

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas bimbingan taufik dan hidayah-Nya, kami Tim Penyusun dapat menyelesaikan makalah suplemen yang berjudul **"Suplemen Sistem Kemudi, Rangka, dan Ban Sepeda Motor"** ini untuk digunakan sebagai pedoman materi pelengkap perkuliahan agar dapat memberikan pemahaman yang lebih terencana, terarah, dan mendalam.

Makalah ini disusun sebagai tambahan materi dan pengembangan wawasan bagi mahasiswa yang mengambil mata kuliah Teknologi Sepeda Motor. Dengan disusunnya makalah ini, diharapkan pemahaman mendalam tentang fungsi, sejarah, dan perkembangan dari sistem kemudi, rangka, dan ban dapat dicapai. Makalah ini berupaya mengupas tuntas interaksi fundamental dari ketiga sistem ini yang menjadi pilar utama penentu stabilitas dan keselamatan berkendara.

Pada kesempatan ini, kami selaku Tim Penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi, khususnya kepada Dosen Pengampu yang telah memberikan bimbingan.

Semoga makalah suplemen ini dapat menjadi pedoman dan referensi bagi semua mahasiswa serta pihak yang membutuhkan informasi di bidang teknologi sepeda motor. Dengan adanya makalah ini, diharapkan dapat meningkatkan kualitas pemahaman dan menjadi upaya untuk ikut mewujudkan pengembangan ilmu pengetahuan yang relevan dengan kebutuhan industri.

Tentunya makalah ini masih belum sempurna seperti yang diharapkan. Secara periodik, materi dalam makalah ini akan dilakukan peninjauan dan penyempurnaan untuk disesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi agar tetap relevan.

Malang, September 2025

Tim Penyusun

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	2
DAFTAR ISI .....	3
DAFTAR ISI GAMBAR.....	9
DAFTAR ISI TABEL.....	11
Profil Mata Kuliah .....	12
Deskripsi singkat .....	12
CPL (Capaian Pembelajaran Lulusan).....	12
CPMK (Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	12
BAB 1    Pendahuluan Sistem Sistem Kemudi, Rangka, dan Ban.....	13
1.1    Definisi dan fungsi.....	13
1.1.1    Secara fundamental, tiga sistem ini membentuk fondasi dari setiap sepeda motor.....	13
1.1.2    Secara teknis, ketiga sistem ini membentuk sebuah trilogi yang esensial untuk dinamika sepeda motor.....	13
1.2    Tujuan pembelajaran .....	14
1.3    Soal Formatif 1 (25 pilihan ganda).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4    Daftar Rujukan.....	15
BAB 2    Sejarah & Perkembangan .....	16
2.1    Evolusi teknologi sistem ini .....	16
2.1.1    Evolusi Rangka.....	16
2.1.2    Evolusi Sistem Kemudi .....	17
2.1.3    Evolusi Ban .....	17
2.1.4    Perbandingan motor lama vs modern .....	18
Motor Lama.....	18
Motor Modern .....	18

2.2	Tren global .....	19
2.2.1	Analisis dan Simulasi Komputer .....	19
2.2.2	Sistem Elektronik Terintegrasi.....	20
2.2.3	Teknologi Ban Masa Depan.....	20
2.3	Soal Formatif 2 (25 pilihan ganda).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4	Daftar Rujukan.....	20
BAB 3	Jenis & Klasifikasi .....	21
3.1	Jenis-jenis sistem (konvensional vs modern) .....	21
3.2	Karakteristik tiap jenis .....	21
3.3	Kelebihan dan kekurangan .....	22
3.4	Soal Formatif 3 (25 pilihan ganda).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5	Daftar Rujukan.....	23
BAB 4	Teori Dasar & Prinsip Kerja .....	24
4.1	Mekanisme kerja umum .....	24
4.2	Alur energi/fluida/kelistrikan dalam sistem.....	24
4.3	Diagram blok .....	24
4.4	Soal Formatif 4 (25 pilihan ganda).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5	Daftar Rujukan.....	25
BAB 5	Komponen Utama .....	26
5.1	Daftar komponen Sistem Kemudi, Rangka, dan Ban .....	26
5.2	Fungsi masing-masing .....	26
5.3	Soal Formatif 5 (25 pilihan ganda).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4	Daftar Rujukan.....	27

BAB 6	Sub-Komponen & Material.....	28
6.1	Bagian kecil yang mendukung kerja.....	28
6.2	Pengaruh kualitas material .....	28
6.3	Soal Formatif 6 (25 pilihan ganda).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.4	Daftar Rujukan.....	29
BAB 7	Analisis Mekanisme Kerja .....	30
7.1	Ilustrasi diagram kerja.....	30
7.2	Soal Formatif 7 (25 pilihan ganda).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.3	Daftar Rujukan.....	31
BAB 8	Standar Pabrikan & Regulasi .....	32
8.1	Spesifikasi standar (misalnya SNI, JIS).....	32
8.2	Regulasi emisi & lingkungan .....	32
8.3	Dampak hukum/aturan industry .....	33
8.4	Soal Formatif 8 (25 pilihan ganda).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB 9	Perawatan Sistem Kemudi, Rangka, dan Ban.....	34
9.1	Perawatan rutin.....	34
9.2	Jadwal servis pabrikan .....	35
9.3	Daftar Rujukan.....	36
BAB 10	Kerusakan & Troubleshooting .....	37
10.1	Gejala umum kerusakan.....	37
10.2	Penyebab.....	37
10.3	Tabel diagnosis masalah.....	38
10.4	Soal Formatif 10 (25 pilihan ganda).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

10.5	Daftar Rujukan.....	39
BAB 11	Studi Kasus Industri .....	39
11.1	Pengalaman bengkel resmi.....	39
11.2	Wawancara mekanik/teknisi .....	41
11.3	Soal Formatif 11 (25 pilihan ganda).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
11.3.1	Daftar Rujukan .....	42
BAB 12	Inovasi & Teknologi Terkini .....	43
12.1	Inovasi pada Sistem Kemudi.....	43
12.1.1	Yamaha .....	43
12.1.2	Honda .....	43
12.1.3	Kawasaki & Suzuki .....	44
12.2	Inovasi pada Rangka (Frame).....	44
12.2.1	Yamaha .....	44
12.2.2	Honda .....	44
12.2.3	Kawasaki .....	44
12.2.4	Suzuki.....	45
12.3	Inovasi pada Ban Sepeda Motor.....	45
12.3.1	Teknologi Ban dari Pabrik .....	45
12.3.2	Yamaha .....	45
12.3.3	Honda .....	45
12.3.4	12.4.4 Kawasaki & Suzuki .....	46
12.4	12.5 Tren Masa Depan .....	46
12.5	Integrasi dengan Sensor dan ECU Modern .....	46
12.5.1	Sistem Kemudi .....	46
12.5.2	Rangka.....	47

12.5.3	Ban .....	47
12.5.4	Peran ECU dalam Integrasi.....	47
12.6	Arah Perkembangan .....	48
12.6.1	Pilihan Ganda (25 Soal) .. <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
12.6.2	Daftar Rujukan .....	48
BAB 13	Analisis Lingkungan & Efisiensi Energi .....	49
13.1	Konsumsi Bahan Bakar pada Sepeda Motor Konvensional .....	49
13.2	Teknologi Efisiensi Bahan Bakar .....	50
13.2.1	Honda .....	50
13.2.2	Yamaha .....	50
13.2.3	Suzuki.....	50
13.2.4	Kawasaki .....	50
13.3	Motor Listrik dan Efisiensi Energi .....	50
13.4	Dampak Lingkungan Konsumsi Energi .....	51
13.5	Strategi Efisiensi Energi & Lingkungan.....	51
13.6	Emisi Gas Buang & Polusi.....	52
13.6.1	Sumber Emisi pada Sepeda Motor Konvensional .....	52
13.6.2	Faktor yang Memengaruhi Tingkat Emisi.....	52
13.6.3	Teknologi Pengendalian Emisi .....	52
13.6.4	Perbandingan Emisi Motor Konvensional & Motor Listrik	53
13.6.5	Dampak Lingkungan & Kesehatan .....	53
13.6.6	Upaya Pengurangan Polusi dari Sepeda Motor.....	53
13.6.7	Kontribusi teknologi ramah lingkungan Teknologi Mesin Hemat Energi.....	54
13.6.8	Teknologi Knalpot & Pengendalian Emisi.....	54
13.6.9	Teknologi Material & Desain Rangka .....	54

13.6.10	Teknologi Tenaga Listrik & Hibrida .....	54
13.6.11	Integrasi dengan Smart System.....	55
13.6.12	Dampak Positif Implementasi Teknologi.....	55
13.6.13	Daftar Rujukan .....	55
BAB 14	Latihan Soal & Diskusi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
14.1	Soal sumatif pilihan ganda .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
14.2	Soal esai analisis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
14.3	Diskusi kelompok (problem solving) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB 15	Rangkuman & Evaluasi Kompetensi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
15.1	Ringkasan poin penting.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
15.2	Evaluasi capaian mahasiswa .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
15.3	Refleksi pembelajaran Bagian Akhir.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
15.4	Glosarium Istilah Teknis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
15.5	Kunci jawaban (mulai soal Formatif 1 sd 13, dan soal Sumatif)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## **DAFTAR ISI GAMBAR**

GAMBAR 2.1 INFOGRAPHIC SEPEDA MOTOR.....	16
--	----



**DAFTAR ISI TABEL**

Tabel 10.1 tabel diagnosis .....38

## **Profil Mata Kuliah**

### **Deskripsi singkat**

Suplemen makalah ini disusun untuk memberikan pemahaman mendalam tentang tiga komponen vital pada sepeda motor: sistem kemudi, rangka, dan ban. Materi disajikan secara komprehensif, mulai dari konsep dasar hingga perkembangan teknologi terkini.

### **CPL (Capaian Pembelajaran Lulusan)**

Memiliki pengetahuan dan ketrampilan terhadap konten otomotif untuk melakukan perawatan dan perbaikan kendaraan bermotor yang kritis, kreatif, dan profesional yang sesuai dengan perkembangan teknologi otomotif.

### **CPMK (Capaian Pembelajaran Mata Kuliah)**

1. Memahami prinsip kerja mesin sepeda motor
2. Memahami Komponen mesin sepeda motor
3. Memahami sistem bahan bakar sepeda motor
4. Memahami sistim pengapian sepeda motor
5. Memahami sistim pengisian sepeda motor
6. Memahami starter sepeda motor
7. Memahami saluran gas buang sepeda motor
8. Memahami katup sepeda motor
9. Memahami kopling sepeda motor
10. Memahami transmisi manual sepeda motor
11. Memahami CVT sepeda motor
12. Memahami suspensi sepeda motor
13. Memahami rem sepeda motor
14. Memahami chasis sepeda motor
15. Memahami kelistrikan sepeda motor.

## **BAB 1 Pendahuluan Sistem Sistem Kemudi, Rangka, dan Ban**

### **1.1 Definisi dan fungsi**

Definisi dan Fungsi Sistem Kemudi adalah mekanisme yang memungkinkan pengendara mengendalikan arah gerak sepeda motor. Fungsinya adalah mengubah input rotasi stang menjadi pergerakan angular roda depan. Rangka (*Chassis/Frame*) adalah struktur fundamental yang menopang semua komponen utama seperti mesin, suspensi, dan pengendara, serta mendistribusikan beban statis dan dinamis. Ban adalah komponen vital yang menyediakan kontak tunggal antara sepeda motor dan permukaan jalan, mentransmisikan gaya traksi, pengereman, dan gaya lateral saat menikung.

#### **1.1.1 Secara fundamental, tiga sistem ini membentuk fondasi dari setiap sepeda motor.**

1. Sistem Kemudi: Ini adalah mekanisme yang memungkinkan pengendara untuk mengendalikan arah motor. Fungsinya adalah mengubah gerakan tangan pengendara pada stang menjadi pergerakan sudut roda depan. Tanpa sistem kemudi, motor tidak bisa berbelok.
2. Rangka (*Chassis*): Rangka adalah struktur utama yang berfungsi sebagai tulang punggung motor. Tugas utamanya adalah menyatukan semua komponen vital—seperti mesin, tangki bahan bakar, suspensi, dan kursi—dalam satu kesatuan yang kuat. Selain itu, rangka juga harus mampu menopang beban statis (berat motor dan pengendara) serta mendistribusikan semua gaya dinamis yang terjadi saat motor bergerak, seperti saat menikung, berakselerasi, dan mengerem.
3. Ban: Ban adalah satu-satunya bagian yang bersentuhan langsung dengan permukaan jalan. Fungsinya sangat krusial karena ban bertanggung jawab penuh atas traksi (daya cengkeram), pengereman, dan kemampuan motor untuk berbelok melalui gaya gesek.

#### **1.1.2 Secara teknis, ketiga sistem ini membentuk sebuah trilogi yang esensial untuk dinamika sepeda motor.**

1. Sistem Kemudi: Secara mekanis, sistem ini adalah rangkaian komponen yang mengubah input torsi dan rotasi dari stang menjadi perubahan sudut (*steer angle*) pada roda depan. Ini dicapai melalui batang kemudi (*steering stem*) yang berputar pada bantalan (*bearings*) yang terpasang di dalam tabung kepala kemudi (*steering head*) di rangka. Kinerja sistem ini sangat dipengaruhi oleh geometri *chassis* seperti sudut *rake* dan *trail*, yang akan kita bahas lebih lanjut.

2. Rangka (*Chassis/Frame*): Rangka adalah struktur statis yang berfungsi sebagai fondasi. Perannya jauh lebih dari sekadar menopang beban. Rangka harus memiliki kekakuan torsional (resistensi terhadap puntiran) dan kekakuan lateral (resistensi terhadap tekukan samping) yang optimal. Kekakuan ini penting untuk memastikan kendali yang presisi dan umpan balik (*feedback*) yang baik dari jalan ke pengendara. Material dan desain rangka, seperti konfigurasi *twin-spar* atau *trellis*, sangat menentukan karakteristik ini.
3. Ban: Ban adalah titik kontak kritis yang mentransmisikan semua gaya antara motor dan jalan. Fungsi utamanya adalah menghasilkan gaya gesek (*friction force*) yang diperlukan untuk:
  - Traksi Longitudinal: Gaya dorong ke depan saat akselerasi dan gaya pengereman ke belakang.
  - Traksi Lateral: Gaya ke samping yang memungkinkan motor berbelok. Gaya ini dihasilkan saat motor miring (*lean angle*), di mana ban bekerja untuk menyeimbangkan gaya gravitasi dan gaya sentrifugal.
  - Kedudukan dalam sistem sepeda motor

Ketiga sistem ini bukan bagian dari sistem penggerak (*powertrain*), yang mencakup mesin dan transmisi. Sebaliknya, mereka adalah bagian dari sistem sasis atau *running gear*. Tanpa sistem sasis yang berfungsi dengan baik, sebuah sepeda motor tidak akan stabil, bahkan jika mesinnya sangat bertenaga. Sinergi antara rangka, sistem kemudi, dan ban adalah kunci untuk mencapai stabilitas dinamis, yaitu kemampuan motor untuk menjaga keseimbangan dan tetap terkendali saat melaju. Rangka menyediakan geometri yang pas, sistem kemudi menginisiasi kemiringan motor saat berbelok, dan ban menyediakan *grip* yang esensial untuk eksekusi manuver tersebut

## 1.2 Tujuan pembelajaran

1. Menjelaskan definisi dan fungsi teknis dari masing-masing sistem (kemudi, rangka, dan ban).
2. Memahami posisi dan peran vital ketiga sistem ini sebagai bagian dari sistem sasis sepeda motor.
3. Mengidentifikasi bahwa interaksi yang tepat antara ketiga sistem inilah yang menentukan stabilitas, pengendalian, dan keselamatan berkendara.

### **1.3    Daftar Rujukan**

Cossalter, V. (2006). *Motorcycle Dynamics*. University of Padova.

Foale, A. (2002). *Motorcycle Handling and Chassis Design*.

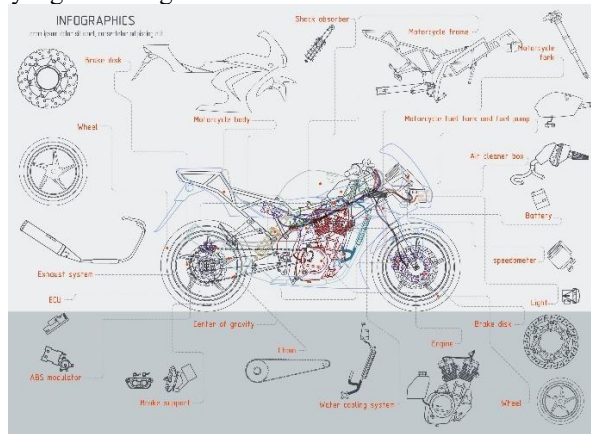
## BAB 2 Sejarah & Perkembangan

### 2.1 Evolusi teknologi sistem ini

Evolusi sistem ini berfokus pada peningkatan performa, kenyamanan, dan keselamatan dengan memanfaatkan material dan desain yang lebih canggih.

#### 2.1.1 Evolusi Rangka

1. Awal: Rangka motor pertama menggunakan material baja *mild steel* yang dilas. Desainnya sederhana, seringkali menyerupai sepeda kayuh. Meskipun kuat, material ini memiliki bobot yang signifikan dan kekakuan yang terbatas.
2. Rangka Pipa Baja: Pada era motor klasik, rangka pipa baja menjadi standar. Desain seperti *double cradle* atau *backbone* meningkatkan kekuatan, tetapi bobot tetap menjadi tantangan. Penggunaan baja *Chromoly* (Chrome-Molybdenum) menandai langkah maju, menawarkan kekuatan tarik (*tensile strength*) yang lebih tinggi dan bobot yang lebih ringan.



GAMBAR 2.1 INFOGRAPHIC SEPEDA MOTOR

3. Rangka Aluminium: Revolusi terjadi pada dunia balap dengan adopsi rangka *twin-spar* atau *Deltabox* yang terbuat dari paduan aluminium. Material ini memiliki rasio kekuatan-terhadap-bobot yang jauh lebih baik daripada baja. Rangka ini memberikan kekakuan torsional yang luar biasa, membuat *handling* motor menjadi sangat presisi dan responsif, terutama saat menikung di kecepatan tinggi.

4. Rangka Komposit: Tren terkini adalah penggunaan material komposit seperti serat karbon pada motor balap dan *hyperbike*. Rangka serat karbon sangat ringan dan memiliki kekakuan ekstrem, menjadikannya pilihan utama untuk performa maksimal.

### 2.1.2 Evolusi Sistem Kemudi

- a. Fork Kaku (Rigid Forks): Motor-motor awal menggunakan fork kaku atau fork gaya *girder* tanpa peredam kejut hidrolik. Ini membuat berkendara sangat tidak nyaman karena semua guncangan langsung diteruskan ke pengendara.
- b. Fork Teleskopik: Penemuan fork teleskopik menjadi terobosan besar. Sistem ini menggunakan pegas untuk menopang beban dan peredam (*damper*) hidrolik untuk mengontrol pergerakan suspensi, menyerap guncangan jalan dan meningkatkan kenyamanan.
- c. Fork *Upside-Down* (USD): Fork USD adalah evolusi dari fork teleskopik. Tabung yang lebih tebal dan kokoh di bagian atas dan terikat pada *triple clamp*. Desain ini secara signifikan mengurangi massa tak bersuspensi (*unsprung mass*) dan meningkatkan kekakuan torsional dari sistem kemudi. Hasilnya adalah *handling* yang lebih tajam dan *feedback* yang lebih baik dari roda depan.

### 2.1.3 Evolusi Ban

1. Ban Pneumatik Karet Alami: Evolusi dimulai dari ban karet padat yang keras menuju ban pneumatik yang berisi udara, pertama kali dibuat dari karet alam.
2. Ban Bias: Standar industri berikutnya adalah ban bias. Ban ini memiliki lapisan benang (*ply*) yang disusun secara diagonal. Meskipun lebih baik dari ban padat, ban bias cenderung menghasilkan panas berlebih pada kecepatan tinggi, yang dapat mengurangi daya cengkeram.
3. Ban Radial: Pada era modern, ban radial menjadi standar untuk performa tinggi. Ban ini memiliki lapisan benang tegak lurus ke arah putaran dan sabuk baja di bawah tapak. Konstruksi ini membuat tapak ban menjadi lebih kaku dan stabil, menghasilkan area kontak (*contact patch*) yang lebih besar dan konsisten saat motor miring. Hasilnya adalah *grip* superior dan stabilitas di kecepatan tinggi.

### 2.1.4 Perbandingan motor lama vs modern

Perbedaan mendasar antara motor lama (vintage atau klasik) dan motor modern terletak pada filosofi desain yang mengutamakan stabilitas garis lurus pada motor lama dan kelincahan serta *handling* presisi pada motor modern. Perbedaan ini merupakan hasil langsung dari evolusi material dan teknologi yang telah dibahas sebelumnya.

#### Motor Lama

- a. Geometri Rangka: Motor-motor lama umumnya memiliki sudut *rake* yang lebih landai (besar) dan jarak *trail* yang lebih panjang. Geometri ini membuat motor terasa sangat stabil saat berjalan lurus, yang merupakan prioritas desain di masa lalu. Namun, konsekuensinya adalah respons kemudi yang lambat dan motor yang terasa kurang lincah saat bermanuver di tikungan atau di kecepatan rendah.
- b. Material Rangka: Sebagian besar rangka motor lama terbuat dari baja *mild steel* yang dilas. Meskipun kuat, material ini memiliki bobot yang signifikan dan kekakuan torsional yang rendah. Ini berarti rangka cenderung sedikit melintir saat menerima gaya ekstrem, seperti saat menikung atau pengereman keras, yang dapat mengurangi *feedback* dan presisi *handling*.
- c. Sistem Kemudi: Umumnya menggunakan fork teleskopik konvensional yang lebih sederhana, dengan tabung yang relatif tipis. Sistem ini tidak seoptimal fork modern dalam hal peredaman dan kekakuan, sehingga *handling* terasa kurang tajam.
- d. Ban: Menggunakan ban bias yang dinding sampingnya lebih fleksibel. Ban ini menghasilkan area kontak (*contact patch*) yang lebih kecil saat motor miring, sehingga *grip* saat menikung tidak seoptimal ban modern. Panas yang dihasilkan pada kecepatan tinggi juga dapat mengurangi daya cengkram.

#### Motor Modern

1. Geometri Rangka: Motor modern dirancang dengan sudut *rake* yang lebih curam (kecil) dan jarak *trail* yang lebih pendek. Geometri ini membuat motor sangat responsif dan gesit saat berbelok, memungkinkan pengendara untuk mengubah arah dengan cepat dan presisi.
2. Material Rangka: Menggunakan material yang ringan dan sangat kaku, seperti paduan aluminium atau bahkan serat karbon. Rangka



ini memiliki kekakuan torsional yang optimal, yang berarti rangka tidak melintir dan meneruskan *feedback* yang akurat dari ban ke pengemudi. Ini adalah kunci untuk *handling* performa tinggi dan kestabilan saat bermanuver ekstrem.

3. Sistem Kemudi: Banyak motor modern, terutama motor sport, menggunakan fork *Upside-Down* (USD). Fork ini memiliki kekakuan torsional yang jauh lebih baik dan mengurangi massa tak bersuspensi, yang secara signifikan meningkatkan *handling* dan *feedback*.
4. Ban: Menggunakan ban radial dengan kompon *multi-compound* dan sabuk baja. Desain ini menghasilkan area kontak yang lebih besar dan stabil saat motor miring, memberikan *grip* yang superior saat menikung dan pengereman.

## 2.2 Tren global

Tren global dalam evolusi sistem kemudi, rangka, dan ban berfokus pada integrasi teknologi cerdas untuk meningkatkan performa, keselamatan, dan efisiensi. Perkembangan ini melampaui perubahan material dan desain mekanis, menuju optimasi berbasis data dan elektronik.

### 2.2.1 Analisis dan Simulasi Komputer

Para insinyur saat ini jarang memulai desain dari nol secara manual. Sebaliknya, mereka menggunakan perangkat lunak simulasi komputer (*Computer-Aided Engineering/CAE*) untuk merancang dan mengoptimalkan komponen sebelum membuatnya secara fisik.

- Optimalisasi Rangka: Dengan CAE, mereka dapat menganalisis distribusi tegangan dan deformasi pada rangka di bawah berbagai skenario beban (misalnya saat menikung ekstrem atau pengereman mendadak). Ini memungkinkan mereka untuk mengidentifikasi area yang terlalu lemah atau terlalu berat, sehingga mereka bisa menciptakan desain yang memiliki kekakuan torsional optimal dengan bobot seringan mungkin.
- Desain Ban: Produsen ban menggunakan Analisis Elemen Hingga (*Finite Element Analysis/FEA*) untuk memodelkan bagaimana ban bereaksi di bawah berbagai kondisi, seperti tekanan, suhu, dan sudut kemiringan. Ini membantu mereka merancang pola tapak dan kompon ban yang memberikan *grip* maksimal dengan daya tahan yang baik.

### 2.2.2 Sistem Elektronik Terintegrasi

Sistem elektronik kini bekerja sama dengan komponen mekanis untuk memberikan kontrol yang lebih baik.

- Peredam Kemudi Elektronik (*Electronic Steering Damper/ESD*): Ini adalah salah satu contoh terbaik dari integrasi ini. Peredam kemudi konvensional memiliki tingkat redaman tetap, sementara ESD menggunakan sensor untuk mendeteksi kecepatan dan *steer angle* motor. Jika sensor mendeteksi goyangan stang yang tidak diinginkan (*wobbling* atau *tankslapper*)—yang sering terjadi saat akselerasi keras atau melintasi permukaan tidak rata—ESD akan secara otomatis meningkatkan redaman untuk menstabilkan kemudi, lalu mengurangnya kembali saat motor stabil.
- TPMS (*Tire Pressure Monitoring System*): Tren pada motor kelas atas adalah menyertakan sensor tekanan ban secara nirkabel. Sistem ini memberikan informasi tekanan ban secara *real-time* kepada pengendara melalui panel instrumen. Tekanan ban yang tepat sangat krusial untuk keamanan dan *handling*, dan TPMS membantu pengendara menjaga kondisi ban optimal.

### 2.2.3 Teknologi Ban Masa Depan

Masa depan ban tidak hanya tentang material baru, tetapi juga tentang adaptasi cerdas.

- Kompon Adaptif: Produsen sedang meneliti kompon ban yang dapat bereaksi terhadap suhu jalan, memberikan *grip* optimal di kondisi dingin maupun panas.
- Ban Tanpa Udara: Konsep ban tanpa udara (*airless tires*) sedang dikembangkan, yang bertujuan untuk menghilangkan risiko ban bocor atau kempes, sekaligus menawarkan daya tahan yang ekstrem. Meskipun masih dalam tahap prototipe untuk sepeda motor, teknologi ini berpotensi merevolusi industri.

## 2.3 Daftar Rujukan

Cossalter, V. (2006). *Motorcycle Dynamics*. University of Padova.

Foale, A. (2002). *Motorcycle Handling and Chassis Design*.

## BAB 3 Jenis & Klasifikasi

### 3.1 Jenis-jenis sistem (konvensional vs modern)

Klasifikasi sistem kemudi, rangka, dan ban didasarkan pada desain, material, dan cara kerjanya. Pemilihan jenis sistem ini sangat memengaruhi performa dan karakteristik berkendara suatu sepeda motor. Berikut adalah klasifikasi utama dan detail teknisnya:

#### 1. Rangka Pipa Baja (*Tubular/Diamond Frame*)

Ini adalah jenis rangka yang paling umum dan klasik, terbuat dari pipa baja yang dilas menjadi satu kesatuan. Desain ini sering ditemukan pada motor harian, motor *naked*, dan motor *off-road* karena keseimbangan antara kekuatan, kemudahan produksi, dan biaya.

#### 2. Rangka *Twin-Spar / Deltabox*

Rangka ini adalah standar emas untuk motor sport dan balap. Terbuat dari dua balok besar (biasanya paduan aluminium) yang membungkus mesin, rangka ini dirancang untuk mencapai kekakuan torsional maksimum.

#### 3. Rangka *Trellis*

Rangka ini terdiri dari banyak tabung baja kecil yang dilas menjadi struktur kisi-kisi atau jaring-jaring segitiga. Desain ini secara efektif mendistribusikan gaya dan tegangan ke seluruh struktur, menjadikannya ringan namun sangat kaku. Sering digunakan pada motor Ducati dan KTM.

#### 4. Rangka *Monocoque*

Rangka ini adalah jenis yang paling radikal, di mana bodi utama motor berfungsi sebagai rangka penopang. Tidak ada tabung atau balok eksternal seperti pada jenis rangka lainnya. Ducati Panigale dan skuter Vespa adalah contoh terkenal yang menggunakan desain ini.

### 3.2 Karakteristik tiap jenis

1. Rangka Pipa Baja (*Tubular/Diamond Frame*): Karakteristik Teknis: Rangka ini memiliki kekakuan yang memadai untuk penggunaan sehari-hari, tetapi cenderung lebih fleksibel dibandingkan rangka modern berbahan aluminium. Bobotnya relatif lebih berat karena kepadatan baja.

2. Rangka *Twin-Spar / Deltabox*: Kekakuan torsional yang sangat tinggi memberikan *feedback* presisi dari roda depan dan kestabilan luar biasa saat menikung. Bobotnya ringan berkat penggunaan material aluminium.
3. Rangka *Trellis*: Rangka ini menawarkan keseimbangan yang unik antara kekakuan dan kelenturan terprogram (*engineered flex*). Tampilannya terbuka dan menjadi elemen estetika motor.
4. Rangka *Monocoque*: Desain ini sangat ringan dan kompak karena mengintegrasikan bodi dengan struktur. Mesin seringkali menjadi bagian struktural yang menopang *swingarm* dan *subfram*.

### 3.3 Kelebihan dan kekurangan

1. Rangka Pipa Baja (*Tubular/Diamond Frame*)
  - a. Keunggulan: Biaya produksi rendah, proses manufaktur sederhana, dan relatif mudah diperbaiki (dilas) jika terjadi kerusakan ringan.
  - b. Kekurangan: Bobot yang berat dan kekakuan torsional yang terbatas, membuatnya kurang ideal untuk motor berkecepatan tinggi yang membutuhkan *handling* presisi.
2. Rangka *Twin-Spar / Deltabox*
  - a. Keunggulan: *Handling* sangat responsif, stabil pada kecepatan tinggi, dan bobot minimal. Ideal untuk performa ekstrem.
  - b. Kekurangan: Biaya produksi sangat mahal dan sulit atau bahkan tidak mungkin diperbaiki jika terjadi keretakan atau kerusakan struktural.
3. Rangka *Trellis*
  - a. Keunggulan: Bobot yang relatif ringan, kekakuan yang dapat disesuaikan pada area tertentu, dan biaya lebih rendah dibandingkan rangka aluminium *twin-spar*.
  - b. Kekurangan: Banyak titik las yang bisa menjadi titik lemah, dan tampilan terbuka dapat membuat mesin lebih terpapar kotoran atau benturan.
4. Rangka *Monocoque*

- a. Keunggulan: Bobot minimal, efisiensi ruang, dan desain yang sangat bersih.
- b. Kekurangan: Biaya produksi sangat tinggi, dan perbaikan hampir tidak mungkin dilakukan jika terjadi kerusakan struktural. Desainnya sangat spesifik dan tidak fleksibel untuk modifikasi.

### 3.4 Daftar Rujukan

Cossalter, V. (2006). *Motorcycle Dynamics*. University of Padova.

Foale, A. (2002). *Motorcycle Handling and Chassis Design*.

Pacejka, H. B. (2012). *Tyre and Vehicle Dynamics*. Butterworth-Heinemann.

## **BAB 4 Teori Dasar & Prinsip Kerja**

### **4.1 Mekanisme kerja umum**

Sistem kemudi, rangka, dan ban bekerja secara sinergis untuk menciptakan stabilitas, pengendalian, serta kenyamanan berkendara pada sepeda motor. Sistem Kemudi berfungsi mengubah input dari pengendara berupa putaran stang menjadi sudut belok roda depan. Prinsip dasarnya adalah konversi gaya tangan (torsi) menjadi pergerakan angular melalui batang kemudi (steering stem) yang berputar pada bantalan di kepala rangka. Rangka (Chassis/Frame) berperan sebagai media penyalur beban dan gaya yang timbul saat motor berakselerasi, mengerem, atau menikung. Prinsip dasarnya adalah distribusi gaya statis (berat motor dan pengendara) dan gaya dinamis (akibat akselerasi, deselerasi, dan gaya sentrifugal). Ban merupakan titik kontak tunggal dengan jalan, sehingga semua gaya (dorong, pengereman, dan gaya lateral) ditransmisikan melalui permukaan ban. Prinsip kerjanya mengandalkan gaya gesek (friction force) antara karet ban dengan permukaan jalan.

### **4.2 Alur energi/fluida/kelistrikan dalam sistem**

Input Pengendara - gaya tangan pada stang menghasilkan torsi.

Transmisi melalui Sistem Kemudi - torsi diteruskan ke batang kemudi, mengubah sudut roda depan.

Rangka Menopang dan Menyalurkan Gaya - saat roda berbelok, rangka menerima distribusi gaya lateral dan torsional, menyalurkannya ke seluruh struktur motor.

Ban Menyalurkan ke Jalan - ban mengubah gaya tersebut menjadi gaya gesek dengan aspal, sehingga motor bisa menikung, berhenti, atau melaju stabil.

Umpan Balik (Feedback) - permukaan jalan mengirimkan respons melalui ban - rangka kemudi pengendara, sehingga pengendara dapat menyesuaikan kendali.

### **4.3 Diagram blok**

(Anda bisa menambahkan ilustrasi dengan skema panah sederhana)

Pengendara - Sistem Kemudi - Rangka - Ban - Jalan - Feedback ke Pengendara

Keterangan:

Input utama berasal dari pengendara.

Rangka dan ban menjadi media penerus gaya.

Jalan memberikan reaksi berupa gaya gesek dan gaya normal.

Feedback inilah yang membuat pengendara bisa menyeimbangkan motor

#### **4.4 Daftar Rujukan**

Cossalter, V. (2006). *Motorcycle Dynamics*. University of Padova.

Foale, T. (2002). *Motorcycle Handling and Chassis Design: The Art and Science*. Tony Foale Designs.

Pacejka, H. B. (2012). *Tyre and Vehicle Dynamics*. Butterworth-Heinemann.

Wong, J. Y. (2008). *Theory of Ground Vehicles*. John Wiley & Sons.

Limpert, R. (2011). *Brake Design and Safety*. SAE International.

## **BAB 5 Komponen Utama**

### **5.1 Daftar komponen Sistem Kemudi, Rangka, dan Ban**

- a. Stang kemudi (Handlebar)
- b. Batang kemudi (Steering Stem)
- c. Triple Clamp (Upper & Lower Yoke)
- d. Fork Depan (Teleskopik/ USD Fork)
- e. Swing Arm (Lengan Ayun)
- f. Rangka Utama (Main Frame/Chassis)
- g. Subframe (Rangka Belakang)
- h. Headstock / Steering Head
- i. Ban Depan
- j. Ban Belakang
- k. Velg (Rim)
- l. Bantalan Kemudi (Steering Bearings)

### **5.2 Fungsi masing-masing**

- a. Stang Kemudi (Handlebar): Media utama pengendara untuk mengarahkan sepeda motor dengan input berupa putaran atau gaya dorong.
- b. Batang Kemudi (Steering Stem): Poros yang menghubungkan stang dengan roda depan, mentransmisikan putaran menjadi sudut belok.
- c. Triple Clamp: Dudukan yang menjepit fork depan ke batang kemudi. Berfungsi menjaga kekakuan dan kestabilan kemudi.
- d. Fork Depan (Suspensi Depan): Menghubungkan roda depan dengan rangka, meredam getaran, serta memengaruhi stabilitas kemudi.
- e. Swing Arm: Lengan ayun yang menopang roda belakang, berperan penting dalam kestabilan dan traksi motor.
- f. Rangka Utama (Main Frame/Chassis): Struktur utama yang menyatukan seluruh komponen (mesin, suspensi, tangki, tempat duduk).
- g. Subframe (Rangka Belakang): Bagian tambahan rangka untuk menopang beban pengendara dan penumpang.
- h. Headstock / Steering Head: Bagian rangka tempat dudukan batang kemudi dan bantalan, pusat putar sistem kemudi.
- i. Ban Depan & Belakang: Titik kontak utama dengan jalan, menyalurkan gaya dorong, pengereman, dan lateral saat menikung.



- j. Velg: Struktur yang menahan ban dan meneruskan gaya putar dari mesin (roda belakang) atau sistem kemudi (roda depan).
- k. Bantalan Kemudi (Steering Bearings): Mengurangi gesekan pada batang kemudi, memastikan pergerakan stang halus dan presisi.

### 5.3 Daftar Rujukan

Cossalter, V. (2006). *Motorcycle Dynamics*. University of Padova.

Foale, T. (2002). *Motorcycle Handling and Chassis Design: The Art and Science*. Tony Foale Designs.

Pacejka, H. B. (2012). *Tyre and Vehicle Dynamics*. Butterworth-Heinemann.

Wong, J. Y. (2008). *Theory of Ground Vehicles*. John Wiley & Sons.

Limpert, R. (2011). *Brake Design and Safety*. SAE International.

Garrett, T. K., Newton, K., & Steeds, W. (2001). *The Motor Vehicle* (13th ed.). Butterworth-Heinemann.

Heisler, H. (2002). *Advanced Vehicle Technology*. Butterworth-Heinemann.

## **BAB 6 Sub-Komponen & Material**

### **6.1 Bagian kecil yang mendukung kerja**

Selain komponen utama, terdapat berbagai sub-komponen yang berfungsi menunjang performa sistem kemudi, rangka, dan ban:

- a. Bearing Kemudi (Steering Bearings): Menjamin perputaran stang kemudi halus dan presisi.
- b. Bushing dan Spacer: Menyerap getaran dan menjaga posisi poros roda atau swing arm tetap stabil.
- c. Seal Oli Fork (Fork Oil Seal): Menahan kebocoran oli pada suspensi depan agar peredaman tetap optimal.
- d. Nipple Spoke (jari-jari roda): Menghubungkan velg dengan hub roda pada roda jari-jari.
- e. Valve Ban (Pentil): Mengatur masuk dan keluarnya udara pada ban.
- f. Disc Ban (Bead): Bagian ban yang menempel pada velg untuk menjaga kestabilan ban.
- g. Cush Drive (Karet Dudukan Roda Belakang): Meredam hentakan torsi mesin yang diteruskan ke roda belakang,
- h. Bahan material (logam, karet, elektronik)

### **6.2 Pengaruh kualitas material**

- a. Rangka: Jika material kurang kuat (misalnya baja biasa), akan mudah melintir dan mengurangi stabilitas. Aluminium atau serat karbon memberikan handling yang lebih presisi.
- b. Ban: Ban dengan kompon berkualitas rendah mudah panas → grip menurun → rawan selip. Ban radial dengan multi-compound lebih stabil dan awet.
- c. Bearing & Bushing: Material murah aus lebih cepat, menyebabkan kemudi tidak presisi.
- d. Seal Oli: Jika material karet kurang tahan panas, fork akan bocor → suspensi tidak berfungsi optimal.
- e. Velg: Material velg yang lemah bisa retak saat benturan, membahayakan pengendara.

D. Membuat motor lebih ringan

### 6.3 Daftar Rujukan

Cossalter, V. (2006). *Motorcycle Dynamics*. University of Padova.

Foale, T. (2002). *Motorcycle Handling and Chassis Design: The Art and Science*. Tony Foale Designs.

Pacejka, H. B. (2012). *Tyre and Vehicle Dynamics*. Butterworth-Heinemann.

Heisler, H. (2002). *Advanced Vehicle Technology*. Butterworth-Heinemann.

Wong, J. Y. (2008). *Theory of Ground Vehicles*. John Wiley & Sons.

Limpert, R. (2011). *Brake Design and Safety*. SAE International.

Garrett, T. K., Newton, K., & Steeds, W. (2001). *The Motor Vehicle* (13th ed.). Butterworth-Heinemann.

## **BAB 7 Analisis Mekanisme Kerja**

Proses detail langkah demi langkah

Sistem kemudi, rangka, dan ban bekerja sebagai satu kesatuan yang saling terkait. Mekanismenya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Input dari Pengendara
  - Pengendara memberikan gaya/torsi pada stang kemudi.
  - Gaya ini diteruskan ke batang kemudi (steering stem).
- b. Transmisi Melalui Sistem Kemudi
  - Steering stem memutar roda depan melalui triple clamp dan fork.
  - Sudut belok (steering angle) terbentuk.
- c. Respon Rangka
  - Rangka menerima distribusi beban statis (berat motor & pengendara) dan beban dinamis (akselerasi, deselerasi, gaya sentrifugal).
  - Kekakuan rangka menentukan presisi handling.
- d. Ban Menyalurkan Gaya ke Jalan
  - Ban menghasilkan gaya gesek longitudinal (dorong/pengereman) dan lateral (saat menikung).
  - Contact patch (luas permukaan ban yang bersentuhan dengan jalan) menjadi penentu stabilitas.
- e. Feedback ke Pengendara
  - Permukaan jalan memberikan gaya balik → diteruskan melalui ban → rangka → kemudi → tangan pengendara.
  - Feedback ini membantu pengendara menyesuaikan kendali motor.

### **7.1 Ilustrasi diagram kerja**

Pengendara → Kemudi → Rangka → Ban → Jalan → Feedback → Pengendara

Tambahkan visual berupa diagram lingkaran gaya (free body diagram) saat motor menikung, memperlihatkan gaya sentrifugal vs gaya gesek ban.

## 7.2 Daftar Rujukan

*Cossalter, V. (2006). Motorcycle Dynamics. University of Padova.*

*Foale, T. (2002). Motorcycle Handling and Chassis Design: The Art and Science. Tony Foale Designs.*

*Pacejka, H. B. (2012). Tyre and Vehicle Dynamics. Butterworth-Heinemann.*

*Wong, J. Y. (2008). Theory of Ground Vehicles. John Wiley & Sons.*

*Heisler, H. (2002). Advanced Vehicle Technology. Butterworth-Heinemann.*

*Limpert, R. (2011). Brake Design and Safety. SAE International.*

## BAB 8 Standar Pabrikan & Regulasi

### 8.1 Spesifikasi standar (misalnya SNI, JIS)

Komponen sistem kemudi, rangka, dan ban pada sepeda motor harus mengikuti standar teknis internasional maupun nasional agar aman digunakan di jalan. Beberapa standar yang berlaku:

SNI (Standar Nasional Indonesia):

- SNI 0098:2012 → Standar ban luar sepeda motor.
- SNI 4658:2008 → Standar pelek (velg) untuk sepeda motor.
- SNI untuk rangka dan material logam menekankan pada kekuatan tarik serta uji ketahanan fatik.

JIS (Japanese Industrial Standards):

- Banyak digunakan oleh produsen Jepang (Honda, Yamaha, Suzuki, Kawasaki).
- Standar JIS untuk rangka, suspensi, dan ban menekankan konsistensi kualitas material dan dimensi presisi.

ISO (International Organization for Standardization):

- ISO 5775 → Standar dimensi ban dan pelek.
- ISO 9001 → Sistem manajemen mutu yang wajib dipatuhi pabrikan global.
- ISO 4100 → Uji beban dinamis rangka kendaraan.

### 8.2 Regulasi emisi & lingkungan

Euro Emission Standards (Euro 3 – Euro 6): Batasan emisi gas buang kendaraan.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Indonesia: Batas emisi CO, HC, dan NOx pada sepeda motor.

Regulasi Ban Ramah Lingkungan: Pabrikan ban dituntut mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan meningkatkan efisiensi rolling resistance.

### 8.3 Dampak hukum/aturan industry

**Keamanan Produk:** Jika pabrikan tidak memenuhi standar (misalnya ban di bawah SNI), produk bisa ditarik dari pasar (*recall*).

**Keselamatan Pengguna:** Kegagalan rangka/ban akibat kualitas buruk dapat menimbulkan kecelakaan serius, yang bisa berimplikasi hukum.

**Standarisasi Global:** Pabrikan besar harus menyesuaikan produk dengan regulasi negara tujuan ekspor, misalnya standar DOT (Department of Transportation) di AS atau ECE di Eropa.

- **Daftar Rujukan**

*Cossalter, V. (2006). Motorcycle Dynamics. University of Padova.*

*Foale, T. (2002). Motorcycle Handling and Chassis Design: The Art and Science. Tony Foale Designs.*

*Pacejka, H. B. (2012). Tyre and Vehicle Dynamics. Butterworth-Heinemann.*

*ISO (2010). ISO 5775: Tyre and Rim Dimensions. International Organization for Standardization.*

*Badan Standardisasi Nasional (2012). SNI 0098:2012 – Ban Luar Sepeda Motor. BSN Indonesia.*

*European Union (2018). Regulation (EU) 2018/858 on Motor Vehicle Emissions. Official Journal of the EU.*

*Ministry of Environment and Forestry Indonesia (2020). Peraturan Emisi Sepeda Motor.*

## **BAB 9 Perawatan Sistem Kemudi, Rangka, dan Ban**

### **9.1 Perawatan rutin**

#### **1. Perawatan sistem kemudi**

- **Pemeriksaan Komponen:** Lakukan pemeriksaan rutin pada semua komponen kemudi untuk mendeteksi retakan, aus, atau kelonggaran sejak dini, baik secara mandiri maupun saat servis di bengkel.
- **Mengecek Batang Kemudi:** Periksa kekencangan baut pada batang kemudi dan pastikan arahnya lurus serta pergerakannya lancar tanpa ada hambatan.
- **Memeriksa dan Menyetel Poros Kemudi:** Pastikan pergerakan kemudi halus dan tidak longgar; jika tidak, periksa bantalan, kelurusan poros, dan pastikan pelumasnya cukup.
- **Memilih Suku Cadang yang Tepat:** Selalu gunakan suku cadang yang sesuai dengan spesifikasi motor dan konsultasikan dengan mekanik terpercaya untuk penggantian komponen.
- **Periksa Tekanan Ban:** Pastikan tekanan angin ban selalu sesuai dengan standar yang direkomendasikan karena hal ini sangat memengaruhi stabilitas kemudi.

#### **2. Rangka**

- **Cuci dan Keringkan Secara Rutin:** Selalu bersihkan motor dari kotoran dan lumpur, terutama setelah hujan. Pastikan rangka benar-benar kering untuk mencegah karat.
- **Hindari Beban Berlebihan:** Jangan melebihi kapasitas beban maksimal motor karena bisa menyebabkan rangka melengkung atau retak.
- **Lakukan Pemeriksaan Berkala:** Periksa rangka secara rutin untuk mendeteksi retakan atau karat. Segera bersihkan karat ringan dengan sikat dan cat ulang area tersebut.

#### **3. Ban**

- **Periksa Tampilan Fisik Ban:** Cek ban secara visual untuk mencari retakan, benjolan, atau benda asing yang menempel. Masalah kecil pada permukaan ban bisa berkembang menjadi bahaya besar saat berkendara.



- Perhatikan Usia Ban: Setiap ban punya umur pakai yang disarankan, biasanya sekitar 3-5 tahun, terlepas dari ketebalan alurnya. Penggunaan ban yang sudah kadaluarsa bisa sangat membahayakan.
- Cek Ketebalan Alur Ban: Alur ban penting untuk cengkraman dan pembuangan air. Pastikan kedalamannya memadai; jika sudah terlalu tipis, ganti ban untuk menghindari kecelakaan, terutama di jalan basah.
- Periksa Tekanan Angin: Tekanan angin yang tepat menjaga kinerja ban, efisiensi bahan bakar, dan mencegah keausan tidak merata. Cek tekanan secara rutin sesuai anjuran pabrikan.
- Gunakan Ban Sesuai Standar: Gunakan ban dengan ukuran dan tipe yang direkomendasikan pabrikan untuk menjamin kinerja dan kenyamanan optimal.
- Sesuaikan Beban dengan Kapasitas Ban: Jangan melebihi kapasitas beban maksimum ban. Beban berlebih bisa mempercepat keausan dan meningkatkan risiko kecelakaan.

## 9.2 Jadwal servis pabrikan

### 1. Sistem kemudi

Pabrikan biasanya menyarankan pemeriksaan sistem kemudi pada setiap servis berkala, mulai dari 4.000 km atau 6.000 km pertama. Pemeriksaan ini mencakup pengecekan kelonggaran komstir, kelancaran stang, dan kondisi bearing. Servis atau penyetelan lebih lanjut dilakukan jika ditemukan masalah, bukan berdasarkan jarak tempuh.

### 2. Ban

Pemeriksaan ban juga merupakan bagian dari **servis rutin**. Bengkel akan mengecek tekanan angin dan keausan ban. Ban tidak memiliki jadwal penggantian berdasarkan jarak, melainkan **berdasarkan kondisi fisik** seperti kedalaman alur, retakan, atau usia pakai (biasanya 3-5 tahun). Penggantian ban dilakukan saat kondisinya sudah tidak layak pakai.

### 3. Rangka

Perawatannya tidak memiliki jadwal servis khusus, melainkan hanya pemeriksaan visual pada setiap servis berkala. Mekanik akan memeriksa adanya karat, retakan, atau bengkok pada rangka.

Perbaikan atau penggantian baru dilakukan jika ditemukan kerusakan serius.

- Dampak jika diabaikan  
Pada sistem kemudi biasanya akan menyebabkan setir oleng, kemudian ban bisa menyebabkan slip, dan untuk rangka sendiri akan terjadi karat dan keropos.

### 9.3 Daftar Rujukan

*Suzuki Indonesia. (2023). Tips Membersihkan Rangka Bawah Motor agar Tidak Berkarat.*

*CNN Indonesia. (2022, Oktober 26). Cara Menjaga Rangka Sepeda Motor Tak Korosi dan Patah. CNN Indonesia.*

*Fajar, R. (2023). Cara Merawat Sistem Kemudi Motor agar Tetap Stabil. GridOto.*

## **BAB 10 Kerusakan & Troubleshooting**

### **10.1 Gejala umum kerusakan**

- Sistem Kemudi: Setang terasa berat atau oleng, serta muncul bunyi "klek" saat mengerem, menandakan masalah pada komstir.
- Ban: Benjolan, retakan, atau keausan yang tidak merata pada ban menunjukkan kerusakan fatal yang butuh penggantian segera.
- Rangka: Jika motor terasa tidak stabil atau Anda menemukan karat yang parah, bisa jadi rangka sudah bengkok atau mulai keropos.

### **10.2 Penyebab**

- Sistem Kemudi: Penyebab utama gejala ini adalah bantalan komstir yang aus, kering, atau tidak disetel dengan benar. Hal ini bisa terjadi akibat penggunaan jangka panjang, motor sering melewati jalan berlubang, atau kurangnya pelumasan.
- Ban: Benjolan sering kali disebabkan oleh benturan keras (misalnya saat menghantam lubang) yang merusak struktur internal ban. Sementara itu, keausan tidak merata umumnya disebabkan oleh tekanan angin yang tidak sesuai atau kerusakan pada suspensi.
- Rangka: Penyebab utamanya adalah korosi (karat) akibat paparan air dan kotoran yang tidak dibersihkan, serta benturan atau beban berlebih yang membuat rangka bengkok.

### 10.3 Tabel diagnosis masalah

*Tabel 10.1 tabel diagnosis*

<b>Gejala Masalah</b>	<b>Kemungkinan Penyebab</b>	<b>Solusi</b>
Setang terasa berat, kaku, atau seret saat dibelokkan.	1. Komstir terlalu kencang atau kering. 2. Bantalan komstir (bearing) sudah aus atau pecah. 3. Kurangnya gemuk pelumas pada komstir.	1. Longgarkan mur komstir. 2. Bongkar dan ganti bantalan komstir yang rusak. 3. Tambahkan gemuk khusus bearing.
Munculnya karat pada rangka, terutama di sambungan las atau bagian bawah.	1. Paparan air hujan dan lumpur yang tidak dibersihkan dengan benar. 2. Motor sering disimpan di tempat yang lembab.	1. Cuci motor secara rutin dan keringkan. 2. Aplikasikan cat anti karat. 3. Simpan motor di tempat kering dan tertutup.
Ban depan terasa bergetar hebat pada kecepatan tertentu.	1. Tekanan angin ban tidak sesuai. 2. Ban atau pelek tidak seimbang. 3. Bantalan roda depan aus.	1. Sesuaikan tekanan angin ban. 2. Lakukan balancing roda di bengkel. 3. Ganti bantalan roda.

## **10.4 Daftar Rujukan**

*CNN Indonesia. (2024, Juni 24). Penyebab Ban Motor Benjol.*

*Suzuki Indonesia. (2025, Februari 28). Segitiga Motor Bengkok: Penyebab dan Cara Mengatasinya.*

*Honda. (2020). Panduan Perawatan Sepeda Motor. Jakarta: PT Astra Honda Motor.*

## **BAB 11 Studi Kasus Industri**

### **11.1 Pengalaman bengkel resmi**

#### **1. Sistem Kemudi**

Kasus yang sering terjadi adalah keluhan pelanggan tentang setang yang terasa berat, seret, atau "ndut-ndutan" saat dibelokkan, terutama pada kecepatan rendah. Setelah didiagnosis, masalah utamanya adalah komstir yang kering dan aus.

Penyebab: Pengendara sering melewati jalan rusak dan tidak pernah melakukan pelumasan ulang pada komstir. Debu dan kotoran masuk ke bantalan, membuat gemuk (*grease*) mengering dan bantalan menjadi rusak.

Solusi: Teknisi akan membongkar komstir, membersihkan bantalan, dan mengganti gemuk lama dengan yang baru. Jika bantalan sudah aus, teknisi akan menggantinya dengan bantalan baru. Tindakan ini membuat kemudi kembali ringan dan lancar.

## 2. Ban

Seorang pelanggan datang dengan keluhan motornya bergetar hebat pada kecepatan 60-80 km/jam. Getaran ini tidak terasa pada kecepatan rendah. Setelah diperiksa, ditemukan bahwa ban depan mengalami keausan tidak merata dan memiliki benjolan kecil di beberapa sisi.

Penyebab: Masalah ini disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, tekanan angin ban yang tidak ideal selama pemakaian. Kedua, motor sering menghantam lubang atau polisi tidur dengan kecepatan tinggi, yang menyebabkan kerusakan pada struktur internal ban dan membuat benjolan. Ketidakseimbangan roda (*balancing*) juga memperburuk getaran.

Solusi: Teknisi menyarankan penggantian ban baru karena kerusakan struktural pada ban (benjolan) tidak bisa diperbaiki. Setelah ban diganti, teknisi juga melakukan *balancing* roda dan memastikan tekanan angin sudah sesuai standar.

## 3. Rangka

Seorang pelanggan datang dengan motor yang terasa oleng dan tidak stabil meski setang dan ban sudah dicek. Motor tersebut pernah mengalami kecelakaan ringan. Saat diperiksa, teknisi menemukan bahwa rangka utama sedikit melintir (*bengkok*), meskipun tidak terlihat jelas dari luar.

Penyebab: Rangka melintir akibat benturan keras saat kecelakaan. Bahkan kecelakaan kecil pun dapat merusak struktur rangka jika benturan terjadi pada sudut yang tepat. Rangka yang bengkok juga bisa disebabkan oleh beban berlebih yang sering dibawa.

Solusi: Teknisi menyarankan untuk membawa motor ke bengkel spesialis rangka. Di sana, rangka akan diukur dan diluruskan kembali menggunakan alat khusus. Jika kerusakannya parah, penggantian rangka akan menjadi satu-satunya solusi.

## 11.2 Wawancara mekanik/teknisi

### -Sistem Kemudi

Menurut teknisi, masalah komstir kering dan aus adalah kasus yang paling sering mereka temui.

Pernyataan Teknisi: "Motor keluaran baru sering kali minim gemuk (grease) pada komstir dari pabrik. Jadi, kalau motor sering dipakai harian, apalagi di jalanan berlubang, gemuknya cepat habis. Lama-lama, komstir bisa rusak dan setang jadi kaku. Kami selalu sarankan untuk servis komstir setiap 1-2 tahun sekali atau saat motor terasa tidak nyaman."

### -Ban

Teknisi menjelaskan bahwa keluhan ban bergetar hebat pada kecepatan tinggi bukan hanya soal ban itu sendiri, tetapi sering kali masalahnya ada di pelek atau *balancing*. Pernyataan Teknisi: "Banyak yang berpikir getaran itu cuma karena ban botak. Padahal, sering kali itu karena pelek yang sudah tidak lurus, apalagi yang sering kena lubang. Kalau ban sudah ada benjolan, itu sudah tidak bisa ditambal, wajib ganti. Karena benjolan itu tanda benang di dalam ban sudah putus, sangat berbahaya."

### -Rangka

Teknisi membenarkan bahwa rangka melintir akibat kecelakaan, bahkan yang kecil, adalah hal umum. Selain itu, mereka juga menyoroti masalah karat pada rangka motor matic, khususnya motor matic yang populer. Pernyataan Teknisi: "Motor matic

dengan rangka jenis eSAF sangat rentan karat. Kami sering menemukan karat di sambungan rangka, terutama di area yang tertutup bodi. Biasanya, pemilik motor tidak sadar karena tidak terlihat. Kami sarankan pemilik motor rutin membersihkan bagian bawah dan sela-sela rangka, apalagi setelah kehujanan."

- Analisis kerusakan nyata

-Sisem kemudi; Sistem Kemudi: Kerusakan pada komstir (bearing kemudi) sering terjadi karena kurangnya pelumasan. Kotoran yang masuk membuat bantalan aus, menyebabkan setang terasa berat dan oleng. Ini adalah masalah yang seharusnya bisa dicegah dengan servis rutin.

-Ban; Masalah ban seperti benjolan atau keausan tidak merata adalah dampak langsung dari benturan keras dan tekanan angin yang salah. Pengendara sering abai mengecek tekanan angin dan mengabaikan bahaya dari benjolan yang bisa menyebabkan ban pecah.

-Rangka; Kerusakan rangka adalah masalah tersembunyi. Karat yang dibiarkan pada rangka, terutama di area yang sulit terlihat, akan membuat rangka keropos. Sementara itu, benturan atau beban berlebih dapat membuat rangka bengkok. Kedua masalah ini mengancam keselamatan pengendara dan memerlukan biaya perbaikan yang mahal.

### 11.2.1 Daftar Rujukan

**Deltalube.** (2024, November 11). *Penyebab Setang Motor Berat & Solusinya.*

**Otomotifnet.** (2023, April 20). *Ban Benjol Kena Jalan Rusak Jangan Dipakai, Bahaya!.*



**Kanal YouTube Otomotif.** (2022). *Cara Cek Rangka Motor Setelah Kecelakaan.*

## **BAB 12 Inovasi & Teknologi Terkini**

### **12.1 Inovasi pada Sistem Kemudi**

Sistem kemudi merupakan salah satu bagian vital yang menentukan stabilitas, kenyamanan, dan keamanan pengendara. Inovasi terkini meliputi peningkatan presisi, peredaman getaran, serta integrasi teknologi elektronik.

#### **12.1.1 Yamaha**

- Electronic Power Steering (EPS) pada Yamaha Tenere 700: sistem ini menggunakan sensor torsi dan kecepatan untuk memberikan bantuan kemudi secara elektronik, mengurangi kelelahan pengendara terutama di jalur off-road.
- Steering Damper Elektronik: membantu menjaga kestabilan sepeda motor pada kecepatan tinggi dengan menyesuaikan kekakuan damper secara otomatis.

#### **12.1.2 Honda**

- Honda Selectable Torque Control (HSTC): meskipun lebih dikenal sebagai kontrol traksi, teknologi ini terintegrasi dengan sistem kemudi untuk menjaga traksi roda depan dan belakang agar tidak kehilangan stabilitas saat menikung.
- Dual-Axis Steering System (prototipe MotoGP): mengurangi fenomena “chattering” dan meningkatkan handling saat motor memasuki tikungan berkecepatan tinggi.

### 12.1.3 Kawasaki & Suzuki

- Kawasaki mulai mengembangkan electronic steering stabilizer yang bekerja adaptif sesuai kecepatan motor.
- Suzuki GSX-R series sudah menggunakan steering damper elektronik sejak lama, meningkatkan kontrol saat akselerasi keras.

## 12.2 Inovasi pada Rangka (Frame)

Rangka merupakan tulang punggung sepeda motor yang menentukan kekuatan, kelincahan, serta kenyamanan. Inovasi modern lebih menekankan pada bobot ringan, material canggih, dan desain aerodinamis.

### 12.2.1 Yamaha

- Deltabox Frame (digunakan pada R-Series): rangka berbentuk kotak besar yang meningkatkan kekakuan lateral, memberikan kestabilan saat menikung di kecepatan tinggi.
- Hybrid Frame pada motor listrik Yamaha: kombinasi aluminium ringan dan baja untuk menyeimbangkan kekuatan serta bobot.

### 12.2.2 Honda

- Diamond Frame & Twin-Spar Frame: dipakai pada sport bike seperti CBR series, memberikan keseimbangan antara kelenturan (flexibility) dan rigiditas.
- Rangka eSAF (enhanced Smart Architecture Frame): diaplikasikan pada Honda BeAT dan Genio. Teknologi pressing dan laser welding menjadikan rangka lebih ringan 8%, lebih kuat, dan lebih fleksibel dalam desain.

### 12.2.3 Kawasaki

- Trellis Frame: rangka tubular yang dipakai pada Ninja 250, Ninja ZX-10R, dan Z-series. Desain ini mengoptimalkan distribusi beban, ringan, serta lebih murah diproduksi dibanding aluminium frame.

#### 12.2.4 Suzuki

- Aluminium Twin-Spar Frame pada GSX-R series: memberikan bobot ringan serta distribusi massa yang seimbang.
- Modular Frame pada motor adventure: memungkinkan pemasangan aksesoris tambahan seperti box dan crash bar tanpa mengorbankan rigiditas.

### 12.3 Inovasi pada Ban Sepeda Motor

Ban merupakan komponen yang langsung bersentuhan dengan jalan, sehingga perannya sangat krusial terhadap traksi, kenyamanan, serta keselamatan.

#### 12.3.1 Teknologi Ban dari Pabrik

- Michelin & Bridgestone (dipakai oleh Yamaha, Honda, dll.): pengembangan ban radial dengan senyawa multi-komponen (multi-compound) yang membuat grip maksimal saat menikung namun tetap awet di jalur lurus.
- Ban Tubeless dengan Lapisan Self-Sealing: mampu menutup kebocoran kecil secara otomatis, meningkatkan keamanan di jalan.
- Ban dengan Sensor Tekanan (TPMS – Tire Pressure Monitoring System): sudah mulai diadopsi pada motor touring premium untuk memantau tekanan ban secara real-time.

#### 12.3.2 Yamaha

- Menggunakan ban radial ringan pada seri R untuk performa track.
- Seri NMAX dan XMAX sudah mendukung ban tubeless besar yang meningkatkan stabilitas di jalan raya.

#### 12.3.3 Honda

- Menggunakan ban Eco-friendly dengan rolling resistance rendah pada motor skutik (Beat, Vario, PCX), meningkatkan efisiensi bahan bakar.
- Motor premium seperti CBR1000RR-R menggunakan ban Michelin Power dengan teknologi multi-compound.

#### 12.3.4 12.4.4 Kawasaki & Suzuki

- Kawasaki Ninja H2 menggunakan ban berteknologi silica compound untuk performa tinggi.
- Suzuki Hayabusa dipasang ban Bridgestone Hypersport yang dirancang khusus agar stabil pada kecepatan sangat tinggi.

#### 12.4 12.5 Tren Masa Depan

1. Sistem kemudi pintar berbasis AI: analisis gaya berkendara dan memberikan assistive steering.
2. Rangka berbahan komposit (carbon fiber reinforced polymer): lebih ringan dibanding aluminium, mulai diuji pada prototipe balap.
3. Ban ramah lingkungan: penggunaan bahan daur ulang serta ban tanpa udara (airless tire) yang lebih tahan lama.
4. Integrasi IoT: rangka dan ban dilengkapi sensor yang terhubung ke smartphone untuk memantau kondisi motor secara real time.

#### 12.5 Integrasi dengan Sensor dan ECU Modern

Perkembangan teknologi sepeda motor modern tidak hanya berfokus pada komponen mekanis seperti kemudi, rangka, dan ban, tetapi juga pada integrasi elektronik melalui sensor dan ECU (Electronic Control Unit). Sistem ini memungkinkan pengendalian lebih presisi, adaptif, dan aman.

##### 12.5.1 Sistem Kemudi

- Steering Damper Elektronik (Yamaha, Honda, Suzuki) terhubung ke ECU. Sensor kecepatan roda, sensor sudut kemudi, dan sensor akselerasi digunakan untuk menentukan seberapa besar peredaman yang dibutuhkan.
- Electronic Power Steering (EPS) Yamaha menggunakan sensor torsi pada setang, sensor kecepatan, dan data dari IMU (Inertial Measurement Unit). ECU kemudian menyesuaikan bantuan tenaga kemudi agar pengendara lebih mudah mengendalikan motor.

### 12.5.2 Rangka

- Pada rangka modern, khususnya sport bike, dipasang IMU (Inertial Measurement Unit) yang mampu mendeteksi gaya lateral, yaw, pitch, dan roll. Data ini dikirim ke ECU untuk menyesuaikan kontrol traksi, wheelie control, hingga cornering ABS.
- Beberapa motor Honda (CBR1000RR-R), Yamaha (R1M), dan Kawasaki (Ninja ZX-10R) sudah menggunakan ECU dengan algoritma khusus yang membaca fleksibilitas rangka dan gaya saat menikung, lalu menyesuaikan setting suspensi elektronik.

### 12.5.3 Ban

- TPMS (Tire Pressure Monitoring System): sensor tekanan ban mengirimkan data ke ECU atau dashboard digital. Jika tekanan turun, pengendara langsung mendapat peringatan.
- Sensor suhu ban digunakan pada motor balap untuk memastikan grip optimal dan mencegah overheating.
- Pada beberapa motor touring premium, data sensor ban bisa dihubungkan dengan aplikasi smartphone melalui ECU/IoT untuk monitoring jarak jauh.

### 12.5.4 Peran ECU dalam Integrasi

- ECU modern bersifat multi-channel, tidak hanya mengatur injeksi bahan bakar, tetapi juga menerima input dari sensor kemudi, suspensi, dan ban.
- Data real-time dari sensor dikombinasikan untuk mengaktifkan fitur-fitur keselamatan, seperti:
  - Cornering ABS (ABS yang menyesuaikan saat motor miring)
  - Traction Control System (TCS)
  - Launch Control
  - Suspensi Semi-aktif yang otomatis menyesuaikan kekakuan berdasarkan kondisi jalan.

## 12.6 Arah Perkembangan

- Integrasi penuh dengan AI dan IoT: motor bisa mempelajari gaya berkendara pemilik, lalu mengatur setting kemudi, suspensi, dan ban secara otomatis.
- Over-the-Air (OTA) Update ECU: pabrikan dapat memperbarui software ECU dari jarak jauh, meningkatkan performa dan keamanan tanpa harus ke bengkel.
- Sistem prediktif: sensor dan ECU bekerja sama untuk memprediksi potensi slip atau kehilangan traksi sebelum terjadi, lalu melakukan koreksi otomatis.
- Tren global (EV, hybrid)

- c. Sistem mekanis tanpa sensor
- d. Suspensi konvensional tetap dipertahankan
- e. Ban dengan paku permanen untuk traksi

### 12.6.1 Daftar Rujukan

1. Bosch Mobility Solutions. (2022). *Motorcycle safety systems: ABS, MSC, and sensor integration*. Bosch. <https://www.bosch-mobility.com>
2. Bridgestone Corporation. (2023). *Motorcycle tire technologies: Hypersport, adventure, touring*. Bridgestone. <https://www.bridgestone.com>
3. Crouse, W., & Anglin, D. (2012). *Automotive mechanics*. McGraw-Hill Education.
4. Dorna Sports. (2023). *MotoGP technical regulations and innovations*. MotoGP. <https://www.motogp.com>
5. Heisler, H. (2002). *Advanced motorcycle engineering*. SAE International.
6. Honda Motor Co., Ltd. (2023). *Honda eSAF frame & HSTC system*. Honda Global. <https://global.honda>
7. Kawasaki Heavy Industries. (2023). *Kawasaki trellis frame & electronic steering damper*. Kawasaki. <https://www.kawasaki.com>
8. Michelin Motorsport. (2023). *MotoGP tyre technology*. Michelin. <https://www.michelinmotorsport.com>
9. Pirelli & C. S.p.A. (2022). *Eco-friendly motorcycle tyre development*. Pirelli. <https://www.pirelli.com>

10. SAE International. (2020). *Motorcycle dynamics and control systems*. SAE Technical Papers.
11. Smith, W. F., & Hashemi, J. (2011). *Foundations of materials science and engineering*. McGraw-Hill.
12. Suzuki Motor Corporation. (2023). *GSX-R series technology updates*. Suzuki. <https://www.suzuki-motor.com>
13. Wong, J. Y. (2008). *Theory of ground vehicles* (4th ed.). John Wiley & Sons.
14. Yamaha Motor Co., Ltd. (2023). *Yamaha technology: Deltabox frame & EPS system*. Yamaha Global. <https://global.yamaha-motor.com>
15. KTM AG. (2023). *Motorcycle electronics and frame technology*. KTM. <https://www.ktm.com>

## BAB 13 Analisis Lingkungan & Efisiensi Energi

### 13.1 Konsumsi Bahan Bakar pada Sepeda Motor Konvensional

Sepeda motor berbahan bakar bensin masih mendominasi pasar global, terutama di Asia Tenggara. Konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh:

1. Kapasitas mesin (cc) – semakin besar mesin, biasanya semakin boros, kecuali dilengkapi teknologi efisiensi.
2. Sistem pengabutan
  - *Karburator*: lebih sederhana, tetapi kurang efisien dan boros bahan bakar.
  - *Injeksi (PGM-FI, Blue Core, FI system)*: lebih presisi, irit, dan ramah lingkungan.
3. Gaya berkendara – akselerasi mendadak, beban berat, dan kecepatan tinggi meningkatkan konsumsi bahan bakar.
4. Kondisi jalan & lalu lintas – jalan macet memperbesar konsumsi karena idle time tinggi.

Rata-rata konsumsi bahan bakar:

- Motor bebek/skutik 110–125 cc: 40–55 km/liter
- Sport 150–250 cc: 25–40 km/liter
- Motor besar ( $\geq 600$  cc): 10–20 km/liter

## 13.2 Teknologi Efisiensi Bahan Bakar

### 13.2.1 Honda

- PGM-FI (Programmed Fuel Injection): sistem injeksi bahan bakar presisi, hemat hingga 17% dibanding karburator.
- Idling Stop System (ISS): mesin mati otomatis saat berhenti >3 detik, hemat 5–7% bahan bakar.

### 13.2.2 Yamaha

- Blue Core Technology: meningkatkan efisiensi termal mesin, mengurangi gesekan internal, dan menurunkan konsumsi bahan bakar hingga 50 km/liter pada skutik tertentu.
- VVA (Variable Valve Actuation): mengoptimalkan bukaan katup pada rpm rendah dan tinggi untuk efisiensi dan tenaga seimbang.

### 13.2.3 Suzuki

- Suzuki Eco Performance (SEP): menjaga tenaga motor tetap besar dengan konsumsi BBM lebih irit.
- Lean Burn Technology: memperbanyak udara pada campuran bahan bakar sehingga lebih hemat.

### 13.2.4 Kawasaki

- Fokus pada motor sport berkapasitas besar, namun sudah menggunakan Fuel Injection Mapping untuk menjaga efisiensi sesuai mode berkendara (*Eco Mode Indicator*).

## 13.3 Motor Listrik dan Efisiensi Energi

Sebagai solusi ramah lingkungan, motor listrik mulai banyak diproduksi oleh pabrikan besar maupun lokal.

- Konsumsi energi motor listrik:
  - Rata-rata 1 kWh listrik dapat menempuh 40–60 km.
  - Biaya per km lebih murah dibanding bensin ( $\pm$  Rp 250/km vs Rp 1.000/km untuk BBM).



- Teknologi baterai:
  - Lithium-ion dengan kepadatan energi tinggi.
  - Fitur *regenerative braking* mengembalikan sebagian energi saat pengereman.
- Contoh produk:
  - Honda EM1 e:, Yamaha E01, Gesits, dan Niu.

### 13.4 Dampak Lingkungan Konsumsi Energi

1. Emisi Gas Buang Motor Konvensional
  - CO (Karbon Monoksida): berbahaya bagi kesehatan.
  - HC (Hidrokarbon): menyebabkan polusi udara dan kabut asap.
  - NOx (Nitrogen Oksida): memicu hujan asam.
  - CO<sub>2</sub>: gas rumah kaca penyebab pemanasan global.
2. Motor Listrik
  - Tidak menghasilkan emisi langsung.
  - Namun, jejak karbon tetap ada pada proses produksi baterai dan pembangkit listrik.

### 13.5 Strategi Efisiensi Energi & Lingkungan

- Penggunaan Eco Indicator pada panel motor untuk mendidik pengendara berkendara hemat.
- Peningkatan aerodinamika bodi motor untuk mengurangi hambatan udara.
- Pemanfaatan material ringan (aluminium, komposit) agar konsumsi energi lebih rendah.
- Integrasi IoT & ECU untuk memantau konsumsi BBM/energi secara real-time.
- Mendorong penggunaan energi terbarukan sebagai sumber pengisian motor listrik.

## 13.6 Emisi Gas Buang & Polusi

### 13.6.1 Sumber Emisi pada Sepeda Motor Konvensional

Sepeda motor berbahan bakar fosil menghasilkan gas buang hasil pembakaran di ruang mesin. Emisi ini terbagi menjadi:

1. Karbon Monoksida (CO)
  - Terbentuk akibat pembakaran tidak sempurna.
  - Berbahaya bagi kesehatan, menyebabkan gangguan pernapasan dan pusing.
2. Hidrokarbon (HC)
  - Sisa bahan bakar yang tidak terbakar sempurna.
  - Menyebabkan kabut asap (*smog*) di perkotaan.
3. Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)
  - Terbentuk akibat suhu pembakaran tinggi.
  - Menyebabkan hujan asam dan iritasi pernapasan.
4. Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)
  - Hasil pembakaran sempurna bahan bakar.
  - Gas rumah kaca utama penyebab pemanasan global.
5. Partikulat (PM 2.5 & PM 10)
  - Lebih banyak dihasilkan motor 2-tak.
  - Berbahaya karena bisa masuk ke paru-paru.

### 13.6.2 Faktor yang Memengaruhi Tingkat Emisi

- Jenis bahan bakar: bensin beroktan rendah menghasilkan emisi lebih tinggi.
- Kondisi mesin: mesin kotor dan tidak terawat memperbesar emisi.
- Teknologi mesin: karburator menghasilkan emisi lebih tinggi dibanding injeksi.
- Kebiasaan berkendara: akselerasi mendadak dan kecepatan tinggi meningkatkan emisi.

### 13.6.3 Teknologi Pengendalian Emisi

1. Fuel Injection (FI) → pembakaran lebih presisi, mengurangi CO dan HC.

2. Catalytic Converter → mengubah gas beracun (CO, HC, NO<sub>x</sub>) menjadi gas ramah lingkungan (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>).
3. Exhaust Gas Recirculation (EGR) → mengurangi pembentukan NO<sub>x</sub> dengan menurunkan suhu pembakaran.
4. Idling Stop System (ISS) → menurunkan emisi saat motor berhenti di lampu merah.
5. Eco Indicator → memberi edukasi ke pengendara agar hemat BBM dan menekan emisi.

#### 13.6.4 Perbandingan Emisi Motor Konvensional & Motor Listrik

Aspek	Motor Konvensional (BBM)	Motor Listrik
Emisi langsung	CO, HC, NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> , PM	Tidak ada (nol)
Polusi udara	Tinggi di perkotaan	Hampir nol
Jejak karbon	Tinggi (tergantung BBM)	Ada, tergantung sumber listrik
Polusi suara	Tinggi	Rendah (hampir senyap)
Dampak kesehatan	Mengganggu pernapasan, pencemaran udara	Lebih aman, minim polusi udara

#### 13.6.5 Dampak Lingkungan & Kesehatan

- Lingkungan: memperburuk kualitas udara, menurunkan visibilitas, memicu perubahan iklim.
- Kesehatan manusia: penyakit ISPA, asma, kanker paru-paru, dan gangguan jantung.
- Ekonomi: biaya kesehatan meningkat, serta menurunkan produktivitas akibat penyakit terkait polusi.

#### 13.6.6 Upaya Pengurangan Polusi dari Sepeda Motor

1. Kebijakan pemerintah
  - Standar emisi EURO 3–5 untuk sepeda motor baru.
  - Uji emisi wajib di kota besar.
2. Teknologi pabrikan
  - Mesin injeksi, catalytic converter, dan sistem hibrida.
3. Peran pengguna
  - Merawat motor secara rutin.

- Menggunakan bahan bakar berkualitas.
- Berkendara hemat energi (*eco riding*).

#### 13.6.7 Kontribusi teknologi ramah lingkungan Teknologi Mesin Hemat Energi

- Fuel Injection (FI): Menggantikan karburator dengan kontrol bahan bakar presisi berbasis ECU, sehingga konsumsi BBM lebih efisien dan emisi berkurang.
- Idling Stop System (ISS): Mesin otomatis mati saat berhenti di lampu merah, mengurangi konsumsi bahan bakar hingga 7–10% di lalu lintas padat.
- Variable Valve Actuation (VVA): Menyesuaikan bukaan katup sesuai putaran mesin, menjaga performa optimal tanpa boros bahan bakar.

#### 13.6.8 Teknologi Knalpot & Pengendalian Emisi

- Catalytic Converter: Mengubah gas berbahaya (CO, HC, NOx) menjadi gas lebih ramah lingkungan (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O).
- Evaporative Emission Control (EVAP): Mencegah penguapan bensin ke udara dengan menyalurkannya kembali ke ruang bakar.
- Exhaust Gas Recirculation (EGR): Menurunkan suhu pembakaran untuk mengurangi pembentukan NOx.

#### 13.6.9 Teknologi Material & Desain Rangka

- Rangka eSAF (Honda): Menggunakan baja berkekuatan tinggi namun ringan, mengurangi bobot motor → lebih hemat bahan bakar.
- Material ramah lingkungan: Penerapan plastik daur ulang dan komposit ringan untuk mengurangi jejak karbon dalam produksi.
- Ban rendah resistansi gulir: Mengurangi gesekan ban dengan jalan sehingga konsumsi energi lebih hemat.

#### 13.6.10 Teknologi Tenaga Listrik & Hibrida

- Motor listrik (EV): Tidak menghasilkan emisi gas buang langsung (zero tailpipe emission).

- Hybrid Electric Motorcycle (HEM): Kombinasi mesin bensin & motor listrik untuk efisiensi bahan bakar lebih baik.
- Regenerative Braking: Mengubah energi pengereman menjadi listrik untuk mengisi baterai.

#### 13.6.11 Integrasi dengan Smart System

- Eco Indicator / Riding Mode: Memberikan edukasi ke pengendara untuk memilih gaya berkendara hemat energi.
- On-Board Diagnostics (OBD-II/OBD-III): Memantau kondisi mesin agar tetap efisien dan tidak melebihi ambang batas emisi.
- IoT & Big Data: Analisis perilaku pengendara untuk mendukung pola berkendara ramah lingkungan.

#### 13.6.12 Dampak Positif Implementasi Teknologi

1. Lingkungan: penurunan emisi gas buang, polusi udara berkurang, dan kualitas udara perkotaan meningkat.
2. Energi: efisiensi pemakaian bahan bakar fosil, sekaligus mempercepat transisi ke energi terbarukan.
3. Ekonomi: biaya operasional kendaraan lebih rendah dan mendukung pasar kendaraan listrik yang sedang tumbuh.
4. Kesehatan masyarakat: berkurangnya risiko penyakit akibat polusi udara (ISPA, asma, kanker paru-paru)

#### 13.6.13 Daftar Rujukan

1. □ Bosch Mobility Solutions. (2022). *Emission control and fuel efficiency systems for motorcycles*. Bosch. <https://www.bosch-mobility.com>
2. □ Bridgestone Corporation. (2023). *Low rolling resistance tire technologies*. Bridgestone. <https://www.bridgestone.com>
3. □ Crouse, W., & Anglin, D. (2012). *Automotive mechanics*. McGraw-Hill Education.
4. □ European Commission. (2021). *EURO emission standards for motorcycles*. EU Publications. <https://ec.europa.eu>
5. □ Heisler, H. (2002). *Advanced motorcycle engineering*. SAE International.

6. □ Honda Motor Co., Ltd. (2023). *Idling Stop System (ISS) and eSAF frame technology*. Honda Global. <https://global.honda>
7. □ International Energy Agency (IEA). (2022). *Global EV outlook 2022: Securing supplies for an electric future*. IEA. <https://www.iea.org>
8. □ Kawasaki Heavy Industries. (2023). *Fuel injection and catalytic converter technology*. Kawasaki. <https://www.kawasaki.com>
9. □ Ministry of Environment and Forestry of Indonesia. (2020). *Regulasi uji emisi kendaraan bermotor di Indonesia*. KLHK. <https://www.menlhk.go.id>
10. □ Pirelli & C. S.p.A. (2022). *Eco-friendly motorcycle tyres and sustainability report*. Pirelli. <https://www.pirelli.com>
11. □ SAE International. (2020). *Motorcycle fuel efficiency and emission control systems*. SAE Technical Papers.
12. □ Smith, W. F., & Hashemi, J. (2011). *Foundations of materials science and engineering*. McGraw-Hill.
13. □ Suzuki Motor Corporation. (2023). *Emission reduction and fuel economy technology in GSX series*. Suzuki. <https://www.suzuki-motor.com>
14. □ United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). *Air pollution and health impacts of transport*. UNEP. <https://www.unep.org>
15. □ Yamaha Motor Co., Ltd. (2023). *Blue Core engine and Eco Indicator system*. Yamaha Global. <https://global.yamaha-motor.com>

## Hasil Praktikum

