

		<div>Universitas Negeri Surabaya</div> <div>Fakultas Vokasi</div> <div>Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomotif</div>						<div>Kode Dokumen</div>																																																																																																					
<div>RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER</div>																																																																																																													
MATA KULIAH (MK)		KODE	Rumpun MK		BOBOT (sks)		SEMESTER	Tgl Penyusunan																																																																																																					
Motor Pembakaran Dalam		2130403017	Mata Kuliah Wajib Program Studi		T=3	P=0	ECTS=4.77	3	31 Juli 2025																																																																																																				
OTORISASI		Pengembang RPS			Koordinator RMK		Koordinator Program Studi																																																																																																						
		Susi Tri Umaroh, S.Pd., M.Pd.			Dr. Warju, S.Pd., S.T., M.T.		FERLY ISNOMO ABDI																																																																																																						
Model Pembelajaran	Case Study																																																																																																												
Capaian Pembelajaran (CP)	CPL-PRODI yang dibebankan pada MK																																																																																																												
	CPL-3	Mengembangkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan kreatif dalam melakukan pekerjaan yang spesifik di bidang keahliannya serta sesuai dengan standar kompetensi kerja bidang yang bersangkutan																																																																																																											
	CPL-9	Mampu memahami dan mempraktikkan tanggung jawab, profesional, etika, lingkungan, dan global dalam karir profesional dibidang teknologi otomotif																																																																																																											
	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)																																																																																																												
	CPMK - 1	Menerapkan prinsip dasar, komponen, serta cara kerja dalam menganalisis siklus kerja motor bensin dan diesel (C3)																																																																																																											
	CPMK - 2	Menganalisis karakteristik dan performa berbagai jenis motor pembakaran dalam berdasarkan data pengujian (C4)																																																																																																											
	CPMK - 3	Memahami teknologi motor pembakaran dalam serta sistem optimasi dari operasi motor pembakaran dalam dan alternatif bahan bakar ramah lingkungan (C5)																																																																																																											
	CPMK - 4	Memahami dampak dan teknologi dari motor pembakaran serta upaya dalam mengatasinya																																																																																																											
	Matrik CPL - CPMK																																																																																																												
		<table border="1"> <tr> <td>CPMK</td> <td>CPL-3</td> <td>CPL-9</td> </tr> <tr> <td>CPMK-1</td> <td>✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CPMK-2</td> <td>✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CPMK-3</td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>CPMK-4</td> <td></td> <td>✓</td> </tr> </table>								CPMK	CPL-3	CPL-9	CPMK-1	✓		CPMK-2	✓		CPMK-3		✓	CPMK-4		✓																																																																																					
	CPMK	CPL-3	CPL-9																																																																																																										
	CPMK-1	✓																																																																																																											
	CPMK-2	✓																																																																																																											
	CPMK-3		✓																																																																																																										
CPMK-4		✓																																																																																																											
Matrik CPMK pada Kemampuan akhir tiap tahapan belajar (Sub-CPMK)																																																																																																													
	<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">CPMK</th> <th colspan="16">Minggu Ke</th> </tr> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th><th>16</th> </tr> <tr> <td>CPMK-1</td> <td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>CPMK-2</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>CPMK-3</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>CPMK-4</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td> </tr> </table>								CPMK	Minggu Ke																1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	CPMK-1	✓	✓	✓	✓													CPMK-2					✓	✓	✓	✓									CPMK-3									✓	✓	✓	✓					CPMK-4													✓	✓	✓	✓
CPMK	Minggu Ke																																																																																																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16																																																																																													
CPMK-1	✓	✓	✓	✓																																																																																																									
CPMK-2					✓	✓	✓	✓																																																																																																					
CPMK-3									✓	✓	✓	✓																																																																																																	
CPMK-4													✓	✓	✓	✓																																																																																													
Deskripsi Singkat MK	Mata kuliah Motor Pembakaran Dalam merupakan mata kuliah inti pada jenjang D4 Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif. Mata kuliah ini memberikan pemahaman mendalam tentang prinsip kerja, konstruksi, kinerja, dan karakteristik dari berbagai jenis mesin pembakaran dalam (internal combustion engine) yang digunakan pada kendaraan bermotor. Ruang lingkup pembahasan meliputi klasifikasi motor bakar, siklus termodinamika ideal dan aktual (seperti Otto, Diesel, dan Dual), komponen utama mesin, sistem bahan bakar (konvensional dan injeksi), sistem pengapian, sistem pelumasan, sistem pendinginan, emisi gas buang, serta teknologi terkini untuk peningkatan efisiensi dan pengurangan emisi. Tujuan pembelajaran adalah agar mahasiswa mampu menganalisis prinsip dasar operasi motor bakar, menghitung parameter kinerja mesin, memahami interaksi antar sistem, serta mengevaluasi performa dan emisi mesin, sehingga memiliki kompetensi untuk berkontribusi dalam perancangan, pengujian, pemeliharaan, dan pengembangan sistem propulsi kendaraan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.																																																																																																												
Pustaka	Utama :																																																																																																												
	1. Heywood, J. B. (1988). Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill. 2. Ferguson, C. R., & Kirkpatrick, A. T. (2016). Internal combustion engines: Applied thermosciences (3rd ed.). John Wiley & Sons, Ltd.																																																																																																												
	Pendukung :																																																																																																												
Dosen Pengampu	Dr. Warju, S.Pd., S.T., M.T. Susi Tri Umaroh, S.Pd., M.Pd.																																																																																																												
Mg Ke-	Kemampuan akhir tiap tahapan belajar (Sub-CPMK)	Penilaian		Bantuk Pembelajaran, Metode Pembelajaran, Penugasan Mahasiswa, [ Estimasi Waktu ]		Materi Pembelajaran [ Pustaka ]		Bobot Penilaian (%)																																																																																																					
		Indikator	Kriteria & Bentuk	Luring (offline)	Daring (online)																																																																																																								
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)																																																																																																						

1	Setelah mengikuti pertemuan ini, mahasiswa diharapkan dapat: 1) Menerangkan kembali prinsip dasar termodinamika dan mekanika fluida yang relevan dengan motor bakar, 2) Menerapkan hukum termodinamika untuk menghitung efisiensi dan parameter kerja siklus ideal, 3) Menganalisis perbedaan karakteristik proses pembakaran, tekanan, dan kalor antara siklus Otto dan Diesel.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kemampuan mengidentifikasi variabel termodinamika (P, V, T) dalam diagram siklus</li> <li>2. Kemampuan menerapkan hukum pertama termodinamika untuk menganalisis pertukaran kalor dan kerja pada setiap proses siklus</li> <li>3. Kemampuan menghitung efisiensi termal siklus ideal Otto dan Diesel berdasarkan perbandingan kompresi</li> <li>4. Kemampuan menganalisis perbedaan proses pembakaran konstanta volume (Otto) dan tekanan konstan (Diesel) serta pengaruhnya terhadap performa.</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipatif	Ceramah interaktif, diskusi kelompok terpumpun (focused group discussion) untuk studi kasus perhitungan, dan demonstrasi visual diagram P-V dan T-s..	Kuis Online Analisis Siklus, Mahasiswa mengerjakan kuis melalui LMS yang berisi soal analisis dan perhitungan sederhana terkait penerapan hukum termodinamika pada siklus Otto dan Diesel berdasarkan data yang diberikan (misal: menghitung efisiensi, kerja bersih, atau panas yang dibuang).	<b>Materi:</b> Review Hukum Termodinamika Pertama dan Kedua, Konsep Dasar Mekanika Fluida: Aliran, Tekanan, dan Kerja, Siklus Termodinamika Ideal: Pengertian dan Komponen, Siklus Otto (Motor Bensin): Proses dan Analisis, Siklus Diesel (Motor Diesel): Proses dan Analisis, Perbandingan Karakteristik Siklus Otto dan Diesel <b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i>	10%
2	Mahasiswa mampu menerapkan konsep termodinamika (hukum pertama, siklus ideal) dan mekanika fluida (aliran, tekanan) untuk menganalisis dan membandingkan proses kerja, efisiensi, serta karakteristik performa pada siklus Otto (motor bensin) dan siklus Diesel.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menjelaskan penerapan hukum pertama termodinamika pada setiap proses dalam siklus Otto dan Diesel.</li> <li>2. Mampu menghitung parameter performa (seperti efisiensi termal, kerja bersih, tekanan rata-rata efektif) dari siklus ideal motor bensin dan diesel.</li> <li>3. Mampu menganalisis perbedaan karakteristik proses pembakaran dan aliran fluida antara siklus Otto dan Diesel.</li> <li>4. Mampu membandingkan performa dan aplikasi motor bensin dan diesel berdasarkan analisis siklus termodinamiknya.</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipatif	Ceramah interaktif, diskusi kelompok terpumpun (focused group discussion) untuk analisis kasus siklus, demonstrasi simulasi software termodinamika (jika ada), dan pemecahan masalah (problem solving) melalui studi kasus perhitungan..	Analisis dan Perhitungan Siklus, Mahasiswa diberikan data spesifik (rasio kompresi, suhu/pressure masuk, kalor masuk) untuk sebuah siklus Otto dan Diesel ideal. Mereka diminta untuk menghitung parameter seperti efisiensi termal, kerja bersih, dan tekanan efektif rata-rata, kemudian membuat laporan singkat berisi perhitungan dan analisis perbandingan kedua siklus tersebut. Tugas dikumpulkan melalui LMS.	<b>Materi:</b> Review singkat Hukum Pertama Termodinamika untuk sistem tertutup dan terbuka., Konsep dasar siklus termodinamika udara standar (udara sebagai fluida kerja ideal)., Analisis mendetail Siklus Otto (Motor Bensin): proses, diagram P-V dan T-S, serta efisiensi termalnya., Analisis mendetail Siklus Diesel (Motor Diesel): proses, diagram P-V dan T-S, serta efisiensi termalnya., Perbandingan kualitatif dan kuantitatif antara Siklus Otto dan Siklus Diesel., Penerapan konsep mekanika fluida sederhana (tekanan, volume) dalam analisis diagram siklus. <b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i>	5%
3	Setelah mengikuti pertemuan ini, mahasiswa diharapkan dapat menganalisis data pengujian motor (seperti torsi, daya, konsumsi bahan bakar, emisi) untuk mengevaluasi dan membandingkan performa serta karakteristik operasional dari berbagai jenis motor pembakaran dalam.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu mengidentifikasi parameter kunci dari data pengujian motor (torsi, daya, SFC, emisi).</li> <li>2. Mampu membandingkan kurva karakteristik performa (torsi vs RPM, daya vs RPM) dari berbagai jenis motor.</li> <li>3. Mampu menganalisis hubungan antara karakteristik desain motor (jenis siklus, bahan bakar, sistem injeksi) dengan data performa yang dihasilkan.</li> <li>4. Mampu menyimpulkan kelebihan dan kekurangan suatu jenis motor berdasarkan interpretasi data pengujian.</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipatif, Penilaian Hasil Project / Penilaian Produk	Ceramah interaktif, studi kasus berbasis data, diskusi kelompok analisis data, dan demonstrasi interpretasi grafik pengujian..	Analisis Data Pengujian Mandiri, Mahasiswa diberikan file data hasil pengujian (dalam format spreadsheet) dari dua jenis motor yang berbeda. Mahasiswa diminta untuk menganalisis data tersebut, membuat grafik perbandingan (misal: torsi vs RPM), dan menulis laporan singkat yang berisi analisis perbandingan karakteristik serta performa kedua motor berdasarkan data yang diberikan.	<b>Materi:</b> Jenis-jenis data pengujian motor pembakaran dalam (Dynamometer Test)., Parameter performa motor: Torsi, Daya (Brake Power), Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC), Efisiensi Termal., Analisis kurva karakteristik motor bensin vs diesel., Analisis karakteristik motor 2-tak vs 4-tak berdasarkan data., Interpretasi data emisi (CO, HC, NOx, Partikulat) dalam kaitannya dengan jenis motor dan operasinya. <b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i>	5%

4	<p>Setelah mengikuti pembelajaran, mahasiswa dapat: 1) Menganalisis pengaruh parameter operasi (seperti putaran mesin, beban, AFR) dan parameter desain (seperti rasio kompresi, timing pengapian/injeksi) terhadap efisiensi termal dan emisi gas buang. 2) Mengevaluasi performa motor bakar berdasarkan data hasil pengujian atau simulasi terkait efisiensi dan emisi. 3) Memberikan penilaian kritis dan rekomendasi untuk optimasi performa motor bakar dengan mempertimbangkan aspek efisiensi dan lingkungan.</p>	<p>1. Mampu menganalisis hubungan antara parameter operasi/desain dengan efisiensi termal dan emisi gas buang (CO, HC, NOx, Partikulat). 2. Mampu mengevaluasi data hasil pengujian atau studi kasus performa motor bakar berdasarkan kriteria efisiensi dan emisi. 3. Mampu memberikan argumen dan rekomendasi yang mendalam untuk menyeimbangkan tuntutan efisiensi tinggi dan emisi rendah.</p>	<p><b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian</p> <p><b>Bentuk Penilaian :</b> Penilaian Hasil Project / Penilaian Produk, Tes</p>	<p>Ceramah interaktif, studi kasus (analisis data pengujian motor), diskusi kelompok terpumpun (FGD) untuk mengevaluasi trade-off efisiensi vs emisi, dan demonstrasi/presentasi hasil evaluasi..</p>	<p>Analisis Studi Kasus dan Forum Diskusi, Mahasiswa diberikan data hasil pengujian (grafik atau tabel) performa dan emisi sebuah motor bakar dengan variasi parameter tertentu (misalnya AFR atau timing pengapian). Tugas mahasiswa adalah menganalisis data tersebut, mengevaluasi hubungan dan trade-off yang terjadi, kemudian memposting kesimpulan evaluasi serta rekomendasi optimasinya dalam forum diskusi di LMS. Mahasiswa juga diwajibkan memberikan tanggapan kritis terhadap minimal dua postingan temannya.</p>	<p><b>Materi:</b> Konsep dan parameter efisiensi termal motor bakar (<math>\eta_{th}</math>, <math>\eta_{mek}</math>, BSFC), Jenis-jenis emisi gas buang (CO, HC, NOx, PM) dan sumber pembentukannya., Pengaruh parameter operasi (putaran, beban, AFR, timing) terhadap efisiensi dan emisi., Pengaruh parameter desain (rasio kompresi, bentuk ruang bakar, sistem induksi) terhadap efisiensi dan emisi., Teknik evaluasi dan analisis data performa motor (membaca dan menginterpretasi grafik peta motor, data emisi), Trade-off dan strategi untuk mengoptimalkan efisiensi sekaligus menekan emisi.</p> <p><b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i></p>	5%
5	<p>Setelah mengikuti pertemuan ini, mahasiswa diharapkan dapat: 1) Mengevaluasi performa termal motor berdasarkan data operasi, 2) Mengevaluasi profil emisi gas buang berdasarkan parameter desain dan operasi, 3) Menganalisis hubungan dan kompromi antara efisiensi termal dan emisi.</p>	<p>1. Mampu menghitung dan menganalisis efisiensi termal aktual dari data operasi motor (seperti daya, konsumsi bahan bakar, panas yang terbuang). 2. Mampu mengidentifikasi dan mengevaluasi komponen emisi gas buang (CO, HC, NOx, Partikulat) berdasarkan variasi parameter seperti AFR, timing pengapian, dan kompresi. 3. Mampu mengevaluasi pengaruh desain mesin (seperti bentuk ruang bakar, sistem injeksi) terhadap efisiensi dan emisi. 4. Mampu memberikan rekomendasi atau keputusan untuk mengoptimalkan performa mesin dengan mempertimbangkan trade-off antara efisiensi termal dan regulasi emisi.</p>	<p><b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian</p> <p><b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipatif, Tes</p>	<p>Ceramah interaktif, studi kasus berbasis data, diskusi kelompok terpumpun (focused group discussion), dan demonstrasi analisis data atau simulasi software..</p>	<p>Analisis Studi Kasus dan Simulasi Online, Mahasiswa diberikan dataset operasi mesin (daya, torsi, konsumsi bahan bakar, data emisi) dari beberapa skenario parameter yang berbeda. Tugas mahasiswa adalah menganalisis dataset tersebut, menghitung efisiensi termal, mengevaluasi profil emisi, dan membuat laporan evaluasi yang berisi analisis hubungan parameter-operasi-kinerja-emisi serta rekomendasi optimasi dengan mempertimbangkan trade-off yang ada. Tugas dikerjakan secara individu dan dikumpulkan melalui LMS.</p>	<p><b>Materi:</b> Konsep dan parameter efisiensi termal (indicated, brake, mechanical), Sumber dan jenis emisi gas buang pada motor bensin dan diesel., Pengaruh parameter operasi (rasio udara-bahan bakar, timing pengapian/injeksi, beban, kecepatan) terhadap efisiensi dan emisi., Pengaruh parameter desain (rasio kompresi, bentuk ruang bakar, teknologi turbocharger, sistem aftertreatment) terhadap efisiensi dan emisi., Analisis trade-off antara kinerja, efisiensi bahan bakar, dan emisi.</p> <p><b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i></p>	8%

6	Setelah mengikuti perkuliahan, mahasiswa mampu merancang dan mengusulkan desain modifikasi sederhana pada komponen atau sistem bahan bakar (seperti karburator atau injektor) atau sistem pengapian (seperti koil, busi, atau ECU) untuk meningkatkan performa motor bensin atau diesel, disertai dengan justifikasi teknis berdasarkan prinsip-prinsip motor pembakaran dalam.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Mampu mengidentifikasi komponen sistem bahan bakar atau pengapian yang potensial untuk dimodifikasi guna peningkatan performa.</li> <li>2.Mampu merancang desain modifikasi (sketsa, diagram, atau spesifikasi teknis) yang kreatif dan aplikatif.</li> <li>3.Mampu menganalisis dan memprediksi dampak modifikasi terhadap parameter performa motor (seperti daya, torsi, emisi, dan efisiensi).</li> <li>4.Mampu menyusun justifikasi atau penjelasan teknis yang mendukung desain modifikasi yang dibuat.</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> 8  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipasif, Penilaian Hasil Project / Penilaian Produk	Project-Based Learning, Diskusi Kelompok, Presentasi, dan Simulasi Desain..	Project Desain dan Presentasi Video, Mahasiswa membuat desain modifikasi sederhana (dalam bentuk dokumen digital berisi sketsa, diagram, dan penjelasan teknis) dan merekam presentasi video singkat (5-7 menit) yang menjelaskan desain, justifikasi, dan analisis dampaknya. Tugas dikumpulkan melalui LMS.	<b>Materi:</b> Prinsip dasar peningkatan performa motor melalui modifikasi sistem bahan bakar dan pengapian., Komponen-komponen kritis dalam sistem bahan bakar (karburator, injektor, pompa, filter) dan sistem pengapian (koil, distributor, busi, ECU) serta fungsinya., Konsep modifikasi sederhana: contoh-contoh aplikatif (seperti bore-up, stroke-up tidak langsung, pengaturan AFR, timing pengapian)., Analisis dampak modifikasi terhadap performa, konsumsi bahan bakar, dan emisi., Teknik penyajian desain dan justifikasi teknis (sketsa, diagram alur, spesifikasi). <b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i>	8%
7	Setelah mengikuti perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat: 1) Mengidentifikasi gejala-gejala gangguan pada motor pembakaran dalam, 2) Menerapkan langkah-langkah diagnostik secara sistematis, 3) Melakukan analisis akar penyebab gangguan, 4) Menentukan solusi perbaikan yang tepat berdasarkan hasil diagnosa.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Kemampuan mengidentifikasi gejala gangguan motor (misal: suara tidak normal, getaran berlebih, performa turun, emisi berlebih)</li> <li>2.Ketepatan dalam menerapkan prosedur diagnostik standar (misal: pemeriksaan kompresi, analisis gas buang, pemeriksaan sistem pengapian, sistem bahan bakar)</li> <li>3.Ketepatan dalam menganalisis data hasil diagnosa untuk menentukan akar penyebab gangguan</li> <li>4.Ketepatan dalam merekomendasikan langkah perbaikan atau troubleshooting yang sesuai</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipasif	Ceramah interaktif, demonstrasi prosedur diagnostik, studi kasus gangguan motor, diskusi kelompok, dan praktik simulasi troubleshooting..	Analisis Studi Kasus dan Simulasi Diagnostik, Mahasiswa diberikan beberapa studi kasus gangguan motor (dalam bentuk deskripsi gejala, data hasil pengukuran sederhana, atau video singkat) melalui LMS. Mahasiswa diminta untuk menganalisis kasus tersebut, mengidentifikasi kemungkinan penyebab gangguan, dan merancang langkah-langkah diagnostik serta rekomendasi perbaikan yang harus dilakukan. Jawaban dikumpulkan dalam bentuk dokumen tertulis atau rekaman presentasi singkat.	<b>Materi:</b> Prinsip dasar diagnostik gangguan motor, Gejala umum dan spesifik gangguan pada sistem utama motor (sistem bahan bakar, pengapian, kompresi, pelumasan, pendinginan), Alat diagnostik dan penggunaannya (compression tester, vacuum gauge, oscilloscope engine analyzer, exhaust gas analyzer), Prosedur sistematis troubleshooting: dari identifikasi gejala hingga verifikasi perbaikan, Studi kasus gangguan motor dan solusinya <b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i>	8%

8	Setelah mengikuti pertemuan ini, mahasiswa diharapkan dapat: 1) Mengidentifikasi parameter kunci dalam data pengujian motor (seperti torsi, daya, konsumsi bahan bakar, emisi). 2) Membandingkan karakteristik performa berbagai jenis motor berdasarkan data. 3) Menyimpulkan kelebihan dan kekurangan suatu jenis motor berdasarkan analisis data pengujian.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kemampuan mengolah dan menyajikan data pengujian motor dalam bentuk grafik/tabel</li> <li>2. Ketepatan dalam menganalisis hubungan antara variabel pengujian (misal: rpm vs torsi)</li> <li>3. Kualitas interpretasi hasil analisis untuk membandingkan performa berbagai jenis motor</li> <li>4. Kemampuan menarik kesimpulan berdasarkan bukti data yang dianalisis</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipatif	Ceramah interaktif, diskusi kelompok berbasis kasus data pengujian, demonstrasi analisis data, dan praktik analisis menggunakan software (misal: spreadsheet atau software khusus)..	Analisis Data dan Laporan, Mahasiswa diberikan dataset hasil pengujian dua jenis motor (misal: bensin 4-tak dan diesel). Tugas mereka adalah mengolah data, membuat grafik karakteristik (torsi-daya vs RPM, SFC), menganalisis perbandingan performa, serta menyusun laporan analisis singkat yang diunggah ke LMS.	<b>Materi:</b> Jenis-jenis data pengujian motor (dinamometer, emisi, konsumsi bahan bakar), Teknik pengolahan dan visualisasi data pengujian motor, Analisis kurva karakteristik motor (torsi, daya, spesifik fuel consumption), Perbandingan karakteristik motor bensin vs diesel berdasarkan data, Interpretasi data emisi dari berbagai jenis motor <b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i>	8%
9	Setelah mengikuti perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat: 1) Mengidentifikasi gejala-gejala gangguan pada motor bensin dan diesel, 2) Menerapkan langkah-langkah diagnostik yang tepat menggunakan alat ukur dan perangkat diagnostik, 3) Menganalisis data hasil pengukuran untuk menentukan akar penyebab gangguan, 4) Merencanakan dan melaksanakan tindakan perbaikan (troubleshooting) yang sesuai.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menjelaskan prosedur diagnostik standar untuk gangguan motor bensin dan diesel.</li> <li>2. Mampu menggunakan alat ukur (multimeter, compression tester, scan tool) untuk mengambil data diagnostik.</li> <li>3. Mampu menganalisis data pengukuran (tekanan kompresi, pola pengapian, data sensor) untuk mendiagnosis gangguan.</li> <li>4. Mampu merumuskan langkah-langkah perbaikan berdasarkan hasil diagnosis.</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipatif	Ceramah interaktif, demonstrasi penggunaan alat diagnostik, studi kasus gangguan nyata, diskusi kelompok untuk analisis gejala dan solusi, atau simulasi..	Analisis Studi Kasus dan Simulasi Diagnostik, Mahasiswa diberikan file studi kasus (berupa video gejala, data log OBD-II, atau diagram skematis dengan gejala gangguan) melalui LMS. Mahasiswa diminta untuk menganalisis kasus tersebut, menjelaskan prosedur diagnostik yang akan dilakukan, alat yang digunakan, dan merumuskan hipotesis akar penyebab serta langkah perbaikannya dalam bentuk laporan tertulis atau presentasi singkat.	<b>Materi:</b> Prinsip dasar diagnostik mesin: pendekatan sistematis dan logika troubleshooting., Gejala umum gangguan pada sistem bahan bakar, pengapian, kompresi, dan pembuangan., Penggunaan dan interpretasi alat diagnostik: compression tester, vacuum gauge, multimeter, oscilloscope, dan scan tool OBD-II., Analisis studi kasus gangguan motor bensin (misal: mesin sulit start, idle tidak stabil, tenaga kurang) dan motor diesel (misal: asap hitam/putih, knocking)., Prosedur perbaikan dasar dan keselamatan kerja. <b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i>	5%
10	Setelah mengikuti perkuliahan, mahasiswa dapat menganalisis hubungan dinamis antar komponen utama motor selama siklus pembakaran dan mengidentifikasi pengaruhnya terhadap performa motor.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menjelaskan peran piston, silinder, dan katup dalam proses pembakaran.</li> <li>2. Mampu menganalisis interaksi mekanis antar komponen selama siklus kerja motor.</li> <li>3. Mampu mengidentifikasi dampak desain dan kondisi komponen terhadap efisiensi pembakaran.</li> <li>4. Mampu membandingkan interaksi komponen pada berbagai tipe motor (2-tak, 4-tak).</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipatif	Ceramah interaktif, studi kasus, diskusi kelompok, dan simulasi animasi proses pembakaran..	Analisis Video Simulasi, Mahasiswa diminta untuk menganalisis video simulasi proses pembakaran, mengidentifikasi interaksi antar komponen pada fase tertentu, dan membuat laporan analisis singkat yang diunggah ke LMS.	<b>Materi:</b> Fungsi dan karakteristik piston, silinder, dan katup., Mekanisme interaksi komponen dalam siklus pembakaran (hisap, kompresi, usaha, buang)., Analisis gaya dan tekanan pada komponen selama pembakaran., Pengaruh interaksi komponen terhadap performa dan emisi motor. <b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i>	5%

11	Setelah mengikuti perkuliahan, mahasiswa diharapkan mampu: 1) Mengevaluasi jenis dan tingkat emisi gas buang dari motor pembakaran dalam serta dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan. 2) Menganalisis kriteria dan kinerja berbagai alternatif bahan bakar ramah lingkungan (seperti biofuel, hidrogen, listrik) untuk aplikasi motor pembakaran dalam. 3) Membandingkan dan memberikan rekomendasi berdasarkan evaluasi terhadap solusi bahan bakar alternatif dalam konteks teknis dan keberlanjutan.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Mampu mengidentifikasi dan menjelaskan komponen utama emisi gas buang motor pembakaran dalam (CO, HC, NOx, Partikulat) serta regulasi emisi yang berlaku.</li> <li>2.Mampu menganalisis dampak lingkungan dan kesehatan dari emisi motor pembakaran dalam dengan menggunakan data dan studi kasus.</li> <li>3.Mampu mengevaluasi karakteristik, kelebihan, kekurangan, dan kelayakan teknis-ekonomi dari minimal tiga jenis bahan bakar alternatif ramah lingkungan.</li> <li>4.Mampu membandingkan dan memberikan argumen yang mendalam untuk merekomendasikan solusi bahan bakar alternatif yang paling sesuai untuk konteks aplikasi tertentu.</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipasif, Penilaian Hasil Project / Penilaian Produk	Ceramah interaktif, studi kasus, diskusi kelompok terpumpun (focused group discussion), dan presentasi..	Analisis Studi Kasus dan Rekomendasi Tertulis, Mahasiswa diminta untuk menganalisis sebuah studi kasus (disediakan dosen) mengenai dampak lingkungan dari armada kendaraan tertentu dan diminta untuk mengevaluasi serta memberikan rekomendasi tertulis yang mendalam mengenai penerapan alternatif bahan bakar ramah lingkungan yang paling sesuai, dilengkapi dengan justifikasi teknis, ekonomis, dan lingkungan.	<b>Materi:</b> Jenis-jenis emisi gas buang motor bensin dan diesel: sumber, karakteristik, dan dampaknya., Regulasi dan standar emisi kendaraan bermotor (Euro, Tier)., Konsep dan metrik bahan bakar ramah lingkungan (carbon footprint, well-to-wheel analysis)., Analisis mendalam alternatif bahan bakar: Biofuel (biodiesel, bioetanol), Gas (CNG, LPG), Hidrogen, dan Bahan Bakar Sintetis., Studi komparatif: performa mesin, infrastruktur, biaya, dan dampak lingkungan dari masing-masing alternatif., Tantangan dan prospek transisi energi dalam sektor transportasi. <b>Pustaka:</b> Handbook Perkuliahan	8%
12	Setelah mengikuti pembelajaran, mahasiswa mampu merancang proposal yang kreatif dan aplikatif untuk perawatan atau peningkatan sistem pendingin dan pelumasan guna mengoptimalkan kinerja dan umur pakai motor.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Kemampuan mengidentifikasi masalah dan kebutuhan perawatan/peningkatan pada sistem pendingin dan pelumasan motor.</li> <li>2.Kreativitas dan inovasi dalam merancang solusi perawatan atau peningkatan.</li> <li>3.Kelengkapan dan sistematika penyusunan proposal (latar belakang, tujuan, metode, analisis biaya-manfaat, jadwal).</li> <li>4.Kesesuaian proposal dengan prinsip teknik motor pembakaran dalam dan kelayakan implementasi.</li> <li>5.Kemampuan mempresentasikan dan mempertahankan ide proposal secara logis.</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipasif	Project-Based Learning, Diskusi Kelas, Presentasi, dan Tanya Jawab..	Asinkronus melalui LMS, Pengumpulan dan presentasi video proposal. Mahasiswa membuat proposal tertulis dan merekam video presentasi (5-7 menit) yang menjelaskan ide, analisis, dan keunggulan proposal mereka, kemudian mengunggahnya ke LMS untuk dinilai dan didiskusikan di forum.	<b>Materi:</b> Prinsip kerja dan komponen sistem pendingin motor., Prinsip kerja dan komponen sistem pelumasan motor., Masalah umum dan teknik perawatan sistem pendingin dan pelumasan., Teknologi peningkatan (upgrading) sistem pendingin dan pelumasan., Kerangka dan struktur penyusunan proposal teknik., Analisis kelayakan dan biaya-manfaat dalam proposal. <b>Pustaka:</b> Handbook Perkuliahan	8%

13	<p>Setelah mengikuti perkuliahan, mahasiswa mampu:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Menganalisis faktor-faktor kritis yang mempengaruhi kinerja dan keausan sistem pendingin dan pelumasan;</li> <li>2) Merancang strategi perawatan atau modifikasi peningkatan yang spesifik dan terukur;</li> <li>3) Menyusun proposal teknis yang komprehensif mencakup latar belakang, metodologi, analisis biaya-manafaat, dan jadwal implementasi.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kemampuan mengidentifikasi dan menganalisis masalah pada sistem pendingin dan pelumasan yang mempengaruhi umur pakai motor.</li> <li>2. Tingkat kreativitas dan inovasi dalam merancang solusi perawatan atau peningkatan.</li> <li>3. Kejelasan, struktur, dan profesionalisme penyajian proposal.</li> <li>4. Kesesuaian rekomendasi dengan prinsip-prinsip keberlanjutan dan efisiensi energi.</li> </ol>	<p><b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian</p> <p><b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipasif, Penilaian Hasil Project / Penilaian Produk</p>	Project-Based Learning, Diskusi Kelas, Presentasi dan Review Proposal, Studi Kasus..	<p>Penyusunan dan Pengumpulan Draft Proposal Awal secara online melalui LMS. Mahasiswa diminta untuk mengunggah dokumen proposal yang mencakup identifikasi masalah, ide solusi inovatif, dan outline analisis awal, untuk mendapatkan umpan balik peer-review atau dari dosen.</p>	<p><b>Materi:</b> Review Sistem Pendingin dan Pelumasan Motor: Komponen, fungsi, dan masalah umum., Teknik Analisis Kegagalan dan Penentuan Interval Perawatan., Inovasi Material dan Teknologi dalam Sistem Pendingin dan Pelumasan (contoh: aditif, coolant hybrid, sistem pendingin canggih)., Prinsip Penyusunan Proposal Teknis yang Efektif: Struktur, analisis biaya-manafaat, dan perencanaan implementasi., Studi Kasus: Peningkatan umur pakai motor melalui optimasi sistem pendingin dan pelumasan.</p> <p><b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i></p>	5%
14	<p>Setelah mengikuti perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Mengidentifikasi komponen dan prinsip kerja teknologi kontrol emisi (seperti catalytic converter, EGR, SCR) dan sistem pembakaran modern (seperti injeksi langsung, pembakaran lean);</li> <li>2) Menganalisis hubungan antara teknologi tersebut dengan regulasi emisi yang berlaku (misalnya Euro, Tier);</li> <li>3) Menerapkan pengetahuan tersebut dalam studi kasus atau simulasi untuk memilih atau mengevaluasi sistem yang sesuai dengan regulasi tertentu.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kemampuan menjelaskan prinsip kerja minimal tiga teknologi kontrol emisi pada motor pembakaran dalam.</li> <li>2. Kemampuan menghubungkan spesifikasi teknologi dengan standar regulasi emisi (contoh: Euro 6, Tier 4 Final).</li> <li>3. Kemampuan menerapkan pemilihan teknologi yang tepat untuk skenario emisi tertentu berdasarkan regulasi.</li> <li>4. Kemampuan menganalisis dampak sistem pembakaran modern terhadap kinerja dan emisi mesin.</li> </ol>	<p><b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian</p> <p><b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipasif, Penilaian Hasil Project / Penilaian Produk</p>	Ceramah interaktif, studi kasus, diskusi kelompok, dan demonstrasi/simulasi (jika memungkinkan)..	<p>Analisis Studi Kasus Online, Mahasiswa diberikan studi kasus berupa spesifikasi mesin dan target regulasi emisi tertentu (misalnya, mesin diesel untuk aplikasi tertentu harus memenuhi Euro 6). Mahasiswa diminta untuk menganalisis dan merekomendasikan konfigurasi teknologi kontrol emisi dan/atau sistem pembakaran yang sesuai untuk memenuhi regulasi tersebut. Hasil analisis disusun dalam bentuk laporan singkat atau presentasi slide yang diunggah ke LMS.</p>	<p><b>Materi:</b> Regulasi emisi kendaraan bermotor (lokal dan internasional): Euro, Tier, dan lainnya., Teknologi kontrol emisi pasca-pembakaran: Catalytic Converter (TWC, DOC, DPF), Selective Catalytic Reduction (SCR), Exhaust Gas Recirculation (EGR)., Sistem pembakaran modern untuk efisiensi dan emisi rendah: Injeksi Bahan Bakar Langsung (Direct Injection), Pembakaran Lean, Homogeneous Charge Compression Ignition (HCCI)., Integrasi sistem kontrol emisi dengan manajemen mesin (ECU)., Studi kasus penerapan teknologi pada kendaraan atau mesin industri terkini.</p> <p><b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i></p>	5%

15	Setelah mengikuti pertemuan ini, mahasiswa diharapkan dapat menganalisis dan membandingkan secara kritis karakteristik motor bensin dan diesel, serta merekomendasikan jenis motor yang sesuai untuk aplikasi otomotif tertentu berdasarkan analisis keunggulan dan kelemahannya.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Mampu mengidentifikasi dan membandingkan prinsip kerja dasar motor bensin dan diesel.</li> <li>2.Mampu menganalisis keunggulan dan kelemahan motor bensin dan diesel dari aspek torsi, daya, efisiensi termal, konsumsi bahan bakar, emisi, biaya perawatan, dan harga awal.</li> <li>3.Mampu menganalisis kesesuaian aplikasi motor bensin dan diesel untuk berbagai jenis kendaraan otomotif (misal: city car, SUV, truk, bus) berdasarkan karakteristik operasionalnya.</li> <li>4.Mampu menyajikan rekomendasi pemilihan jenis motor (bensin atau diesel) untuk suatu kasus aplikasi spesifik dengan argumentasi yang didukung analisis teknis.</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipasif, Penilaian Hasil Project / Penilaian Produk	Ceramah interaktif, studi kasus, diskusi kelompok, dan presentasi analisis..	Analisis Studi Kasus dan Presentasi Video, Mahasiswa secara individu atau berkelompok diberikan studi kasus spesifik (misal: memilih mesin untuk armada taksi online di Jakarta atau untuk truk pengangkut barang antar kota). Mereka diminta untuk menganalisis dan membandingkan keunggulan/kelemahan motor bensin dan diesel untuk kasus tersebut, lalu membuat video presentasi singkat (5-7 menit) yang berisi rekomendasi dan argumentasi analisis mereka. Video dan dokumen analisis diunggah ke LMS.	<b>Materi:</b> Review prinsip kerja dan siklus ideal motor bensin (Otto) dan diesel., Parameter perbandingan kinerja: torsi, daya, efisiensi, dan konsumsi bahan bakar spesifik., Analisis keunggulan dan kelemahan: biaya operasional, emisi (CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , partikulat), keandalan, dan responsivitas., Studi kasus aplikasi otomotif: kendaraan penumpang perkotaan, kendaraan niaga, kendaraan performa tinggi, dan kendaraan berat., Faktor pemilihan: pola penggunaan, regulasi emisi, dan pertimbangan ekonomi total. <b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i>	4%
16	Mahasiswa mampu mengidentifikasi jenis-jenis emisi gas buang, menjelaskan teknologi kendali emisi pada kendaraan, serta merancang solusi untuk mengurangi dampak lingkungan dari motor pembakaran dalam sesuai regulasi yang berlaku.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Mampu mengklasifikasikan jenis-jenis polutan dari motor pembakaran dalam</li> <li>2.Mampu menjelaskan prinsip kerja teknologi katalitik konverter dan EGR</li> <li>3.Mampu menganalisis data emisi gas buang sesuai standar Euro/EPA</li> <li>4.Mampu mengevaluasi efektivitas teknologi pengendalian emisi</li> <li>5.Mampu mengusulkan strategi pengurangan dampak lingkungan dari motor pembakaran dalam</li> </ol>	<b>Kriteria:</b> Kesesuaian dengan rubrik penilaian  <b>Bentuk Penilaian :</b> Aktifitas Partisipasif, Tes	Ceramah interaktif, studi kasus, diskusi kelompok, presentasi, dan analisis video teknologi emisi.	Analisis Studi Kasus dan Diskusi Forum Online, Mahasiswa menganalisis studi kasus data emisi kendaraan dan berpartisipasi dalam diskusi forum mengenai efektivitas teknologi pengendalian emisi	<b>Materi:</b> Jenis-jenis polutan emisi gas buang (CO, HC, NO <sub>x</sub> , Partikulat), Dampak lingkungan dan kesehatan dari emisi kendaraan, Regulasi emisi kendaraan (Euro, EPA, Indonesia), Teknologi pengendalian emisi: Catalytic Converter (TWC), EGR, DPF, SCR, Sistem kontrol elektronik emisi (O <sub>2</sub> sensor, ECU), Bahan bakar alternatif dan teknologi hibrida sebagai solusi, Pengujian dan sertifikasi emisi kendaraan <b>Pustaka:</b> <i>Handbook Perkuliahan</i>	3%

#### Rekap Persentase Evaluasi : Case Study

No	Evaluasi	Persentase
1.	Aktifitas Partisipasif	72%
2.	Penilaian Hasil Project / Penilaian Produk	20%
3.	Tes	8%
		100%

#### Catatan

1. **Capaian Pembelajaran Lulusan Prodi (CPL - Prodi)** adalah kemampuan yang dimiliki oleh setiap lulusan prodi yang merupakan internalisasi dari sikap, penguasaan pengetahuan dan ketrampilan sesuai dengan jenjang prodinya yang diperoleh melalui proses pembelajaran.
2. **CPL yang dibebankan pada mata kuliah** adalah beberapa capaian pembelajaran lulusan program studi (CPL-Prodi) yang digunakan untuk pembentukan/pengembangan sebuah mata kuliah yang terdiri dari aspek sikap, ketrampilan umum, ketrampilan khusus dan pengetahuan.
3. **CP Mata kuliah (CPMK)** adalah kemampuan yang dijabarkan secara spesifik dari CPL yang dibebankan pada mata kuliah, dan bersifat spesifik terhadap bahan kajian atau materi pembelajaran mata kuliah tersebut.
4. **Sub-CPMK Mata kuliah (Sub-CPMK)** adalah kemampuan yang dijabarkan secara spesifik dari CPMK yang dapat diukur atau diamati dan merupakan kemampuan akhir yang direncanakan pada tiap tahap pembelajaran, dan bersifat spesifik terhadap materi pembelajaran mata kuliah tersebut.
5. **Indikator penilaian** kemampuan dalam proses maupun hasil belajar mahasiswa adalah pernyataan spesifik dan terukur yang mengidentifikasi kemampuan atau kinerja hasil belajar mahasiswa yang disertai bukti-bukti.
6. **Kreteria Penilaian** adalah patokan yang digunakan sebagai ukuran atau tolok ukur ketercapaian pembelajaran dalam penilaian berdasarkan indikator-indikator yang telah ditetapkan. Kreteria penilaian merupakan pedoman bagi penilai agar penilaian konsisten dan tidak bias. Kreteria dapat berupa kuantitatif ataupun kualitatif.
7. **Bentuk penilaian:** tes dan non-tes.



8. **Bentuk pembelajaran:** Kuliah, Responsi, Tutorial, Seminar atau yang setara, Praktikum, Praktik Studio, Praktik Bengkel, Praktik Lapangan, Penelitian, Pengabdian Kepada Masyarakat dan/atau bentuk pembelajaran lain yang setara.
9. **Metode Pembelajaran:** Small Group Discussion, Role-Play & Simulation, Discovery Learning, Self-Directed Learning, Cooperative Learning, Collaborative Learning, Contextual Learning, Project Based Learning, dan metode lainnya yg setara.
10. **Materi Pembelajaran** adalah rincian atau uraian dari bahan kajian yg dapat disajikan dalam bentuk beberapa pokok dan sub-pokok bahasan.
11. **Bobot penilaian** adalah prosentasi penilaian terhadap setiap pencapaian sub-CPMK yang besarnya proposional dengan tingkat kesulitan pencapaian sub-CPMK tsb., dan totalnya 100%.
12. TM=Tatap Muka, PT=Penugasan terstruktur, BM=Belajar mandiri.