	INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI AL KAMAL **JURUSAN: TEKNIK MESIN** **PROGRAM STUDI: (S1) TEKNIK MESIN**

RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER						
MATA KULIAH (MK)	**KODE**	**Rumpun Mata Kuliah**	**BOBOT (sks)**		**SEMESTER**	**Tgl Penyusunan**
PERPINDAHAN PANAS II	MS3215	TEKNIK MESIN	2	-		01 Januari 2026
OTORISASI/ PENGESAHAN	Agus Subeno, S.T., M.T.		Angga Setiawan, S.T., M.T.		Rahmat Wijaya, S.T., M.T.	

CPL-PRODI yang Dibebankan pada MK	
CPL1	Kemampuan untuk menerapkan pengetahuan matematika, ilmu alam dan/atau material, teknologi informasi dan keteknikan untuk memperoleh pemahaman menyeluruh dari prinsip-prinsip Teknik mesin
CPL2	Kemampuan untuk merancang sistem terintegrasi dengan memenuhi standar yang diperlukan dan berbagai batasan multi aspek serta melibatkan berbagai pemangku kepentingan, dan mengidentifikasi dan/atau memanfaatkan potensi sumber daya lokal, nasional dan global secara berkelanjutan.
CPL3	Kemampuan untuk merancang dan melakukan eksperimen laboratorium dan/atau lapangan dan menganalisis dan menerjemahkan data untuk mendukung proses pengambilan keputusan
CPL4	Kemampuan untuk mengidentifikasi, merumuskan, menganalisis dan menyelesaikan permasalahan kompleks di bidang teknik mesin
CPL5	Kemampuan untuk mengidentifikasi dan menggunakan peralatan modern dalam perancangan, analisa, pengukuran dan produksi
CPL6	Kemampuan untuk berkomunikasi lisan dan tulisan secara efektif.
CPL7	Kemampuan untuk merencanakan, menyelesaikan, dan mengevaluasi tugas dengan memperhatikan batasan yang diberikan
CPL8	Kemampuan untuk bekerja mandiri dan dalam tim multidisiplin dan multibudaya.
CPL9	Kemampuan untuk bertanggungjawab kepada masyarakat, akuntabel, dan menjalankan keinsinyuran dan etika profesi dalam menyelesaikan permasalahan
CPL10	Kemampuan untuk terlibat dalam pembelajaran sepanjang hayat, termasuk akses terhadap pengetahuan yang relevan dari isu-isu terkini.
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	
CPMK1	Mahasiswa dapat menjelaskan dan menerapkan prinsip perpindahan panas lanjut pada sistem konduksi, konveksi, dan radiasi (CPL1).
CPMK2	Mahasiswa dapat menganalisis konduksi transien serta perpindahan panas konveksi paksa dan alamiah menggunakan korelasi yang sesuai (CPL1), (CPL4).

CPMK3	Mahasiswa dapat menganalisis perpindahan panas dengan perubahan fasa pada sistem teknik (CPL4).
CPMK4	Mahasiswa dapat menganalisis, mengevaluasi, dan merancang penukar kalor serta sistem termal pada aplikasi teknik mesin (CPL2), (CPL3), (CPL5), (CPL6).
Kemampuan akhir tiap tahapan belajar (Sub-CPMK)	
Sub-CPMK1	Mahasiswa mampu menganalisis konduksi tunak lanjut dan jaringan tahanan termal (CPMK1)
Sub-CPMK2	Mahasiswa mampu menganalisis konduksi transien menggunakan metode lumped capacitance serta bilangan Biot dan Fourier (CPMK2)
Sub-CPMK3	Mahasiswa mampu menganalisis konveksi paksa internal pada aliran di dalam pipa (CPMK2)
Sub-CPMK4	Mahasiswa mampu menganalisis konveksi paksa eksternal dan konveksi alamiah pada berbagai geometri (CPMK2)
Sub-CPMK5	Mahasiswa mampu menganalisis proses pendidihan dan kondensasi pada sistem termal (CPMK3)
Sub-CPMK6	Mahasiswa mampu menghitung overall heat-transfer coefficient dan menganalisis heat exchanger dengan metode LMTD (CPMK4)
Sub-CPMK7	Mahasiswa mampu mengevaluasi heat exchanger dengan metode efektivitas-NTU dan melakukan sizing awal (CPMK4)
Sub-CPMK8	Mahasiswa mampu merancang dan mengevaluasi aplikasi perpindahan panas industri, termasuk heat exchanger dan insulasi termal (CPMK4)
Deskripsi Singkat MK	Mata kuliah ini membahas analisis lanjut perpindahan panas pada sistem teknik mesin, meliputi konduksi tunak dan transien, konveksi paksa internal dan eksternal, konveksi alamiah, perpindahan panas dengan perubahan fasa, analisis dan perancangan penukar kalor menggunakan metode LMTD dan efektivitas-NTU, radiasi termal, serta aplikasi insulasi termal. Pembelajaran dilakukan melalui kuliah, diskusi, latihan perhitungan, dan studi kasus teknik.
Bahan Kajian: Materi Pembelajaran	• Konduksi tunak lanjut dan tahanan termal • Konduksi transien • Konveksi paksa internal • Konveksi paksa eksternal dan konveksi alamiah • Boiling dan condensation • Heat exchanger: overall heat-transfer coefficient dan LMTD • Heat exchanger: effectiveness-NTU dan sizing • Radiasi dan insulasi termal
Pustaka	Utama: • 1 Incropera, F.P. et al. - Fundamentals of Heat and Mass Transfer - Wiley • 2 Cengel, Y.A. & Ghajar, A.J. - Heat and Mass Transfer: Fundamentals & Applications - McGraw-Hill • 3 Holman, J.P. - Heat Transfer - McGraw-Hill Pendukung: • 4 Kern, D.Q. - Process Heat Transfer - McGraw-Hill • 5 Kakaç, S. et al. - Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design - CRC Press • 6 Shah, R.K. & Sekulic, D.P. - Fundamentals of Heat Exchanger Design - Wiley
Dosen Pengampu	Diisi oleh Program Studi
Mata Kuliah Syarat	Perpindahan Panas I

Mg ke-	Kemampuan akhir tiap tahapan belajar (Sub.CPMK)	Penilaian		Bentuk Pembelajaran; Metode Pembelajaran; Penugasan Mahasiswa; [Estimasi Waktu]		Materi Pembelajaran (Pustaka)	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria & Teknik	Luring	Daring		
1	Sub-CPMK-1: Menganalisis konduksi steady state, resistansi termal, dinding komposit, dan sirip.	Ketepatan menerapkan Hukum Fourier; menghitung tahanan termal, laju panas, temperatur antarmuka, efisiensi sirip.	Kriteria: pemahaman konsep & ketepatan hitungan. Teknik: diskusi, tanya jawab, kuis.	Kuliah, diskusi, latihan [TM: 2x50 menit]	Tugas 1: Analisis dinding komposit dan sirip LMS	Konduksi steady state; Hukum Fourier; resistansi termal; dinding datar/komposit; fin & efisiensi termal. [1][2][3]	3
2	Sub-CPMK-2: Menganalisis konduksi transien dengan lumped capacitance, solusi deret 1-D, dan metode numerik.	Ketepatan menentukan Bi/Fo; validitas lumped method; temperatur terhadap waktu; skema numerik.	Kriteria: konsep & analisis. Teknik: diskusi, kuis, soal hitungan.	Kuliah, diskusi, latihan [TM: 2x50 menit]	Tugas 2: Pendinginan/pemanasan transien LMS	Konduksi transien; lumped capacitance; solusi deret Fourier 1-D; metode beda hingga eksplisit/implisit. [1][2]	3
3	Sub-CPMK-3: Menganalisis konveksi paksa internal pada pipa dan saluran tertutup.	Ketepatan menentukan Re, Pr, Nu, h; memilih korelasi; menganalisis entrance region.	Kriteria: pemilihan korelasi & hitungan. Teknik: kuis/latihan.	Kuliah, diskusi [TM: 2x50 menit]	Tugas 3: Internal forced convection LMS	Aliran laminar/turbulen; Reynolds; Nusselt; Dittus-Boelter/Gnielinski; entry & f ully developed flow. [1][2][3]	3
4	Sub-CPMK-4: Menganalisis konveksi paksa eksternal pada berbagai geometri.	Ketepatan menganalisis boundary layer, Re/Nu/h dan memilih korelasi untuk pelat, silinder, bola.	Kriteria: konsep & korelasi. Teknik: diskusi, kuis.	Kuliah, studi kasus [TM: 2x50 menit]	Tugas 4: Pelat datar, silinder, bola LMS	Pelat datar; silinder cross-flow; Churchill-Bernstein; bola & geometri lain; Whitaker. [1][2]	3
5	Sub-CPMK-5: Menganalisis konveksi bebas akibat gaya apung.	Ketepatan menentukan Gr, Ra, Nu dan h; memilih korelasi berdasarkan geometri dan rezim.	Kriteria: analisis. Teknik: kuis/latihan.	Kuliah, diskusi [TM: 2x50 menit]	Tugas 5: Natural convection LMS	Konveksi bebas; buoyancy; Grashof; Rayleigh; korelasi pelat, silinder, bola. [1][2]	3
6	Sub-CPMK-6: Menganalisis proses pendidihan dan rezim boiling.	Ketepatan menjelaskan pool/flow boiling; Nukiyama curve; CHF; Leidenfrost; penggunaan korelasi.	Kriteria: konsep & hitungan. Teknik: diskusi, kuis.	Kuliah, diskusi [TM: 2x50 menit]	Tugas 6: Analisis boiling LMS	Pool & flow boiling; nucleate/transition/film boiling; CHF; Rohsenow, Chen, Zuber. [1][2][3]	5
7	Sub-CPMK-7: Menganalisis perpindahan panas kondensasi.	Ketepatan menganalisis film/dropwise condensation dan kondensasi pada pipa/bundel.	Kriteria: konsep & hitungan. Teknik: kuis.	Kuliah, diskusi [TM: 2x50 menit]	Tugas 7: Kondensasi film & tube bundle LMS	Teori Nusselt; kondensasi film/tetes; permukaan vertikal; pipa horizontal; tube bundle. [1][2][3]	5
8	UTS / Ujian Tengah Semester					Materi pertemuan 1-7	20
9	Sub-CPMK-8: Mengidentifikasi jenis heat exchanger dan mengevaluasi performa dasar.	Ketepatan memilih tipe HE; menghitung overall U; menilai fouling dan efektivitas.	Kriteria: analisis & aplikasi. Teknik: diskusi/studi kasus.	Kuliah, studi kasus [TM: 2x50 menit]	Tugas 8: Pemilihan jenis HE LMS	Shell-and-tube; plate; double-pipe; compact HE; overall U; fouling; performa. [1][2][4]	4
10	Sub-CPMK-9: Merancang dan mengevaluasi heat exchanger dengan metode LMTD.	Ketepatan menghitung LMTD, correction factor F, heat duty dan luas perpindahan panas.	Kriteria: desain & hitungan. Teknik: kuis/latihan.	Kuliah, latihan desain [TM: 2x50 menit]	Tugas 9: Sizing HE dengan LMTD LMS	Parallel/counter flow; LMTD; faktor koreksi multi-pass/cross-flow; aplikasi HE. [1][2][4]	4

Mg ke-	Kemampuan akhir tiap tahapan belajar (Sub.CPMK)	Penilaian		Bentuk Pembelajaran; Metode Pembelajaran; Penugasan Mahasiswa; [Estimasi Waktu]		Materi Pembelajaran (Pustaka)	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria & Teknik	Luring	Daring		
11	Sub-CPMK-10: Mengevaluasi heat exchanger dengan metode effectiveness-NTU.	Ketepatan menentukan Cmin/Cmax/Cr, NTU, effectiveness dan heat duty.	Kriteria: desain & evaluasi. Teknik: kuis.	Kuliah, latihan [TM: 2x50 menit]	Tugas 10: Studi kasus epsilon-NTU LMS	Effectiveness; heat-capacity rate; NTU; parallel/counter/cross-flow; rating & design. [1][2][5][6]	4
12	Sub-CPMK-11: Menganalisis dasar radiasi termal dan sifat radiatif permukaan.	Ketepatan menerapkan Planck, Stefan-Boltzmann, emisivitas, absorptivitas dan Kirchhoff.	Kriteria: konsep & hitungan. Teknik: diskusi, kuis.	Kuliah, diskusi [TM: 2x50 menit]	Tugas 11: Analisis radiasi termal LMS	Radiasi termal; benda hitam; Planck; Stefan-Boltzmann; emisivitas; absorptivitas; Kirchhoff. [1][2]	4
13	Sub-CPMK-12: Menganalisis view factor dan pertukaran radiasi antar permukaan.	Ketepatan menentukan view factor; reciprocity/summation; heat exchange netto gray body.	Kriteria: analisis. Teknik: kuis/latihan.	Kuliah, latihan [TM: 2x50 menit]	Tugas 12: View factor enclosure LMS	View factor; relasi resiprokal; aturan penjumlahan; pertukaran radiasi netto; gray body. [1][2]	4
14	Sub-CPMK-13: Menganalisis analogi perpindahan panas dan massa.	Ketepatan menerapkan Hukum Fick; Re, Sc, Sh; menghitung koefisien perpindahan massa kc.	Kriteria: konsep & korelasi. Teknik: diskusi, kuis.	Kuliah, diskusi [TM: 2x50 menit]	Tugas 13: Difusi & konveksi massa LMS	Hukum Fick; difusivitas; konveksi massa; analogi panas-massa; Sherwood, Reynolds, Schmidt. [1][2]	5
15	Sub-CPMK-14: Mengevaluasi aplikasi industri dan optimasi sistem termal serta perkembangan teknologi panas.	Ketepatan mengintegrasikan teori; mengevaluasi efisiensi energi, heat loss, biaya dan alternatif teknologi.	Kriteria: analisis, desain & komunikasi. Teknik: presentasi/laporan.	Studi kasus, presentasi [TM: 2x50 menit]	Tugas 14: Studi kasus industri & optimasi sistem termal LMS	Pembangkit listrik; kilang minyak; pabrik kimia; optimasi termal; efisiensi energi; inovasi material, HE & cooling. [1][2][4][5]	5
16	UAS / Ujian Akhir Semester					Materi pertemuan 9-15	30

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 prodi-nya yang diperoleh melalui proses pembelajaran.
2 **CPL y**ang 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, keterampilan umum, keterampilan 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, jumlah CPMK adalah 5 sampai dengan 8.
4 **Sub-CP 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 **Kriteria Penilaian** adalah patokan yang digunakan sebagai ukuran atau tolok ukur ketercapaian pembelajaran dalam penilaian berdasarkan indikator-indikator yang telah ditetapkan. Kriteria penilaian merupakan pedoman bagi penilai agar penilaian konsisten dan tidak bias. Kriteria 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 **Materi Pembelajaran** adalah rincian atau uraian dari bahan kajian yg dapat disajikan dalam bentuk beberapa pokok dan sub-pokok bahasan
10 **Bobot penilaian** adalah persentase penilaian terhadap setiap pencapaian sub-CPMK yang besarnya proposional dengan tingkat kesulitan pencapaian sub-CPMK tersebut, dan totalnya 100%.
11 TM=Tatap Muka, PT=Penugasan Terstuktur, BM=Belajar Mandiri, P= Pratikum

RUBRIK PENILAIAN

Aspek Penilaian	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Kurang (1)
Ketepatan Jawaban / Analisis	Jawaban tepat, analisis mendalam dan sistematis	Jawaban tepat, analisis cukup baik	Jawaban sebagian tepat, analisis kurang mendalam	Jawaban tidak tepat, analisis tidak sistematis
Pemahaman Konsep	Menguasai konsep secara menyeluruh dan mampu mengaitkan antar konsep	Menguasai sebagian besar konsep yang relevan	Menguasai konsep dasar saja	Tidak menguasai konsep yang diujikan
Kemampuan Komunikasi (Lisan/Tulisan)	Penyampaian jelas, terstruktur, dan mudah dipahami	Penyampaian cukup jelas dan terstruktur	Penyampaian kurang jelas atau kurang terstruktur	Penyampaian tidak jelas dan tidak terstruktur
Ketepatan Waktu Pengumpulan	Mengumpulkan tepat waktu sesuai jadwal	Terlambat maksimal 1 hari	Terlambat 2-3 hari	Terlambat lebih dari 3 hari
Kerjasama Tim (untuk tugas kelompok)	Aktif berkontribusi dan bekerja sama dengan sangat baik	Cukup aktif berkontribusi dalam tim	Kurang aktif berkontribusi dalam tim	Tidak berkontribusi dalam tim