

BINUS University

Academic Career: <i>Undergraduate / Master / Doctoral / BINUS Online/ Professional*)</i>			Class Program: <i>Regular/ Global Class*)</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Mid Exam <input type="checkbox"/> Others Exam : _____ <input type="checkbox"/> Final Exam			Term : Odd / Even / Compact*) Period (Only for BINUS Online/ Master): 1 / 2*)	
<input checked="" type="checkbox"/> Kemanggisan <input type="checkbox"/> Senayan <input type="checkbox"/> Semarang <input type="checkbox"/> Alam Sutera <input type="checkbox"/> Bandung <input type="checkbox"/> Medan <input type="checkbox"/> Bekasi <input type="checkbox"/> Malang <input type="checkbox"/> BiOn			Academic Year : 2025 / 2026	
Exam Type* : Onsite / Online / Take Home			Faculty / Dept. : SOCS / Data Science Program	
Day / Date** : Friday / November 14 th 2025 Time** : 13.00			Code - Course : DTSC6015001- Prescriptive Data Science	
Exam Specification*** : <input type="checkbox"/> Open Book <input type="checkbox"/> Open Notes <input type="checkbox"/> Close Book <input type="checkbox"/> Oral Test <input type="checkbox"/> Open E-Book			Class : Regular	
Equipment*** : <input type="checkbox"/> Examination <input type="checkbox"/> Laptop <input type="checkbox"/> Drawing Paper – A3 Booklet <input type="checkbox"/> Tablet <input type="checkbox"/> Drawing Paper – A2 <input type="checkbox"/> Calculator <input type="checkbox"/> Smartphone <input type="checkbox"/> Notes: _____ sheet <input type="checkbox"/> Dictionary			Student ID *** : Name *** : Signature *** :	
<i>*) Strikethrough the unnecessary items</i>			<i>**) For Online Exam, this is the due date</i>	
<i>(***) Only for Onsite Exam</i>				
Please insert the test paper into the examination booklet and submit both papers after the test.***				
The penalty for CHEATING is DROP OUT!				

Learning Outcome for

LO 1 : Describe the understanding of fundamental concepts in prescriptive data science

LO 2 : Apply mathematical programming and decision theory to optimize, evaluate, and support decision-making under uncertainty

1. [LO 1, 2 – 30 Points] Optimalisasi Struktur Produksi Nasional untuk Memaksimalkan PDB Skema 1

Pemerintah suatu negara sedang menyusun rencana pembangunan ekonomi jangka menengah dengan tujuan memaksimalkan Produk Domestik Bruto (PDB) melalui optimalisasi alokasi output di empat sektor utama perekonomian, yaitu:

- A: Pertanian
- M: Manufaktur
- S: Jasa
- I: Infrastruktur

Setiap sektor menghasilkan output yang berkontribusi terhadap nilai tambah ekonomi (PDB), namun juga saling bergantung satu sama lain melalui sistem input-output nasional. Artinya, sebagian output dari setiap sektor digunakan sebagai input untuk sektor lain. Misalnya, sektor Manufaktur membutuhkan bahan baku dari Pertanian, sementara Infrastruktur bergantung pada produksi Manufaktur dan Jasa. Hubungan antar-sektor tersebut mengikuti matriks koefisien input-output berikut:

Verified by Department,

[Lili Ayu Wulandhari] (D5339)
October 21st, 2025

	Dari A	Dari M	Dari S	Dari I
Ke A	0.20	0.10	0.05	0.08
Ke M	0.05	0.25	0.10	0.12
Ke S	0.02	0.06	0.15	0.05
Ke I	0.01	0.04	0.02	0.18

Dengan demikian, agar setiap sektor dapat memenuhi permintaan akhir domestik (d_i), outputnya (p_i) harus lebih besar dari total input antar-sektor yang diperlukan. Permintaan akhir untuk keempat sektor masing-masing adalah:

$$d_A = 50, d_M = 75, d_S = 50, \text{ dan } d_I = 40.$$

Selain keterkaitan antar-sektor, sistem ekonomi ini menghadapi berbagai keterbatasan sumber daya dan kebijakan publik, yaitu:

1. Keterbatasan Tenaga Kerja (Labor Constraint):
Setiap sektor memerlukan tenaga kerja berbeda-beda — Pertanian (2 unit tenaga kerja per output), Manufaktur (3 unit), Jasa (1 unit), dan Infrastruktur (3 unit). Total tenaga kerja nasional tidak boleh melebihi 1000 unit.
2. Keterbatasan Modal (Capital Constraint):
Total modal yang tersedia hanya 1,200 unit, dengan kebutuhan modal masing-masing sektor sebesar 1.1, 2.0, 0.8, dan 2.5 unit per output.
3. Batas Emisi Nasional (Environmental Constraint):
Produksi tiap sektor menghasilkan emisi karbon — Pertanian (0.5), Manufaktur (0.9), Jasa (0.3), Infrastruktur (1.1). Pemerintah menerapkan batas total emisi sebesar 400 unit.
4. Kapasitas Ekspor (Export Constraint):
Setiap sektor hanya dapat mengekspor sebagian dari outputnya, dengan batas proporsi dan kapasitas berikut:
 - Pertanian: maksimum 30% dari output, tidak lebih dari 60 unit
 - Manufaktur: maksimum 40%, tidak lebih dari 80 unit
 - Jasa: maksimum 15%, tidak lebih dari 30 unit
 - Infrastruktur: maksimum 10%, tidak lebih dari 25 unit
5. Batas Anggaran Pemerintah untuk Infrastruktur (Fiscal Constraint):
Pemerintah mengalokasikan anggaran pembangunan sebesar 120 unit, yang sepenuhnya dapat digunakan untuk sektor infrastruktur.

Pemerintah ingin menentukan output optimal setiap sektor (p_A, p_M, p_S, p_I) agar PDB nasional maksimum. PDB dihitung dari total *value added* sektor-sektor tersebut dengan informasi bahwa koefisien masing-masing sektor bernilai 0.6, 0.8, 0.75, dan 0.9.

Pertanyaan dan Tugas Analisis

- a. **[LO 2 – 5 Points]** Rumuskan model Linear Programming (LP) di atas menggunakan Pyomo di Python.
- b. **[LO 2 – 5 Points]** Gunakan solver `glpk` atau `highs` untuk memperoleh solusi optimal.
- c. **[LO 1 – 10 Points]** Interpretasikan hasilnya:
 - Berapa nilai PDB maksimum yang dapat dicapai?
 - Sektor mana yang menjadi penyumbang terbesar PDB, apa implikasinya dalam pemerintahan?
 - Bagaimana pengaruh batas tenaga kerja dan modal terhadap hasil optimal?
- d. **[LO 1, 2 – 10 Points]** Membuat video penjelasan untuk setiap bagian soal.

Verified by Department,

[Lili Ayu Wulandhari] (D5339)
October 21st, 2025

2. [LO 1, 2 – 15 Points] Optimalisasi Struktur Produksi Nasional untuk Memaksimalkan PDB Skema 2

Dengan menggunakan kasus yang sama dengan Soal No. 1. Pada skema ini diasumsikan terdapat peningkatan permintaan akhir untuk keempat sektor sebesar 60%, tetapi sistem input-output nasional diabaikan. Pemerintah tidak harus mengaktifkan seluruh sektor secara bersamaan, artinya bisa saja suatu sektor tidak dijalankan sama sekali apabila jumlah outputnya kurang dari permintaan. Dengan kata lain, pemerintah tidak ingin menjalankan sektor yang memiliki kontribusi terhadap PDB relatif kecil dan hanya berfokus pada sektor lainnya.

Tugas:

- [LO 2 – 2 Points] Rumuskan model Mixed-Integer Linear Programming (MILP) di atas menggunakan Pyomo di Python.
 - [LO 2 – 3 Points] Gunakan solver 'glpk' atau 'highs' untuk memperoleh solusi optimal.
 - [LO 1 – 5 Points] Interpretasikan hasilnya:
 - Catat sektor mana yang dijalankan dan yang tidak dijalankan.
 - Hitung kontribusi masing-masing sektor terhadap total PDB.
 - Bandingkan hasilnya dengan model LP (Soal No. 1) sebelumnya (di mana semua sektor wajib aktif). Apa perbedaan struktur ekonomi yang dihasilkan?
 - Ubah batas emisi menjadi lebih ketat. Apa dampaknya terhadap sektor yang aktif?
 - Ubah batas tenaga kerja menjadi 500. Apa dampaknya terhadap hasil optimasi yang diperoleh?
 - [LO 1, 2 – 5 Points] Membuat video penjelasan untuk setiap bagian soal.
3. [LO 1, 2 – 40 Points] Optimasi Portofolio Non-Linear dengan Pertimbangan Risiko Tingkat Tinggi dan Biaya Transaksi Nonlinier pada Saham Perbankan Indonesia

Seorang analis keuangan di sebuah manajer investasi sedang berupaya membentuk portofolio optimal dari empat saham perbankan besar Indonesia berdasarkan data masa lalunya dari tanggal 1 Januari 2022 hingga 31 Oktober 2025, yaitu (lakukan scrapping dari yahoo finance untuk mendapatkan datanya):

1. BBCA – PT Bank Central Asia Tbk
2. BBRI – PT Bank Rakyat Indonesia Tbk
3. BMRI – PT Bank Mandiri Tbk
4. BBNI – PT Bank Negara Indonesia Tbk

Portofolio ini ditujukan untuk memaksimalkan utilitas nonlinier dari kombinasi empat saham tersebut, dengan mempertimbangkan secara simultan:

- (1) return yang diharapkan,
- (2) risiko (varians portofolio),
- (3) bentuk distribusi return (skewness dan kurtosis), serta
- (4) biaya transaksi dan dampak pasar yang bersifat nonlinier.

Analisis tersebut sudah memiliki komposisi awal (portofolio eksisting) sebesar 25% di masing-masing saham. Namun, karena kondisi makroekonomi yang tidak pasti dan adanya rencana rebalancing besar-besaran, ia ingin menentukan bobot portofolio baru $\{w_i, i = 1,2,3,4\}$ untuk masing-masing saham.

Tujuan Optimasi

Maksimalkan fungsi utilitas total portofolio:

$$\max_{w_1, w_2, w_3, w_4} U(w) = \underbrace{\boldsymbol{\mu}^T \mathbf{w}}_{\text{Expected Return}} - \lambda_1 \underbrace{\mathbf{w}^T \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{w}}_{\text{Portfolio Risk}} + \lambda_2 \sum_{i=1}^4 s_i w_i^3 - \lambda_3 \sum_{i=1}^4 k_i w_i^4 - \sum_{i=1}^4 \left(a_i (w_i - w_i^0)^2 + b_i \sqrt{(w_i - w_i^0)^2 + \varepsilon} \right)$$

dengan:

- $\boldsymbol{\mu}$: vektor ekspektasi return empat saham
- $\boldsymbol{\Sigma}$: matriks kovarians return antar saham
- s_i : koefisien skewness
- k_i : koefisien kurtosis
- w_i^0 : bobot portofolio awal (0.25 untuk semua saham)
- a_i, b_i : parameter biaya transaksi nonlinier ($a_i = 10, b_i = 0.5; i = 1,2,3,4$)
- $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$: bobot preferensi risiko dan bentuk distribusi
- ε : nilai kecil untuk menghindari ketakdiferensialan fungsi akar

Verified by Department,

[Lili Ayu Wulandhari] (D5339)
October 21st, 2025

Kendala (Constraints)

1. Anggaran total investasi (semua dana harus diinvestasikan penuh)

$$\sum_{i=1}^4 w_i = 1$$

2. Batas bobot individu saham (short selling diizinkan maksimum 20%, alokasi maksimum 60%)

$$-0.2 \leq w_i \leq 0.6, i = 1, 2, 3, 4$$

3. Batas leverage total (mengontrol tingkat penggunaan dana pinjaman / margin)

$$\sum_{i=1}^4 \sqrt{w_i^2 + \varepsilon} \leq 1.5$$

4. Batas turnover (total transaksi dari portofolio awal untuk menghindari rebalancing terlalu ekstrem)

$$\sum_{i=1}^4 \sqrt{(w_i - w_i^0)^2 + \varepsilon} \leq 0.6$$

5. Rasio Sharpe minimum (portofolio harus memiliki minimal rasio imbal hasil terhadap risiko)

$$\frac{\mu^\top w}{\sqrt{w^\top \Sigma w}} \geq 0.25$$

Tugas:

- a. **[LO 2 – 5 Points]** Formulasikan ulang (dalam bentuk matematis) seluruh model di atas dalam bentuk matematis standar NLP (tulis fungsi objektif dan semua kendala secara eksplisit).
- b. **[LO 2 – 5 Points]** Implementasikan model tersebut dalam bahasa Python menggunakan Pyomo dan gunakan solver IPOPT (atau solver lain yang memungkinkan).
- c. **[LO 2 – 10 Points]** Lakukan eksperimen numerik:
 - i. Jalankan model dengan inisialisasi berbeda-beda (multi-start) untuk menemukan solusi terbaik.
 - ii. Tunjukkan bobot optimal w^* dan nilai maksimum fungsi utilitas $U(w^*)$.
 - iii. Analisis apakah solusi yang Anda peroleh merupakan optimum lokal atau global.
- d. **[LO 1, 2 – 10 Points]** Uraikan interpretasi hasilnya:
 - i. Bagaimana trade-off antara risiko dan return?
 - ii. Apakah skewness dan kurtosis memengaruhi pilihan saham dominan?
 - iii. Bagaimana dampak batas turnover terhadap perubahan bobot akhir?
- e. **[LO 1, 2 – 10 Points]** Membuat video penjelasan untuk setiap bagian soal.

4. [LO 1, 2 – 15 Points] Analisis Keputusan untuk Program Kesehatan Masyarakat

Departemen Kesehatan sebuah kota besar menghadapi peningkatan prevalensi diabetes tipe 2 yang mengkhawatirkan. Mereka telah mengalokasikan anggaran untuk meluncurkan satu program intervensi besar selama lima tahun ke depan. Setelah melalui diskusi dengan para ahli kesehatan masyarakat (KOL), spesialis (SME), dan tim internal (C-level), ada dua proposal utama yang dipertimbangkan:

1. **Kampanye Media Massal:** Meluncurkan kampanye kesadaran besar-besaran melalui iklan TV, radio, media sosial, dan papan reklame di seluruh kota. Tujuannya adalah menjangkau audiens seluas mungkin untuk mempromosikan gaya hidup sehat.
Biaya Investasi: \$2,5 Miliar
2. **Program Intervensi Komunitas:** Mengadakan program-program lokal yang lebih intensif seperti lokakarya nutrisi, kelas olahraga gratis di pusat komunitas, dan pemeriksaan kesehatan keliling di lingkungan-lingkungan dengan risiko tinggi.
Biaya Investasi: \$1,8 Miliar

Keputusan ini diselimuti ketidakpastian, terutama mengenai seberapa baik masyarakat akan merespons (tingkat keterlibatan) setiap program.

Verified by Department,

*[Lili Ayu Wulandhari] (D5339)
October 21st, 2025*

Tim analis, bersama dengan DAC (*Decision Advisory Council*) yang terdiri dari dokter, ahli epidemiologi, dan spesialis komunikasi, telah mengembangkan probabilitas subjektif (priors) untuk berbagai Skenario Keadaan Dunia (SOWs).

1. Skenario Tingkat Keterlibatan Publik (SOW - Tahap 1)

Bagian ini adalah ketidakpastian yang utama. Tim telah menetapkan probabilitas prior untuk tingkat keterlibatan publik yang mungkin terjadi untuk setiap program.

Tabel 1. Probabilitas Prior untuk Skenario Keterlibatan Publik

Proposal	Keterlibatan Rendah	Keterlibatan Sedang	Keterlibatan Tinggi
Kampanye Media	0.30	0.50	0.20
Program Komunitas	0.25	0.35	0.40

2. Skenario Perubahan Perilaku & Hasil (SOW - Tahap 2)

Setelah tingkat keterlibatan tercapai, keberhasilan program bergantung pada seberapa signifikan perubahan perilaku masyarakat (misalnya, pola makan, aktivitas fisik). Hasilnya diukur dalam estimasi pengurangan kasus baru diabetes selama 5 tahun.

Tabel 2. Distribusi Prior untuk Dampak Program (Pengurangan Kasus)

Proposal	Skenario Keterlibatan	Tingkat Perubahan Perilaku	Prior	Pengurangan Kasus
Kampanye Media	Tinggi	Signifikan	0.40	1500
		Minor	0.50	800
		Tidak Ada	0.10	100
	Sedang	Signifikan	0.20	900
		Minor	0.60	500
		Tidak Ada	0.20	50
	Rendah	Signifikan	0.05	300
		Minor	0.25	150
		Tidak Ada	0.70	0
Program Komunitas	Tinggi	Signifikan	0.60	1800
		Minor	0.30	1100
		Tidak Ada	0.10	200
	Sedang	Signifikan	0.45	1200
		Minor	0.45	700
		Tidak Ada	0.10	100
	Rendah	Signifikan	0.10	400
		Minor	0.30	200
		Tidak Ada	0.60	0

3. Skenario Penambahan Program

Setelah mempertimbangkan beberapa hal. Dewan kota memutuskan untuk menambah anggaran dan mempertimbangkan portofolio program yang lebih luas. Kini, Departemen Kesehatan memiliki anggaran maksimal **\$5 Miliar** dan dapat memilih lebih dari satu program, namun dengan beberapa batasan.

Menu keputusan telah diperluas menjadi empat program potensial. Dua program awal (Kampanye Media dan Program Komunitas) telah dievaluasi menggunakan Decision Analysis Decision Trees (DADT), dan dua program baru ditambahkan dengan estimasi KPM yang sudah dihitung oleh tim lain. Berikut adalah menu keputusan akhir yang berisi empat program. Nilai untuk dua program pertama berasal dari analisis DADT yang telah kita lakukan sebelumnya.

Tabel 3. Menu Keputusan Akhir

No	Program	Estimasi Pengurangan Kasus	Biaya Investasi (Miliar \$)	Catatan Khusus
1	Kampanye Media	?	2.5	Membutuhkan tim komunikasi besar
2	Program Komunitas	?	1.8	Membutuhkan relawan lapangan

Verified by Department,

[Lili Ayu Wulandhari] (D5339)
October 21st, 2025

3	Subsidi Gym & Nutrisi	950	0.5	Efektif jika digabung dengan program lain
4	Aplikasi Kesehatan Kota	450	0.3	Membutuhkan tim IT khusus

Dewan kota dan tim ahli kesehatan memberikan beberapa kendala operasional dan strategis:

1. **Kendala Anggaran:** Total biaya investasi dari semua program yang dipilih tidak boleh melebihi \$5 Miliar.
2. **Kendala Kapasitas Manajemen:** Departemen hanya memiliki kapasitas untuk mengelola maksimal dua program secara bersamaan.
3. **Kendala Sinergi (Logis):** Program Subsidi Gym & Nutrisi (Program 3) dianggap sangat bergantung pada kesadaran masyarakat. Oleh karena itu, program ini hanya boleh dipilih jika Program Kampanye Media (Program 1) juga dipilih. Program Kampanye Media bisa berjalan sendiri, tetapi Subsidi Gym tidak bisa.
4. **Kendala Sumber Daya Manusia:** Departemen tidak memiliki cukup staf komunikasi dan IT sekaligus. Oleh karena itu, mereka tidak bisa menjalankan Kampanye Media (Program 1) dan Aplikasi Kesehatan Kota (Program 4) secara bersamaan.

Pertanyaan dan Tugas Analisis

Anda adalah seorang data scientist yang ditugaskan untuk membantu Departemen Kesehatan membuat keputusan berbasis data. Dengan menggunakan kerangka DADT dan data yang disediakan:

- a. **[LO 2 – 2 Points]** Hitung Nilai Harapan (*Expected Value*) untuk setiap cabang utama (Kampanye Media dan Program Komunitas), hitung nilai harapan (*expected value*) dari KPM (key performance metrics) Pengurangan Kasus.
- b. **[LO 2 – 2 Points]** Buat Menu Keputusan, sajikan hasil akhir dalam bentuk "menu keputusan" yang sederhana. Menu ini harus menampilkan dua pilihan program (Kampanye Media dan Program Komunitas) beserta nilai harapan total pengurangan kasus dan biaya investasi masing-masing.
- c. **[LO 1, 2 – 3 Points]** Buatkan ilustrasi DADT menggunakan library "`smart_choice`" dan interpretasikan hasilnya.
- d. **[LO 1, 2 – 3 Points]** Setelah adanya penambahan program, tentukan kombinasi program yang harus dipilih oleh Departemen Kesehatan untuk memaksimalkan total estimasi pengurangan kasus diabetes, dengan tetap mematuhi semua kendala yang ada. Tentukan juga berapa Total Biaya Investasi yang diperlukan.
- e. **[LO 1, 2 – 5 Points]** Membuat video penjelasan untuk setiap bagian soal.

Verified by Department,

[Lili Ayu Wulandhari] (D5339)
October 21st, 2025