

	UNIVERSITAS SUMATERA UTARA FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM PROGRAM STUDI SARJANA MATEMATIKA					Kode Dokumen
RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)						
MATA KULIAH (MK)	KODE	Rumpun MK	BOBOT (SKS)		SEMESTER	Tanggal Penyusunan
PROGRAM DINAMIK	MAT4270	Mata Kuliah Pilihan Prodi	Teori = 2	Praktik = 0	VIII	10 Agustus 2026
OTORISASI	Pengembang RPS	Ketua Program Studi			Ketua LINKUP USU	
	Dr. Mimmy Sari Syah Putri, M.Si	Dr. Mimmy Sari Syah Putri, M.Si			DirPPUSU	
Capaian Pembelajaran	CPL-PRODI yang dibebankan pada MK					
	CPL02	Memiliki sikap tanggung jawab, percaya diri, etika, dan bermoral.				
	CPL03	Memiliki kemampuan analitik dan berpikir kritis, logis, dan sistematis dalam melakukan penyelesaian permasalahan matematika.				
	CPL04	Mampu mengaplikasikan pengetahuan matematis yang diperoleh selama perkuliahan ke dalam dunia kerja.				
	CPL11	Mampu berkolaborasi, beradaptasi, dan menjadi pembelajar sepanjang hayat.				
	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)					
	Kode CPMK	Deskripsi CPMK				Bobot CPMK (%)
	CPMK1	Mahasiswa mampu menjelaskan prinsip dasar program dinamik, prinsip optimalitas, konsep stage-state-decision, formulasi rekursif, serta representasi masalah jalur (C2-C3).				20%
	CPMK2	Mahasiswa mampu menerapkan program dinamik untuk masalah deterministik seperti penggantian peralatan, alokasi sumber daya, lintasan terpendek, Traveling Salesman Problem, pemuatan muatan, dan kontrol optimal waktu diskrit (C3).				30%
	CPMK3	Mahasiswa mampu menganalisis dan membandingkan model program dinamik deterministik dan stokastik, termasuk masalah jalur stokastik, sistem persediaan dinamis, proses keputusan Markovian, serta dinamika linier dengan kriteria kuadratik (C4-C5).				25%
	CPMK4	Mahasiswa mampu merancang dan mengomunikasikan solusi program dinamik terhadap kasus nyata melalui Case Method dan Project Based Learning secara kolaboratif, dengan penggunaan perangkat digital dan AI generatif secara kritis, transparan, etis, dan terverifikasi (C5-C6).				25%
	Kemampuan Akhir Tiap Tahapan Belajar (Sub-CPMK)					

	7. Proses Keputusan Markovian dan Masalah Stokastik Lanjutan - Markovian decision processes - Stochastic problems with linear dynamics and quadratic criteria - Optimization problems involving learning 8. Analisis penerapan Program Dinamik pada berbagai permasalahan optimisasi bertahap.
PUSTAKA	UTAMA: 1. Dreyfuse, Stuart E. (1977). The Art and Theory of Dynamic Programming. Mathematics in Science and Engineering, Vol. 130. Academic Press, Inc. (London) Ltd. 2. Bellman, Richard E. and Dreyfus, Stuart E. (1962). Applied Dynamic Programming. Prineeten University Press, London: Oxford University Press. 3. Wirabhuana, A. (2009). Lecture Note Introduction to Industrial and System Dynamics. Department of Industrial Engineering, Faculty of Science and Technology, Sunan Kalijaga State Islamic University. 4. Bellman, Richard. (1972). Dynamic Programming. Princeton University Press, Pringeton, New Jersey.
	PENDUKUNG: 1. Bertsekas, D. P. (2017). Dynamic Programming and Optimal Control. Athena Scientific. 2. Puterman, M. L. (1994). Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming. John Wiley & Sons. 3. Ross, S. M. (2014). Introduction to Probability Models. Academic Press.
Dosen Pengampu	Mimmy Sari Syah Putri, S.Si., M.Si.; Rosman Siregar
Matakuliah syarat	Tidak ada

Minggu ke-	Kemampuan Akhir yang Diharapkan (Sub-CPMK)	Penilaian		Bentuk Pembelajaran; Metode Pembelajaran; Penugasan Mahasiswa [Estimasi Waktu]		Bahan Kajian (Materi Pembelajaran)	SDGS 8	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria dan Bentuk	Asinkronus	Sinkrons			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(9)
1	Sub-CPMK 1: Mampu menjelaskan prinsip optimalitas, stage-state-decision, formulasi rekursif, dan elementary path problem (C2-C3).	1. Ketepatan menjelaskan prinsip optimalitas dan terminologi stage, state, decision, policy. 2. Ketepatan menyusun formulasi rekursif sederhana. 3. Ketepatan menyelesaikan elementary path problem dan memeriksa kebijakan optimal.	Kriteria: Rubrik Penilaian Tugas Bentuk: Tugas 1 individu (non-tes).	BM [(1 x (2 x 60 menit))]: membaca RPS, bahan ajar, dan contoh elementary path problem. PT [(1 x (2 x 60 menit))]: Tugas 1 - menyusun state-stage, fungsi rekursif, dan tabel keputusan. AI boleh digunakan untuk penjelasan alternatif, tetapi formulasi dan hasil wajib diverifikasi serta penggunaan AI dicatat. Moda: LMS USU.	TM [(1 x (2 x 50 menit))]: orientasi, prinsip optimalitas, stage-state-decision, formulasi rekursif, dan diskusi contoh. Media: PPT, papan tulis, LMS. Metode: Discovery Learning.	1. Dasar Program Dinamik dan Elementary Path Problem: - Prinsip optimalitas - Stage, state, decision, policy - Formulasi rekursif - Forward dynamic programming - Elementary path problem	SDG 4, SDG 9	Tugas: 5%
2-3	Sub-CPMK 2: Mampu memformulasikan dan menyelesaikan equipment replacement dan resource allocation dengan program dinamik (C3-C4).	1. Ketepatan menentukan state, stage, keputusan, biaya/manfaat, dan horizon. 2. Ketepatan menyusun persamaan rekursif untuk penggantian peralatan dan alokasi sumber daya. 3. Ketepatan menafsirkan kebijakan optimal dan asumsi model.	Kriteria: Rubrik Penilaian Quiz Bentuk: Kuis 1 (tes) dan latihan formatif.	BM [(2 x (2 x 60 menit))]: latihan model equipment replacement dan resource allocation. PT [(2 x (2 x 60 menit))]: menyelesaikan tabel rekursif dan membandingkan kebijakan. Kuis dilaksanakan tanpa AI kecuali dosen menetapkan lain. Moda: LMS USU.	TM [(2 x (2 x 50 menit))]: formulasi, penyelesaian, diskusi asumsi, dan interpretasi kebijakan. Media: PPT, papan tulis, LMS. Metode: Guided Discovery & Problem Solving.	2. Equipment Replacement dan Resource Allocation: - Simplest replacement model - Shortest-path representation - Regeneration point approach - Resource allocation - Kebijakan optimal	SDG 4, SDG 8, SDG 12	Kuis: 5%

Minggu ke-	Kemampuan Akhir yang Diharapkan (Sub-CPMK)	Penilaian		Bentuk Pembelajaran; Metode Pembelajaran; Penugasan Mahasiswa [Estimasi Waktu]		Bahan Kajian (Materi Pembelajaran)	SDGS 8	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria dan Bentuk	Asinkronus	Sinkrons			
		(3)	(4)	(5)	(6)			
4-5	Sub-CPMK 3: Mampu menerapkan dan membandingkan shortest path, Traveling Salesman Problem, dan cargo-loading problem dengan formulasi program dinamik (C3-C4).	1. Ketepatan membangun state dan recurrence untuk shortest path/TSP/cargo loading. 2. Ketepatan perhitungan dan penelusuran kebijakan optimal. 3. Kemampuan membandingkan struktur masalah dan keterbatasan formulasi.	Kriteria: Rubrik Penilaian Tugas Bentuk: Tugas 2 individu (non-tes).	BM [(2 x (2 x 60 menit))]: latihan shortest path, TSP, dan cargo loading. PT [(2 x (2 x 60 menit))]: Tugas 2 - memformulasikan dan menyelesaikan minimal dua model serta memverifikasi kebijakan. AI boleh membantu membuat contoh atau pemeriksaan awal; semua langkah wajib diverifikasi. Moda: LMS USU.	TM [(2 x (2 x 50 menit))]: pembahasan recurrence, perbandingan model, latihan, dan diskusi solusi. Media: PPT, papan tulis, LMS. Metode: Collaborative Learning & Problem Solving.	3. Shortest Path, TSP, dan Cargo Loading: - General shortest path problem - Traveling Salesman Problem - Cargo-loading problem - Formulasi dan perbandingan kebijakan	SDG 4, SDG 9, SDG 12	Tugas: 5%
6-7	Sub-CPMK 4: Mampu menganalisis masalah dinamika linier dengan kriteria kuadratik dan discrete-time optimal control menggunakan program dinamik (C3-C5).	1. Ketepatan menyusun model state transition dan objective/criterion. 2. Ketepatan menerapkan backward recursion/prinsip optimalitas. 3. Kualitas analisis terhadap pengaruh parameter dan horizon keputusan.	Kriteria: Rubrik Penilaian CM/PBL Bentuk: Case Method 1 - studi kasus kelompok (non-tes).	BM [(2 x (2 x 60 menit))]: kajian dinamika linier, kriteria kuadratik, dan kontrol optimal diskrit. PT [(2 x (2 x 60 menit))]: CM 1 - menganalisis kasus kontrol/keputusan multi-tahap, membandingkan alternatif, dan mempertanggungjawabkan kebijakan. AI boleh digunakan untuk brainstorming atau pengecekan aljabar dengan deklarasi penggunaan. Moda: LMS USU.	TM [(2 x (2 x 50 menit))]: fungsi nilai, backward recursion, diskusi kasus, dan peer review. Media: PPT, papan tulis, LMS. Metode: Case Method.	4. Dinamika Linier dan Kontrol Optimal: - Linear dynamics - Quadratic criteria - Discrete-time optimal-control problems - Value function dan backward recursion	SDG 4, SDG 9	CM: 10%
8	UJIAN TENGAH SEMESTER (UTS)							15%
9-10	Sub-CPMK 5: Mampu menganalisis stochastic path problem dan stochastic equipment inspection/replacement model berdasarkan probabilitas transisi dan expected cost (C3-C5).	1. Ketepatan mendefinisikan state, probabilitas transisi, biaya, dan keputusan. 2. Ketepatan menghitung expected cost/value dan kebijakan. 3. Kemampuan mengevaluasi risiko, asumsi, dan sensitivitas kebijakan.	Kriteria: Rubrik Penilaian CM/PBL Bentuk: Case Method 2 - laporan dan presentasi kelompok (non-tes).	BM [(2 x (2 x 60 menit))]: kajian model stokastik dan latihan expected value. PT [(2 x (2 x 60 menit))]: CM 2 - memilih model, menyusun probabilitas/biaya, menghitung kebijakan, dan melakukan analisis sensitivitas. AI boleh membantu eksplorasi skenario; probabilitas, rumus, dan kesimpulan wajib diverifikasi. Moda: LMS USU.	TM [(2 x (2 x 50 menit))]: stochastic dynamic programming, expected cost, evaluasi kebijakan, dan diskusi kasus. Media: PPT, papan tulis, LMS. Metode: Case Method & Small Group Discussion.	5. Masalah Stokastik Jalur dan Peralatan: - Stochastic path problems - Stochastic equipment inspection - Replacement models - Expected cost dan sensitivitas	SDG 8, SDG 9, SDG 12	CM: 15%

Minggu ke- (1)	Kemampuan Akhir yang Diharapkan (Sub-CPMK) (2)	Penilaian		Bentuk Pembelajaran; Metode Pembelajaran; Penugasan Mahasiswa [Estimasi Waktu]		Bahan Kajian (Materi Pembelajaran) (7)	SDGS 8	Bobot Penilaian (%) (9)	
		Indikator	Kriteria dan Bentuk	Asinkronus	Sinkrons				
		(3)	(4)	(5)	(6)				
11-12	Sub-CPMK 6: Mampu memformulasikan dan mengevaluasi dynamic inventory system, special-cost inventory model, dan Markovian decision process (C3-C5).	1. Ketepatan merumuskan state persediaan, keputusan, transisi, dan biaya. 2. Ketepatan mengevaluasi kebijakan persediaan dan proses keputusan Markovian. 3. Kualitas argumentasi, verifikasi, dan analisis sensitivitas kebijakan.	Kriteria: Rubrik Penilaian CM/PBL Bentuk: PBL - Milestone 1 (proposal, model, dan rancangan penyelesaian).	BM [(2 x (2 x 60 menit))]: kajian referensi dan perumusan proyek. PT [(2 x (2 x 60 menit))]: PBL Milestone 1 - memilih kasus persediaan/MDP, menyusun state-action-transition-cost, recurrence/Bellman equation, dan rencana verifikasi. AI boleh digunakan untuk review struktur model; prompt penting dan koreksi wajib didokumentasikan. Moda: LMS USU.	TM [(2 x (2 x 50 menit))]: sistem inventaris dinamis, special cost assumptions, MDP, dan klinik proyek. Media: PPT, papan tulis, LMS. Metode: Project Based Learning.	6. Sistem Inventaris Dinamis dan MDP: - Dynamic inventory systems - Special cost assumptions - Markovian decision processes - Kebijakan dan sensitivitas	SDG 8, SDG 9, SDG 12	PBL: 10%	
13-14	Sub-CPMK 7: Mampu mengintegrasikan model stokastik dengan dinamika linier/kriteria kuadratik dan optimization problems involving learning dalam proyek berbasis kasus (C4-C6).	1. Ketepatan memilih formulasi dan kriteria keputusan. 2. Ketepatan membandingkan kebijakan/alternatif di bawah ketidakpastian. 3. Kualitas verifikasi, sensitivitas, dan interpretasi hasil proyek.	Kriteria: Rubrik Penilaian CM/PBL Bentuk: PBL - Milestone 2 (penyelesaian, verifikasi, dan laporan sementara).	BM [(2 x (2 x 60 menit))]: pengembangan proyek dan kajian hasil. PT [(2 x (2 x 60 menit))]: PBL Milestone 2 - menyelesaikan model, membandingkan kebijakan, melakukan verifikasi dan sensitivitas, serta merevisi berdasarkan umpan balik. AI dapat digunakan untuk alternatif penjelasan/pengecekan, tetapi tidak menggantikan penalaran utama. Moda: LMS USU.	TM [(2 x (2 x 50 menit))]: stochastic linear dynamics, quadratic criteria, learning, konsultasi proyek, dan peer review. Media: PPT, papan tulis, LMS. Metode: Project Based Learning.	7. Masalah Stokastik Lanjutan: - Stochastic linear dynamics - Quadratic criteria - Optimization involving learning - Verifikasi dan sensitivitas	SDG 4, SDG 9, SDG 12	PBL: 10%	
15	Sub-CPMK 7: Mampu mendokumentasikan, mempresentasikan, dan mempertanggungjawabkan proyek Program Dinamik secara ilmiah, kolaboratif, dan berintegritas (C5-C6).	1. Kejelasan perumusan masalah, state-stage-decision, dan fungsi objektif. 2. Ketepatan formulasi rekursif, kebijakan optimal, dan verifikasi. 3. Kemampuan menjawab pertanyaan dan menjelaskan kontribusi anggota. 4. Transparansi sumber, alat digital, dan penggunaan AI.	Kriteria: Rubrik Penilaian CM/PBL Bentuk: PBL - finalisasi dan presentasi proyek.	BM [(1 x (2 x 60 menit))]: finalisasi laporan dan slide. PT [(1 x (2 x 60 menit))]: menyusun paket akhir proyek: model, tabel/perhitungan, perbandingan kebijakan, verifikasi, refleksi SDGs, dan deklarasi penggunaan AI bila ada. Moda: LMS USU.	TM [(1 x (2 x 50 menit))]: presentasi, tanya jawab, peer review, dan refleksi integritas akademik. Media: PPT, papan tulis, LMS. Metode: Project Based Learning & Presentation.	Presentasi Proyek Program Dinamik: - Formulasi model - Kebijakan optimal - Verifikasi dan sensitivitas - Relevansi SDGs - Transparansi penggunaan AI	SDG 4, SDG 9, SDG 16	PBL: 5%	
16	UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS)								20%

Catatan sesuai dengan SN Dikti Permendikbud No 3/2020:

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-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. 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. Teknik penilaian: tes dan non-tes.
8. Bentuk pembelajaran pada mata kuliah ini: Kuliah, Responsi/Tutorial, Diskusi, Presentasi, Case Method, Project Based Learning, dan bentuk pembelajaran teori 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. Mata kuliah Program Dinamik seluruhnya dialokasikan sebagai teori (Teori = 2 SKS; Praktik = 0 SKS).

RENCANA ASESMEN

Bentuk Evaluasi	Sub-CPMK	Instrumen Penilaian [Frekuensi]		Tagihan (bukti)	Bobot Penilaian (%)
		Formatif	Sumatif		
Tugas Individu	Sub-CPMK 1, 3	Umpan balik [2 kali]	Rubrik Tugas [2 kali]	Lembar formulasi, tabel/perhitungan, verifikasi, dan catatan AI bila digunakan	10%
Kuis/Post-test	Sub-CPMK 2	Umpan balik [1 kali]	Rubrik Quiz [1 kali]	Jawaban kuis di LMS/lembar jawaban	5%
Case Method (CM)	Sub-CPMK 4-5	Umpan balik dan diskusi kasus [2 kali]	Rubrik CM/PBL [2 kasus]	Analisis kasus, formulasi model, tabel perhitungan, laporan, dan presentasi	25%
Project Based Learning (PBL)	Sub-CPMK 6-7	Umpan balik berkala [3 milestone]	Rubrik CM/PBL [1 proyek]	Proposal, model, tabel/perhitungan, verifikasi/sensitivitas, laporan, slide, dan deklarasi AI	25%
Ujian Tengah Semester	Sub-CPMK 1-4	Umpan balik [1 kali]	Rubrik Ujian Esai [1 kali]	Lembar jawaban/berkas	15%
Ujian Akhir Semester	Sub-CPMK 5-7	Umpan balik [1 kali]	Rubrik Ujian Esai [1 kali]	Lembar jawaban/berkas	20%
Total					100%

Penjelasan:

1. Tugas 10% - Dua tugas individu masing-masing 5% untuk menilai ketepatan identifikasi stage-state-decision, formulasi rekursif, perhitungan tabel, penelusuran kebijakan optimal, verifikasi, dan kemampuan menjelaskan solusi.
2. Kuis 5% - Satu kuis untuk mengukur penguasaan equipment replacement, resource allocation, formulasi state/decision, dan interpretasi kebijakan. AI tidak digunakan pada kuis kecuali dosen menetapkan lain.

3. Case Method (CM) 25% - Dua studi kasus terstruktur (10% dan 15%) yang menilai kemampuan merumuskan model keputusan bertahap, memilih formulasi, menganalisis alternatif deterministik/stokastik, melakukan sensitivitas, dan memberi rekomendasi yang dapat dipertanggungjawabkan.
4. Project Based Learning (PBL) 25% - Satu proyek kelompok bertahap (milestone 10% + 10% + finalisasi/presentasi 5%) yang menilai perumusan masalah, state-action-transition-cost/reward, persamaan Bellman/rekursif, penentuan kebijakan, verifikasi, sensitivitas, dokumentasi, kolaborasi, dan komunikasi ilmiah.
5. UTS 15% - Ujian mencakup Sub-CPMK 1-4. Penggunaan AI tidak diperkenankan kecuali dosen secara eksplisit menetapkan ujian terbuka berbantuan alat.
6. UAS 20% - Ujian mencakup Sub-CPMK 5-7. Penggunaan AI tidak diperkenankan kecuali dosen secara eksplisit menetapkan ujian terbuka berbantuan alat. Pada Tugas, CM, dan PBL, penggunaan AI harus transparan dan seluruh keluaran wajib diverifikasi.

RUBRIK PENILAIAN

Rubrik Penilaian Quiz (Post-test)

Nilai per butir soal	Kriteria
4 (>81)	Jawaban tepat dan lengkap; konsep stage-state-decision, formulasi rekursif, perhitungan, kebijakan optimal, dan interpretasi benar serta konsisten.
3 (71-80)	Konsep dan langkah utama benar; terdapat sedikit kekeliruan pada detail formulasi, perhitungan, atau interpretasi kebijakan.
2 (60-70)	Sebagian langkah benar, tetapi terdapat beberapa kesalahan konsep atau perhitungan yang memengaruhi kualitas hasil.
1 (<60)	Konsep/formulasi utama kurang tepat; penyelesaian tidak selesai atau tidak menunjukkan pemahaman Program Dinamik yang memadai.

Skor kuis = jumlah nilai per butir soal / banyak soal (skor maksimal = 100)

Rubrik Penilaian Case Method (CM) dan Project Based Learning (PBL)

KATEGORI	4 Sangat Baik	3 Baik	2 Cukup	1 Kurang	Nilai
	> 81	71 -80	60 – 70	< 60	
Perumusan Masalah, State, dan Tujuan	Masalah, horizon/stage, state, keputusan, parameter, asumsi, fungsi objektif, dan kriteria keberhasilan dirumuskan sangat jelas serta relevan dengan konteks kasus/proyek.	Perumusan masalah dan model jelas dengan kekurangan kecil pada asumsi, state/decision, atau kriteria keberhasilan.	Masalah cukup teridentifikasi tetapi stage/state/decision, asumsi, atau tujuan belum lengkap.	Masalah dan struktur keputusan tidak jelas atau tidak sesuai konteks.	
Ketepatan Formulasi dan Pemilihan Metode	Formulasi program dinamik sangat tepat; recurrence/Bellman equation, boundary condition, serta alasan pemilihan metode dijelaskan kuat dan konsisten.	Formulasi dan metode tepat; terdapat kekurangan kecil pada argumentasi atau kondisi batas.	Formulasi cukup sesuai tetapi alasan pemilihan lemah atau terdapat bagian recurrence yang belum tepat.	Formulasi/metode tidak sesuai atau tidak dapat dipertanggungjawabkan.	
Perhitungan, Kebijakan, dan Verifikasi	Tabel/perhitungan benar, kebijakan optimal ditelusuri dengan tepat, dan hasil diverifikasi melalui perhitungan ulang, pembanding, atau pengecekan konsistensi yang relevan.	Perhitungan dan kebijakan benar serta verifikasi memadai dengan kekurangan kecil pada dokumentasi.	Perhitungan hanya sebagian benar atau verifikasi terbatas sehingga keandalan kebijakan belum kuat.	Perhitungan/kebijakan tidak sesuai dan hasil tidak diverifikasi.	
Analisis Sensitivitas dan Interpretasi	Pengaruh parameter, asumsi, horizon, ketidakpastian, dan trade-off dianalisis kritis; kebijakan diinterpretasikan secara kontekstual dan batas model dijelaskan.	Analisis sensitivitas dan interpretasi baik dengan beberapa detail yang belum mendalam.	Analisis sensitivitas hanya sebagian dan interpretasi masih deskriptif.	Tidak ada analisis yang memadai atau interpretasi bertentangan dengan hasil.	
Kolaborasi, Dokumentasi, dan Komunikasi	Kontribusi anggota jelas, dokumentasi lengkap dan reproduktif, presentasi sistematis, serta kelompok mampu menjawab pertanyaan dengan argumentasi kuat.	Kolaborasi dan komunikasi baik; dokumentasi cukup lengkap dengan kekurangan kecil.	Pembagian kerja atau dokumentasi kurang jelas; presentasi/argumentasi masih terbatas.	Kolaborasi lemah, dokumentasi tidak memadai, atau kelompok tidak mampu mempertanggungjawabkan hasil.	
Perangkat Lunak dan AI Generatif	Perangkat lunak/AI digunakan proporsional sebagai alat bantu; prompt penting, koreksi, dan peran AI dinyatakan transparan; seluruh keluaran diverifikasi dan mahasiswa mampu menjelaskan hasil tanpa bergantung pada AI.	Penggunaan alat sesuai dan dinyatakan; sebagian besar keluaran diverifikasi dengan dokumentasi yang cukup.	Penggunaan alat cukup dominan, dokumentasi AI kurang lengkap, atau verifikasi hanya sebagian.	Keluaran perangkat lunak/AI diterima tanpa verifikasi, penggunaan AI disembunyikan, atau AI menggantikan penalaran utama mahasiswa.	

Catatan: Penggunaan AI generatif tidak menggantikan penalaran, formulasi recurrence/Bellman equation, perhitungan, verifikasi, atau tanggung jawab akademik mahasiswa. Mahasiswa wajib dapat menjelaskan dan mempertanggungjawabkan seluruh hasil yang diserahkan.

Rubrik Penilaian Ujian Esai

Kategori	Sangat Baik > 81	Baik 71 -80	Cukup 60 – 70	Kurang < 60	Nilai
Pemahaman terhadap Pertanyaan	Memahami pertanyaan dengan tepat sekali	Memahami pertanyaan	Tidak memahami pertanyaan secara penuh dan tepat	Tidak memahami pertanyaan	
Isi	Jawaban menunjukkan pemahaman mendalam terhadap prinsip Program Dinamik; formulasi state-stage-decision, recurrence/Bellman equation, perhitungan, kebijakan optimal, dan interpretasi terintegrasi dengan tepat.	Jawaban menunjukkan pemahaman yang baik; formulasi dan langkah utama tepat dengan sedikit kekurangan pada perhitungan atau interpretasi.	Jawaban menunjukkan pemahaman sebagian; terdapat kesalahan konsep/formulasi/perhitungan dan interpretasi belum memadai.	Jawaban menunjukkan ketidakpahaman terhadap konsep/metode yang ditanyakan sehingga penyelesaian tidak dapat dipertanggungjawabkan.	
Kejelasan Tulisan	Semua gagasan tulisan disampaikan dengan baik dan jelas.	Sebagian besar gagasan tulisan disampaikan dengan baik dan jelas.	Sebagian gagasan tulisan disampaikan dengan baik dan jelas.	Gagasan tulisan tidak disampaikan dengan baik dan jelas.	
Kejelasan Bahasa	Menggunakan Bahasa asing /Indonesia dengan baik dan benar sedikit kesalahan tatabahasa dan pilihan kata yang tidak mengganggu pemahaman	Menggunakan Bahasa asing /Indonesia dengan baik dan benar dengan sedikit kesalahan tatabahasa dan pilihan kata yang mengganggu pemahaman.	Menggunakan Bahasa asing /Indonesia dengan cukup baik dan benar dengan beberapa kesalahan tatabahasa dan pilihan kata	Tidak menggunakan Bahasa asing/Indonesia dengan baik dan benar karena tulisan memuat banyak kesalahan tatabahasa dan pilihan kata	

INTEGRASI SDGs DALAM MATA KULIAH

SDGs	Relevansi dengan Mata Kuliah
SDG 4 (Pendidikan Berkualitas)	Mata kuliah mengembangkan kemampuan analitis, pemodelan keputusan bertahap, problem solving, komunikasi ilmiah, dan pembelajaran mandiri melalui kuliah teori, Case Method, dan PBL.
SDG 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi)	Program dinamik mendukung pengambilan keputusan efisien pada penggantian peralatan, alokasi sumber daya, persediaan, dan perencanaan operasi yang berkontribusi pada produktivitas dan kualitas keputusan ekonomi.
SDG 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur)	Model shortest path, TSP, kontrol optimal, MDP, dan optimisasi bertahap mendukung perancangan sistem, logistik, jaringan, dan inovasi pengambilan keputusan berbasis matematika.
SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab)	Resource allocation, equipment replacement, cargo loading, dan dynamic inventory menekankan penggunaan sumber daya, kapasitas, serta persediaan secara efisien dan bertanggung jawab.
SDG 16 (Perdamaian, Keadilan, dan Kelembagaan yang Tangguh)	Pembelajaran menekankan integritas akademik, transparansi asumsi/model, verifikasi keputusan, dokumentasi penggunaan AI, dan tanggung jawab atas rekomendasi berbasis model.

Rubrik Penilaian Tugas Individu

Deskripsi	Sangat Baik > 81	Baik 71 -80	Cukup 60 – 70	Kurang < 60	Nilai
	4	3	2	1	
Ketepatan formulasi, perhitungan, dan kebijakan	Formulasi sangat tepat; stage-state-decision dan recurrence konsisten; perhitungan/tabel benar; kebijakan optimal dan interpretasi diverifikasi secara kritis.	Formulasi tepat dan hasil umumnya akurat; terdapat sedikit kekurangan pada detail perhitungan atau interpretasi kebijakan.	Formulasi cukup sesuai, tetapi beberapa kesalahan memengaruhi hasil atau kebijakan.	Formulasi tidak sesuai, hasil tidak dapat dipertanggungjawabkan, atau penyelesaian tidak selesai.	
Dokumentasi, argumentasi, dan verifikasi	Langkah dan tabel tersusun sistematis, asumsi/argumen terdokumentasi lengkap, dan hasil diverifikasi dengan perhitungan ulang atau metode pembanding yang tepat.	Dokumentasi, argumentasi, dan verifikasi memadai dengan sedikit kekurangan.	Dokumentasi atau verifikasi belum lengkap sehingga dasar kebijakan belum kuat.	Dokumentasi dan verifikasi tidak memadai; kebijakan tidak dapat ditelusuri.	

Deskripsi	Sangat Baik > 81	Baik 71 -80	Cukup 60 – 70	Kurang < 60	Nilai
	4	3	2	1	
Ketepatan waktu, kepatuhan instruksi, dan transparansi AI	Tugas tepat waktu; seluruh instruksi dipenuhi; penggunaan AI (jika ada) dinyatakan, dibatasi sebagai alat bantu, dan seluruh formulasi serta hasil diverifikasi secara mandiri.	Tugas tepat waktu dan sebagian besar instruksi dipenuhi; penggunaan AI dinyatakan dengan dokumentasi dan verifikasi yang cukup.	Tugas terlambat maksimal satu hari atau beberapa instruksi penting belum dipenuhi; dokumentasi/verifikasi penggunaan AI kurang lengkap.	Tugas terlambat lebih dari satu hari/tidak memenuhi instruksi utama atau penggunaan AI tidak transparan/tidak sesuai ketentuan.	

Catatan:

- CPL-PRODI** adalah kemampuan yang dimiliki oleh setiap lulusan PRODI yang merupakan internalisasi dari sikap, penguasaan pengetahuan dan keterampilan sesuai dengan jenjang prodinya yang diperoleh melalui proses pembelajaran.
- CPL yang dibebankan pada mata kuliah** adalah beberapa capaian pembelajaran lulusan program studi (CPL-PRODI) yang digunakan untuk pembentukan/pengembangan sebuah mata kuliah.
- 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.
- 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.
- Indikator penilaian** adalah pernyataan spesifik dan terukur yang mengidentifikasi kemampuan atau kinerja hasil belajar mahasiswa yang disertai bukti-bukti.
- Kriteria Penilaian** adalah patokan yang digunakan sebagai ukuran atau tolok ukur ketercapaian pembelajaran dalam penilaian berdasarkan indikator-indikator yang telah ditetapkan.
- Teknik penilaian:** tes dan non-tes.
- Bentuk pembelajaran pada mata kuliah ini: Kuliah, Responsi/Tutorial, Diskusi, Presentasi, Case Method, Project Based Learning, dan bentuk pembelajaran teori lain yang setara.
- 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.
- Materi Pembelajaran** adalah rincian atau uraian dari bahan kajian yg dapat disajikan dalam bentuk beberapa pokok dan sub-pokok bahasan.
- Bobot penilaian** adalah prosentasi penilaian terhadap setiap pencapaian sub-CPMK yang besarnya proposional dengan tingkat kesulitan pencapaian sub-CPMK tsb., dan totalnya 100%.
- TM = Tatap Muka, PT = Penugasan Terstruktur, BM = Belajar Mandiri. Mata kuliah Program Dinamik seluruhnya berbobot teori dan tidak memiliki komponen praktik.