

|                                                                                   |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |             |                  |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------------|--------------------|
|  | UNIVERSITAS SUMATERA UTARA<br>FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM<br>PROGRAM STUDI SARJANA MATEMATIKA |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |             |                  | Kode Dokumen       |
| RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)                                               |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |             |                  |                    |
| MATA KULIAH (MK)                                                                  | KODE                                                                                                            | Rumpun MK                                                                                                                                                                                                                                                                                            | BOBOT (SKS) |             | SEMESTER         | Tanggal Penyusunan |
| LARGE SCALE OPTIMIZATION                                                          | MAT4156                                                                                                         | Mata Kuliah Pilihan Prodi                                                                                                                                                                                                                                                                            | Teori = 2   | Praktik = 0 | VII              | 11 Agustus 2026    |
| OTORISASI                                                                         | Pengembang RPS                                                                                                  | Ketua Program Studi                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |             | Ketua LINKUP USU |                    |
|                                                                                   | Dr. Zahedi, M.Si.<br>Tulus Joseph Marpaung, M.Si.<br>Dr. Syahriol Sitorus, M.IT.<br>Erwin, 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.                                                                                                                                                                         |             |             |                  |                    |
|                                                                                   | CPL05                                                                                                           | Menelaah konsep teoritis matematika meliputi logika matematika, matematika diskrit, aljabar, analisis, dan geometri, serta teori peluang dan statistika.                                                                                                                                             |             |             |                  |                    |
|                                                                                   | CPL11                                                                                                           | Mampu berkolaborasi, beradaptasi, dan menjadi pembelajar sepanjang hayat.                                                                                                                                                                                                                            |             |             |                  |                    |
|                                                                                   | Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |             |                  |                    |
|                                                                                   | Kode CPMK                                                                                                       | Deskripsi CPMK                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |             |                  | Bobot CPMK (%)     |
|                                                                                   | CPMK1                                                                                                           | Mahasiswa mampu menjelaskan konsep dasar, karakteristik, struktur, dan kompleksitas masalah optimisasi skala besar serta prinsip algoritme yang relevan (C2-C3).                                                                                                                                     |             |             |                  | 20%                |
|                                                                                   | CPMK2                                                                                                           | Mahasiswa mampu memformulasikan dan mentransformasikan permasalahan nyata menjadi model optimisasi skala besar dengan mengenali struktur linear/integer, sparsity, separability, konveksitas, dan dualitas (C3-C4).                                                                                  |             |             |                  | 25%                |
|                                                                                   | CPMK3                                                                                                           | Mahasiswa mampu menerapkan dan menganalisis metode penyelesaian optimisasi skala besar, termasuk first-order/subgradient, interior-point, relaksasi Lagrange, cutting planes, column generation, Dantzig-Wolfe, dan Benders, serta mengevaluasi konvergensi, batas, dan efisiensinya (C3-C5).        |             |             |                  | 30%                |
|                                                                                   | CPMK4                                                                                                           | Mahasiswa mampu merancang, mengevaluasi, dan mengomunikasikan strategi penyelesaian masalah optimisasi skala besar melalui Case Method dan Project Based Learning secara kolaboratif, dengan penggunaan perangkat lunak dan AI generatif secara kritis, transparan, etis, dan terverifikasi (C5-C6). |             |             |                  | 25%                |
|                                                                                   | Kemampuan Akhir Tiap Tahapan Belajar (Sub-CPMK)                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |             |                  |                    |



|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | <p>5. Lagrangean Heuristics dan Cutting Planes</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Heuristik Lagrange dan pemulihan solusi integer</li><li>- Cutting planes dan penguatan formulasi</li><li>- Analisis gap dan kualitas solusi</li></ul> <p>6. Column Generation dan Dantzig-Wolfe Decomposition</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Restricted/coordinating master problem</li><li>- Pricing subproblem dan column generation</li><li>- Dantzig-Wolfe decomposition</li></ul> <p>7. Benders Decomposition dan Strategi Dekomposisi</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Master problem dan subproblem</li><li>- Benders optimality/feasibility cuts</li><li>- Perbandingan Dantzig-Wolfe, Benders, dan Lagrangian approaches</li><li>- Studi kasus optimisasi skala besar</li></ul> <p>8. Implementasi Strategi Optimisasi Skala Besar</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Formulasi dan evaluasi model optimisasi</li><li>- Analisis efisiensi, skalabilitas, dan kualitas solusi</li><li>- Penerapan metode optimisasi pada berbagai permasalahan sumber daya</li></ul> |
| PUSTAKA           | <p>UTAMA:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Beck, A. (2017). First-Order Methods in Optimization. MOS-SIAM Series on Optimization.</li><li>2. Bubeck, S. (2015). Convex Optimization: Algorithms and Complexity. Foundations and Trends in Optimization.</li><li>3. Lan, G. (2020). Lectures on Optimization Methods for Machine Learning.</li><li>4. Ryu, E. K., &amp; Yin, W. (2022). Large-Scale Convex Optimization: Algorithms &amp; Analyses via Monotone Operators.</li></ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                   | <p>PENDUKUNG:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Boyd, S., &amp; Vandenberghe, L. (2004). Convex Optimization. Cambridge University Press.</li><li>2. Nocedal, J., &amp; Wright, S. J. (2006). Numerical Optimization, 2nd Edition. Springer.</li></ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Dosen Pengampu    | Dr. Zahedi, M.Si.; Tulus Joseph Marpaung, M.Si.; Dr. Syahriol Sitorus, M.IT.; Erwin, M.Si.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 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 pengertian, karakteristik, aplikasi, dan tantangan komputasi optimisasi skala besar (C2-C3).                                   | 1. Ketepatan menjelaskan karakteristik large-scale optimization.<br>2. Ketepatan membedakan masalah skala kecil dan skala besar.<br>3. Ketepatan mengidentifikasi aplikasi dan faktor yang memengaruhi skalabilitas. | Kriteria: Rubrik Penilaian Tugas<br>Bentuk: Tugas 1 individu (non-tes).                      | BM [(1 x (3 x 60 menit))]: membaca RPS, bahan ajar, dan literatur pengantar.<br>PT [(1 x (3 x 60 menit))]: Tugas 1 - mengidentifikasi karakteristik dan struktur pada satu kasus optimisasi skala besar. AI boleh digunakan untuk eksplorasi istilah/penjelasan, tetapi hasil wajib diperiksa dengan sumber kuliah dan dinyatakan penggunaannya.<br>Moda: LMS USU. | TM [(1 x (3 x 50 menit))]: orientasi mata kuliah, konsep large-scale optimization, karakteristik skala, aplikasi, dan diskusi.<br>Media: PPT, papan tulis, LMS.<br>Metode: Ekspositori, tanya jawab, Small Group Discussion. | 1. Pengantar Large Scale Optimization:<br>- Definisi dan karakteristik<br>- Aplikasi<br>- Skalabilitas, sparsity, separability                                            | SDG 4, SDG 9 | Tugas: 5%           |
| 2-3        | Sub-CPMK 2: Mampu memformulasikan model dan mengidentifikasi struktur serta kompleksitas masalah optimisasi skala besar (C3-C4).                             | 1. Ketepatan merumuskan variabel, fungsi tujuan, dan kendala.<br>2. Ketepatan mengenali struktur sparse/separable dan linear/integer.<br>3. Ketepatan menjelaskan total unimodularity dan sumber kompleksitas.       | Kriteria: Rubrik Penilaian Kuis<br>Bentuk: Kuis 1 (tes) dan latihan formatif.                | BM [(2 x (3 x 60 menit))]: latihan formulasi dan analisis struktur model.<br>PT [(2 x (3 x 60 menit))]: latihan klasifikasi kompleksitas, sparsity, separability, dan total unimodularity. Kuis dilaksanakan tanpa AI kecuali dosen menetapkan lain.<br>Moda: LMS USU.                                                                                             | TM [(2 x (3 x 50 menit))]: complexity, problem types, model linear/integer, total unimodularity, dan reformulasi.<br>Metode: Ekspositori, Discovery Learning, diskusi.                                                       | 2. Complexity dan Struktur Masalah:<br>- Kompleksitas komputasi<br>- LP/IP skala besar<br>- Sparsity dan separability<br>- Total unimodularity<br>- Formulasi/reformulasi | SDG 4, SDG 9 | Kuis: 5%            |
| 4-5        | Sub-CPMK 3: Mampu menjelaskan dan menganalisis konveksitas, dualitas, kondisi optimalitas, first-order, dan interior-point (C3-C4).                          | 1. Ketepatan menguji konveksitas dan membentuk masalah dual.<br>2. Ketepatan menggunakan kondisi optimalitas.<br>3. Ketepatan membandingkan prinsip first-order dan interior-point untuk masalah berskala besar.     | Kriteria: Rubrik Penilaian Tugas<br>Bentuk: Tugas 2 individu (non-tes).                      | BM [(2 x (3 x 60 menit))]: kajian teori konveksitas, dualitas, dan kondisi optimalitas.<br>PT [(2 x (3 x 60 menit))]: Tugas 2 - analisis primal-dual dan pemilihan pendekatan algoritmik pada model terstruktur. AI boleh membantu membuat contoh pembanding atau menelaah langkah, namun pembuktian dan kesimpulan wajib diverifikasi mandiri.<br>Moda: LMS USU.  | TM [(2 x (3 x 50 menit))]: konveksitas, duality theory, optimality, first-order methods, dan overview interior-point.<br>Metode: Ekspositori, Collaborative Learning.                                                        | 3. Convexity, Duality, dan Optimality:<br>- Konveksitas<br>- Dualitas<br>- Kondisi optimalitas<br>- First-order methods<br>- Interior-point overview                      | SDG 4, SDG 9 | Tugas: 5%           |
| 6-7        | Sub-CPMK 4: Mampu menerapkan relaxation, bounding, projection/elimination, dualisasi, subgradient, dan local search untuk membangun strategi solusi (C3-C5). | 1. Ketepatan membangun relaksasi dan bound.<br>2. Ketepatan menerapkan dualisasi dan metode subgradient.<br>3. Kemampuan menganalisis konvergensi, trade-off akurasi, dan biaya komputasi.                           | Kriteria: Rubrik Penilaian CM/PBL<br>Bentuk: Case Method 1 - studi kasus kelompok (non-tes). | BM [(2 x (3 x 60 menit))]: kajian metode relaxation/coordination dan data kasus.<br>PT [(2 x (3 x 60 menit))]: CM 1 - membandingkan minimal dua strategi relaxation/dualization untuk satu kasus terstruktur, menilai bound dan efisiensi. AI dapat digunakan untuk brainstorming alternatif, dengan jejak penggunaan dan verifikasi wajib.<br>Moda: LMS USU.      | TM [(2 x (3 x 50 menit))]: relaxation, bounding, projection, variable elimination, dualization, subgradient, local search, dan diskusi kasus.<br>Metode: Case Method, Small Group Discussion.                                | 4. Relaxation dan Coordination:<br>- Bounding dan relaxation<br>- Projection/elimination<br>- Dualisasi<br>- Subgradient/local search<br>- Konvergensi                    | SDG 4, SDG 9 | CM: 10%             |

| Minggu ke- | Kemampuan Akhir yang Diharapkan (Sub-CPMK)                                                                                                                                                | Penilaian                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                   | Bentuk Pembelajaran; Metode Pembelajaran; Penugasan Mahasiswa [Estimasi Waktu]                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                               | Bahan Kajian (Materi Pembelajaran)                                                                                                                              | SDGS                 | Bobot Penilaian (%) |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|            |                                                                                                                                                                                           | Indikator                                                                                                                                                                                                                           | Kriteria dan Bentuk                                                                                               | Asinkronus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Sinkrons                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                 |                      |                     |
|            |                                                                                                                                                                                           | (3)                                                                                                                                                                                                                                 | (4)                                                                                                               | (5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | (6)                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                 |                      |                     |
| (1)        | (2)                                                                                                                                                                                       | (3)                                                                                                                                                                                                                                 | (4)                                                                                                               | (5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | (6)                                                                                                                                                                                           | (7)                                                                                                                                                             | 8                    | (9)                 |
| 8          | UJIAN TENGAH SEMESTER (UTS)                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                 |                      | 15%                 |
| 9-10       | Sub-CPMK 5: Mampu menerapkan dan membandingkan Lagrangian relaxation/heuristics, integer recovery, dan cutting planes (C3-C5).                                                            | 1. Ketepatan membangun Lagrangian relaxation dan multiplier.<br>2. Ketepatan merancang heuristik pemulihan solusi feasible/integer.<br>3. Ketepatan menerapkan cutting planes dan mengevaluasi gap.                                 | Kriteria: Rubrik Penilaian CM/PBL<br>Bentuk: Case Method 2 - laporan dan presentasi kelompok (non-tes).           | BM [(2 x (3 x 60 menit))]: studi Lagrangian heuristics dan cutting planes.<br>PT [(2 x (3 x 60 menit))]: CM 2 - menganalisis kasus integer berskala besar, membangun relaksasi, membandingkan bound, dan merumuskan rekomendasi. AI boleh membantu pemeriksaan pseudocode/kode contoh, seluruh hasil harus diverifikasi.<br>Moda: LMS USU.               | TM [(2 x (3 x 50 menit))]: Lagrangian relaxation, subgradient update, integer solution recovery, heuristik, cutting planes, dan analisis gap.<br>Metode: Case Method, Collaborative Learning. | 5. Lagrangean Heuristics dan Cutting Planes:<br>- Lagrangian relaxation<br>- Integer recovery<br>- Heuristik<br>- Cutting planes<br>- Optimality gap            | SDG 9, SDG 12        | <b>CM: 15%</b>      |
| 11-12      | Sub-CPMK 6: Mampu menerapkan column generation, coordinating master problem, dan Dantzig-Wolfe decomposition serta mengevaluasi hasilnya (C3-C5).                                         | 1. Ketepatan membentuk restricted master dan pricing subproblem.<br>2. Ketepatan menjelaskan reduced cost dan mekanisme column generation.<br>3. Ketepatan menyusun dekomposisi Dantzig-Wolfe dan menilai skalabilitas.             | Kriteria: Rubrik Penilaian CM/PBL<br>Bentuk: PBL - Milestone 1 (proposal, model, desain algoritme).               | BM [(2 x (3 x 60 menit))]: kajian referensi dan pemilihan kasus proyek.<br>PT [(2 x (3 x 60 menit))]: PBL Milestone 1 - memilih masalah, membangun model, mengidentifikasi struktur dekomposisi, dan merancang master/pricing. AI boleh digunakan untuk eksplorasi struktur atau menelaah pseudocode, dengan verifikasi dan deklarasi.<br>Moda: LMS USU. | TM [(2 x (3 x 50 menit))]: column generation, reduced cost, coordinating master problem, dan Dantzig-Wolfe decomposition; klinik desain proyek.<br>Metode: Project Based Learning.            | 6. Column Generation dan Dantzig-Wolfe:<br>- Restricted master problem<br>- Pricing subproblem<br>- Reduced cost<br>- Dantzig-Wolfe decomposition               | SDG 9, SDG 12        | <b>PBL: 10%</b>     |
| 13-14      | Sub-CPMK 7: Mampu merancang strategi penyelesaian kasus nyata dengan Benders decomposition/dekomposisi yang relevan, melakukan verifikasi, dan menganalisis dampak keberlanjutan (C4-C6). | 1. Ketepatan memisahkan master problem dan subproblem.<br>2. Ketepatan membangun feasibility/optimality cuts.<br>3. Kualitas perbandingan alternatif dekomposisi, verifikasi feasibility/bound, dan analisis efisiensi sumber daya. | Kriteria: Rubrik Penilaian CM/PBL<br>Bentuk: PBL - Milestone 2 (analisis, solusi, verifikasi, laporan sementara). | BM [(2 x (3 x 60 menit))]: pengembangan proyek dan interpretasi hasil.<br>PT [(2 x (3 x 60 menit))]: PBL Milestone 2 - menerapkan Benders atau metode dekomposisi relevan, menguji feasibility/bound/gap, membandingkan pendekatan, dan mengaitkan efisiensi sumber daya dengan SDGs. Keluaran AI wajib ditelusuri dan diverifikasi.<br>Moda: LMS USU.   | TM [(2 x (3 x 50 menit))]: Benders decomposition, feasibility/optimality cuts, perbandingan strategi dekomposisi, konsultasi dan peer review.<br>Metode: Project Based Learning.              | 7. Benders Decomposition dan Strategi Dekomposisi:<br>- Master/subproblem<br>- Feasibility & optimality cuts<br>- Perbandingan metode<br>- Studi kasus dan SDGs | SDG 4, SDG 9, SDG 12 | <b>PBL: 10%</b>     |

| Minggu ke- | Kemampuan Akhir yang Diharapkan (Sub-CPMK)                                                                                                                                                 | Penilaian                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                               | Bentuk Pembelajaran; Metode Pembelajaran; Penugasan Mahasiswa [Estimasi Waktu]                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                  | Bahan Kajian (Materi Pembelajaran)                                                                                                                                                | SDGS                 | Bobot Penilaian (%) |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|            |                                                                                                                                                                                            | Indikator                                                                                                                                                                                                                                              | Kriteria dan Bentuk                                                           | Asinkronus                                                                                                                                                                                                                                             | Sinkrons                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                   |                      |                     |
| (1)        | (2)                                                                                                                                                                                        | (3)                                                                                                                                                                                                                                                    | (4)                                                                           | (5)                                                                                                                                                                                                                                                    | (6)                                                                                                                                                              | (7)                                                                                                                                                                               | 8                    | (9)                 |
| 15         | Sub-CPMK 7: Mampu mendokumentasikan, mempresentasikan, dan mempertanggungjawabkan strategi serta hasil proyek Large Scale Optimization secara ilmiah, kolaboratif, dan transparan (C5-C6). | 1. Kejelasan model, asumsi, dan alasan pemilihan metode.<br>2. Kualitas hasil, bound/gap, feasibility, dan interpretasi.<br>3. Kemampuan menjawab pertanyaan dan menjelaskan kontribusi anggota.<br>4. Transparansi penggunaan perangkat lunak dan AI. | Kriteria: Rubrik Penilaian CM/PBL<br>Bentuk: PBL - finalisasi dan presentasi. | BM [(1 x (3 x 60 menit))]:<br>finalisasi laporan dan slide.<br>PT [(1 x (3 x 60 menit))]:<br>menyusun paket akhir proyek: model, algoritme/pseudocode, hasil, bukti verifikasi, refleksi SDGs, dan deklarasi penggunaan AI bila ada.<br>Moda: LMS USU. | TM [(1 x (3 x 50 menit))]:<br>presentasi, tanya jawab, refleksi, dan sintesis strategi optimisasi skala besar.<br>Metode: Project Based Learning & Presentation. | Presentasi proyek Large Scale Optimization:<br>- Model dan strategi<br>- Bound/gap dan verifikasi<br>- Efisiensi/skalabilitas<br>- Relevansi SDGs<br>- Transparansi penggunaan AI | SDG 4, SDG 9, SDG 12 | <b>PBL: 5%</b>      |
| 16         | UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS)                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                   |                      | <b>20%</b>          |

Catatan sesuai dengan SN Dikti Permendikbud No 3/2020:

- 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.
- 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.
- 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, dan bersifat spesifik terhadap materi pembelajaran mata kuliah tersebut.
- 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.
- 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.
- Teknik penilaian: tes dan non-tes.
- 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.
- 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, P = Praktik.

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/penyelesaian, analisis, pseudocode/kode bila digunakan, dan catatan AI bila digunakan              | 10%                 |
| Kuis/Post-test               | Sub-CPMK 2    | Umpan balik [1 kali]                   | Rubrik Kuis [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, perbandingan metode, laporan, dan presentasi                                             | 25%                 |
| Project Based Learning (PBL) | Sub-CPMK 6-7  | Umpan balik berkala [3 milestone]      | Rubrik CM/PBL [1 proyek]   | Proposal, model, algoritme/pseudocode, hasil verifikasi, laporan, slide/presentasi, refleksi SDGs, 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:**

- Tugas 10% - Dua tugas individu masing-masing 5% untuk menilai ketepatan formulasi, pemilihan metode, penalaran matematis, analisis struktur/kompleksitas, verifikasi hasil, dan kemampuan menjelaskan solusi.
- Kuis 5% - Satu kuis untuk mengukur penguasaan konsep formulasi, struktur masalah, kompleksitas, dan dasar algoritme optimisasi skala besar. AI tidak digunakan pada kuis kecuali dosen menetapkan lain.
- Case Method (CM) 25% - Dua studi kasus terstruktur (10% dan 15%) yang menilai kemampuan membangun relaksasi/dekomposisi, menganalisis alternatif algoritme, mengevaluasi bound/gap, serta memberikan rekomendasi yang dapat dipertanggungjawabkan.
- Project Based Learning (PBL) 25% - Satu proyek kelompok bertahap (milestone 10% + 10% + finalisasi/presentasi 5%) yang menilai perumusan model, identifikasi struktur, desain dekomposisi, analisis hasil, verifikasi, dokumentasi, relevansi SDGs, kolaborasi, dan komunikasi ilmiah.
- UTS 15% - Ujian mencakup Sub-CPMK 1-4. Penggunaan AI tidak diperkenankan kecuali dosen secara eksplisit menetapkan ujian terbuka berbantuan alat.
- 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 Kuis (Post-test)**

| Nilai per butir soal | Kriteria                                                                                                                                                               |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 (>81)              | Jawaban tepat dan lengkap; formulasi/model, konsep, pemilihan metode, langkah algoritmik/perhitungan, bound/feasibility, dan interpretasi hasil benar serta konsisten. |
| 3 (71-80)            | Konsep dan langkah utama benar; terdapat sedikit kekeliruan pada detail formulasi, perhitungan, bound, atau interpretasi.                                              |
| 2 (60-70)            | Sebagian langkah benar, tetapi terdapat beberapa kesalahan konsep, formulasi, atau perhitungan yang memengaruhi kualitas hasil.                                        |
| 1 (<60)              | Metode atau konsep utama kurang tepat; penyelesaian tidak selesai atau tidak menunjukkan pemahaman Large Scale Optimization 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<br>Sangat Baik | 3<br>Baik | 2<br>Cukup | 1<br>Kurang | Nilai |
|----------|------------------|-----------|------------|-------------|-------|
|          | > 81             | 71 -80    | 60 – 70    | < 60        |       |

|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                              |                                                                                               |                                                                                                                                     |  |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Perumusan Masalah dan Model</b>                 | Masalah, tujuan, asumsi, variabel, fungsi tujuan, kendala, ukuran skala, dan struktur dekomposisi dirumuskan sangat jelas serta relevan dengan konteks kasus/proyek.                                                                                      | Perumusan masalah dan model jelas dengan kekurangan kecil pada asumsi, skala, atau struktur.                 | Masalah cukup teridentifikasi tetapi model, asumsi, atau struktur dekomposisi belum lengkap.  | Masalah/model tidak jelas atau tidak sesuai dengan konteks.                                                                         |  |
| <b>Ketepatan Pemilihan Metode</b>                  | Metode dipilih sangat tepat, disertai argumentasi teori, syarat penerapan, alternatif pembanding, dan alasan skalabilitas/komputasional yang kuat.                                                                                                        | Metode tepat dan argumentasi memadai; pembandingan alternatif masih terbatas.                                | Metode cukup sesuai tetapi alasan pemilihan lemah atau mengabaikan struktur penting.          | Metode tidak sesuai atau dipilih tanpa argumentasi yang dapat dipertanggungjawabkan.                                                |  |
| <b>Proses Solusi, Hasil, dan Verifikasi</b>        | Proses algoritmik konsisten; solusi feasible, bound/gap diperiksa, hasil dapat direproduksi, dan diverifikasi dengan solusi/solver/metode pembanding yang relevan.                                                                                        | Proses dan hasil benar dengan verifikasi memadai; terdapat kekurangan kecil pada pengujian atau dokumentasi. | Proses hanya sebagian benar atau verifikasi terbatas sehingga keandalan hasil belum kuat.     | Proses tidak sesuai, solusi tidak terverifikasi, atau hasil tidak dapat dipertanggungjawabkan.                                      |  |
| <b>Kompleksitas, Konvergensi, dan Interpretasi</b> | Kompleksitas, konvergensi, kualitas bound/gap, serta efisiensi dianalisis kritis; hasil diinterpretasikan secara kontekstual dan keterbatasan metode dijelaskan.                                                                                          | Analisis dan interpretasi baik dengan beberapa detail yang belum mendalam.                                   | Analisis kompleksitas/konvergensi/gap hanya sebagian dan interpretasi masih deskriptif.       | Tidak ada analisis yang memadai atau interpretasi bertentangan dengan hasil.                                                        |  |
| <b>Kolaborasi, Dokumentasi, dan Komunikasi</b>     | 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.                                |  |
| <b>Perangkat Lunak dan AI Generatif</b>            | Perangkat lunak/AI digunakan proporsional sebagai alat bantu; prompt/peran AI dinyatakan transparan; seluruh keluaran diverifikasi dengan teori, feasibility, bound/gap, atau pembanding, 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 formulasi model, penalaran matematis, analisis algoritme, verifikasi feasibility/bound/gap, atau tanggung jawab akademik mahasiswa. Mahasiswa wajib dapat menjelaskan dan mempertanggungjawabkan seluruh hasil yang diserahkan.

### Rubrik Penilaian Ujian Esai

| Kategori                             | Sangat Baik<br>> 81                                                                                                                                                                                    | Baik<br>71 -80                                                                                                                                           | Cukup<br>60 – 70                                                                                                                      | Kurang<br>< 60                                                                                                                     | Nilai |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Pemahaman terhadap Pertanyaan</b> | Memahami pertanyaan dengan tepat sekali                                                                                                                                                                | Memahami pertanyaan                                                                                                                                      | Tidak memahami pertanyaan secara penuh dan tepat                                                                                      | Tidak memahami pertanyaan                                                                                                          |       |
| <b>Isi</b>                           | Jawaban menunjukkan pemahaman mendalam terhadap teori optimisasi skala besar; formulasi, pemilihan metode, langkah algoritmik, analisis bound/konvergensi, dan interpretasi terintegrasi dengan tepat. | Jawaban menunjukkan pemahaman yang baik; formulasi dan metode utama tepat dengan sedikit kekurangan pada analisis bound, konvergensi, atau interpretasi. | Jawaban menunjukkan pemahaman sebagian; terdapat kesalahan konsep/formulasi/perhitungan dan analisis atau interpretasi belum memadai. | Jawaban menunjukkan ketidakpahaman terhadap konsep/metode yang ditanyakan sehingga penyelesaian tidak dapat dipertanggungjawabkan. |       |
| <b>Kejelasan Tulisan</b>             | 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.                                                                           |       |
| <b>Kejelasan Bahasa</b>              | 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, problem solving, komunikasi ilmiah, literasi komputasi, pembelajaran mandiri, serta integritas akademik dan penggunaan AI yang transparan melalui kuliah teori, Case Method, dan PBL. |
| SDG 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur)          | Metode dekomposisi dan optimisasi skala besar mendukung perencanaan jaringan, logistik, energi, infrastruktur, manufaktur, serta inovasi sistem komputasi dan industri.                                                                        |
| SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab) | Pemodelan optimisasi membantu meminimalkan pemborosan, penggunaan energi/bahan, biaya logistik, dan meningkatkan efisiensi rantai pasok serta pemanfaatan sumber daya.                                                                         |

### Rubrik Penilaian Tugas

| Deskripsi                                                        | Sangat Baik<br>> 81                                                                                                                                                        | Baik<br>71 -80                                                                                                   | Cukup<br>60 – 70                                                                                                             | Kurang<br>< 60                                                                                                                  | Nilai |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|                                                                  | 4                                                                                                                                                                          | 3                                                                                                                | 2                                                                                                                            | 1                                                                                                                               |       |
| <b>Ketepatan formulasi, metode, dan hasil</b>                    | Model dan metode sangat tepat; langkah penyelesaian valid; solusi feasible; bound/gap dan interpretasi diperiksa secara kritis.                                            | Model dan metode tepat; hasil umumnya benar; terdapat sedikit kekurangan pada bound/gap atau interpretasi.       | Model/metode cukup sesuai, tetapi beberapa kesalahan memengaruhi hasil atau interpretasi.                                    | Model/metode tidak sesuai, hasil tidak dapat dipertanggungjawabkan, atau penyelesaian tidak selesai.                            |       |
| <b>Analisis, dokumentasi, dan verifikasi</b>                     | Analisis struktur/kompleksitas jelas, dokumentasi lengkap dan dapat ditelusuri, serta hasil diverifikasi dengan teori, feasibility, bound/gap, atau pembanding yang tepat. | Analisis, dokumentasi, dan verifikasi memadai dengan sedikit kekurangan.                                         | Analisis hanya sebagian atau dokumentasi/verifikasi belum lengkap.                                                           | Analisis tidak memadai; dokumentasi dan verifikasi tidak tersedia atau tidak tepat.                                             |       |
| <b>Ketepatan waktu, kepatuhan instruksi, dan transparansi AI</b> | Tugas tepat waktu; seluruh instruksi dipenuhi; penggunaan AI (jika ada) dinyatakan, dibatasi sesuai tugas, dan diverifikasi secara mandiri.                                | Tugas tepat waktu dan sebagian besar instruksi dipenuhi; penggunaan AI dinyatakan dengan dokumentasi yang cukup. | Tugas terlambat maksimal satu hari atau beberapa instruksi penting belum dipenuhi; dokumentasi 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:** 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.
- 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, P = Praktik.