

Prediksi Kebutuhan Ruang Kelas Perguruan Tinggi dengan Pendekatan Dinamika Sistem

Dian Fajarika*, Ester Anggi Kristiani, Olivia Anastasia Gultom, Sisean Jansen Pedro Sirait

Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Lampung

*Koresponden email: dian.fajarika@ti.itera.ac.id

Diterima: 1 Juli 2025

Disetujui: 18 Juli 2025

Abstract

The availability of physical infrastructure, particularly classrooms, is a critical component in supporting the quality of academic services in higher education institutions. An imbalance between student enrollment growth and classroom capacity can reduce the effectiveness of learning and student satisfaction. This study aims to design a predictive model for classroom needs using a System Dynamics approach, by examining the interrelationship between student numbers, classroom capacity, and student admission policies at the Institut Teknologi Sumatera. The model was developed through stages including problem identification, system conceptualization using a causal loop diagram, formulation of a stock and flow diagram, and model validation through statistical testing. Simulation results indicate that classroom demand will significantly increase over the next 10 to 20 years, driven by a 2% annual student growth rate. To meet this demand, an annual increase of classroom capacity by 4.49% is required, with an alternative scenario of a 5% annual increase capable of accelerating the fulfillment timeline from 24 years to 13 years. These findings highlight the importance of adaptive and data-driven infrastructure planning as a strategic effort to enhance the quality of academic services in higher education institutions.

Keywords: *predictive model, classroom space, educational infrastructure, system dynamics, capacity planning, simulation*

Abstrak

Ketersediaan infrastruktur fisik, khususnya ruang kelas, merupakan komponen penting dalam menunjang kualitas layanan akademik di perguruan tinggi. Ketidakseimbangan antara pertumbuhan jumlah mahasiswa dan kapasitas ruang kelas dapat menurunkan efektivitas pembelajaran dan kepuasan mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk merancang model prediktif kebutuhan ruang kelas berbasis pendekatan *System Dynamics*, dengan mengkaji hubungan antara jumlah mahasiswa, kapasitas ruang, dan kebijakan penerimaan mahasiswa di Institut Teknologi Sumatera. Data yang digunakan untuk model prediksi dari tahun 2021 hingga tahun 2024. Model dikembangkan melalui tahapan identifikasi masalah, konseptualisasi sistem menggunakan *causal loop diagram*, formulasi *stock and flow diagram*, serta validasi model melalui uji statistik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kebutuhan ruang kelas meningkat signifikan dalam 10 hingga 20 tahun ke depan seiring dengan pertumbuhan mahasiswa sebesar 2% per tahun. Untuk mengimbangi kebutuhan tersebut, diperlukan peningkatan kapasitas ruang sebesar 4,49% per tahun, dengan alternatif skenario peningkatan hingga 5% mampu mempercepat waktu pemenuhan kebutuhan ruang dari 24 tahun menjadi 13 tahun. Temuan ini menegaskan pentingnya perencanaan infrastruktur yang adaptif dan berbasis data sebagai strategi peningkatan kualitas layanan akademik di institusi pendidikan tinggi.

Kata Kunci: *model prediksi, ruang kelas, infrastruktur pendidikan, dinamika sistem, perencanaan kapasitas, simulasi*

1. Pendahuluan

Kualitas layanan akademik memegang peranan penting dalam menentukan efektivitas lembaga pendidikan dalam memenuhi layanan mengajar dan belajar [1]. Salah satu komponen utama yang memengaruhi kualitas layanan dalam pendidikan adalah ketersediaan dan kondisi infrastruktur fisik, khususnya ruang kelas[2]. Infrastruktur ruang kelas yang memadai berdampak langsung pada proses belajar mengajar dan pengalaman akademis secara keseluruhan bagi siswa dan staf pengajar[3]. Infrastruktur fisik berpengaruh langsung terhadap kepuasan dan persepsi kualitas layanan akademik. Ruang kelas yang terlalu padat menurunkan kenyamanan belajar dan mengurangi interaksi dosen-mahasiswa [4].

Perguruan tinggi menghadapi fluktuasi penerimaan mahasiswa dari tahun ke tahun. Di banyak institusi pendidikan, khususnya yang mengalami peningkatan jumlah pendaftaran mahasiswa secara cepat, permintaan terhadap infrastruktur ruang kelas yang memadai dan modern sering kali melampaui ketersediaannya. Ketidakseimbangan ini dapat menyebabkan lingkungan belajar yang terlalu padat, berkurangnya interaksi antara dosen dan mahasiswa, serta menurunnya kepuasan mahasiswa [5]. Faktor-faktor tersebut pada akhirnya memengaruhi kualitas layanan akademik baik secara nyata maupun yang dirasakan[1][2].

Penerimaan mahasiswa ini salah satunya didukung oleh ketersediaan fasilitas berupa ruang kelas [3]. Kegagalan dalam penyediaan fasilitas menyebabkan penurunan kualitas layanan yang mempengaruhi kuota mahasiswa yang akan dibuka [6]. Masalah penelitian ini menunjukkan bahwa perguruan tinggi pada Institut Teknologi Sumatera menerima mahasiswa lebih sedikit pada tahun 2023 dan 2024 dibandingkan tahun 2021[7]. Hal ini dapat disebabkan karena kapasitas ruangan yang tidak mencukupi. Berdasarkan masalah tersebut maka penelitian ini merancang model untuk memprediksi kebutuhan ruangan berdasarkan pertumbuhan penerimaan mahasiswa sebelum tahun 2021 hingga 2024.

Penelitian ini menyelesaikan permasalahan gap kebutuhan ruangan dengan ketersediaan ruangan. Gap ini perlu dihitung untuk memprediksi kebutuhan ruang kelas dengan memperhatikan variabel lain seperti penambahan mahasiswa yang diterima, dan kapasitas ruangan[8]. Perhitungan gap ini menjadi dasar untuk perencanaan kebutuhan ruangan untuk memaksimalkan layanan mahasiswa. Penelitian menggunakan pendekatan dinamika sistem untuk mendapat *feedback loop* antara jumlah mahasiswa yang diterima dengan kebutuhan ruangan yang berdampak pada peluang penambahan kuota mahasiswa yang diterima[9]. Adanya potensi penambahan kapasitas memberikan kesempatan menerima mahasiswa lebih banyak. Metode ini sesuai dengan penelitian karena mampu menyelesaikan masalah yang kompleks, memiliki hubungan antar variabel yang bersifat dinamis dan memiliki *feedback loop*.

Studi-studi terbaru telah mengeksplorasi hubungan antara kualitas layanan akademik, infrastruktur, dan kepuasan mahasiswa di lingkungan pendidikan. Penelitian menunjukkan bahwa baik kualitas layanan akademik maupun infrastruktur memiliki pengaruh positif langsung terhadap kepuasan mahasiswa, di mana layanan akademik menjelaskan 52,7% dan infrastruktur menjelaskan 34,5% variansi kepuasan mahasiswa [10]. Infrastruktur, khususnya faktor-faktor yang berkaitan dengan kenyamanan, telah diidentifikasi sebagai dimensi penting yang memengaruhi kualitas pendidikan dan kinerja akademik [11]. Selain itu, budaya mutu juga ditemukan memiliki dampak positif terhadap kualitas layanan maupun kualitas infrastruktur di institusi pendidikan [12]. Hubungan antara faktor-faktor ini bersifat kompleks, di mana kualitas infrastruktur berperan sebagai mediasi parsial dalam pengaruh budaya mutu terhadap kualitas layanan. Temuan ini menegaskan pentingnya membangun budaya mutu dan meningkatkan infrastruktur untuk meningkatkan kualitas layanan akademik dan kepuasan mahasiswa di institusi pendidikan.

Artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi hubungan antara infrastruktur ruang kelas dan kondisi penerimaan mahasiswa dengan menganalisis bagaimana perbaikan atau kekurangan dalam ruang belajar fisik memengaruhi hasil layanan kebutuhan ruang kelas. Dengan mengkaji hubungan ini, studi ini berupaya memberikan wawasan yang dapat menjadi panduan dalam perencanaan infrastruktur dan pengambilan kebijakan guna meningkatkan penyelenggaraan pendidikan dan kinerja institusi. Temuan penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan lingkungan akademik yang lebih berpusat pada mahasiswa melalui investasi strategis pada infrastruktur.

2. Studi Literatur

Perencanaan infrastruktur dalam dunia pendidikan merupakan elemen strategis yang mendukung peningkatan kualitas layanan akademik. Infrastruktur seperti ruang kelas dan laboratorium harus disesuaikan dengan proyeksi jumlah mahasiswa untuk mencegah kekurangan kapasitas. Proses perencanaan yang kurang sistematis dapat memicu ketidakseimbangan antara jumlah mahasiswa dan fasilitas, yang berpotensi mengganggu efektivitas pembelajaran. Perencanaan infrastruktur telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dalam rangka mengevaluasi kualitas layanan. Model kualitas layanan seperti SERVQUAL mendorong institusi menyelaraskan dimensi fisik dan keandalan layanan sesuai harapan mahasiswa [13]. Perencanaan ruang kelas harus mempertimbangkan kapabilitas layanan dan standar kualitas akademik secara holistik.

Pemodelan dinamika sistem telah berkembang sebagai alat yang bernilai dalam perencanaan kapasitas dan pengambilan keputusan di institusi pendidikan tinggi [14]. Pendekatan ini digunakan untuk memproyeksikan jumlah pendaftaran mahasiswa serta kebutuhan sumber daya seperti ruang kelas, laboratorium, dan tenaga pengajar [15]. Model ini memungkinkan evaluasi berbagai skenario penerimaan

mahasiswa dan dampaknya terhadap alokasi sumber daya dalam jangka waktu tertentu [16]. Penerapan model dinamika sistem dalam konteks pendidikan tinggi telah mencakup berbagai bidang seperti tata kelola institusi, perencanaan, penganggaran, mutu pengajaran, dan permintaan pendaftaran [17]. Model ini memiliki keunggulan dibandingkan pendekatan statistik konvensional karena mampu memberikan penjelasan dan wawasan terhadap hubungan antar variabel, memungkinkan proyeksi jangka panjang, serta mendukung analisis skenario *what-if* [18]. Pendekatan ini mendukung pembentukan strategi yang berhubungan dengan institusi pendidikan tinggi, khususnya di negara berkembang yang berfokus pada peningkatan kualitas dan penyesuaian terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Pendekatan *System Dynamics* digunakan untuk menganalisis perkembangan suatu sistem kompleks seiring waktu. Pendekatan ini sangat berguna untuk proyeksi jangka panjang yang melibatkan berbagai variabel saling bergantung [19]. Model ini memiliki keunikan dibandingkan dengan model statistik yaitu tidak hanya mendukung proses prediksi dan pengendalian, tetapi juga meningkatkan pemahaman melalui visualisasi interaksi antara variabel terikat dengan faktor-faktor eksternal maupun internal yang memengaruhinya [20]. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model prediksi untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur ruang kelas dengan menggunakan pendekatan dinamika sistem. Model ini memperhitungkan keterkaitan antara meningkatnya minat mahasiswa dan kebutuhan infrastruktur ruang kelas yang selanjutnya memengaruhi potensi peningkatan jumlah penerimaan mahasiswa melalui mekanisme umpan balik. Pengembangan model didorong oleh tuntutan internal serta masukan dari pihak eksternal. Model yang diusulkan memiliki sifat adaptif terhadap perubahan lingkungan, sehingga dapat digunakan untuk melakukan berbagai analisis *what-if* dalam rangka merumuskan strategi yang efektif.

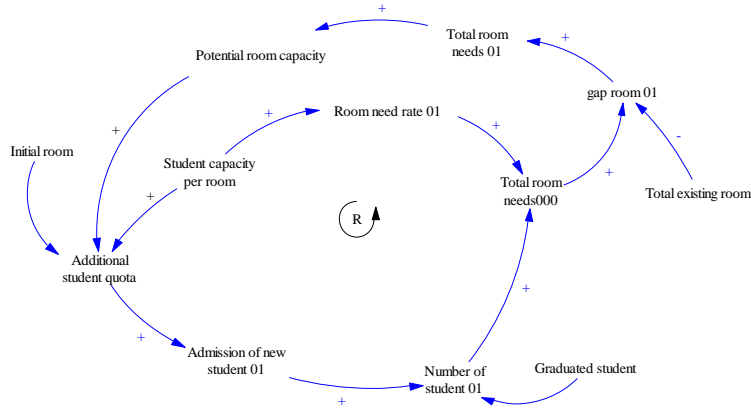
3. Metode Penelitian

Model dibuat berdasarkan kondisi nyata dan analisis hubungan antar variabel. Lokasi penelitian yang digunakan di Institut Teknologi Sumatera. Data yang digunakan untuk model prediksi dari tahun 2021 hingga tahun 2024. Tahapan penyelesaian masalah ini menggunakan tahapan *system dynamics* [21] meliputi identifikasi dan definisi masalah, konseptualisasi sistem – *causal loop diagrams* (CLDs), formulasi model (*stock and flow diagrams*), simulasi dan validasi model, dan rekomendasi perbaikan. Identifikasi dan definisi permasalahan dilakukan dengan menganalisis masalah real dan mencari hubungan antara variabel dari data sekunder dan primer. Tahapan konseptualisasi sistem dilakukan dengan menggambarkan kondisi nyata yang dibuat berdasarkan pendapat para pakar bagian perencanaan dan pengadaan infrastruktur ruang kelas. Formulasi model dibuat dengan menggunakan sumber referensi dan logika matematis dari hubungan antar variabel. Tahap analisis sensitivitas menggunakan kondisi ekstrem dan perilaku dari variabel. Tahap rekomendasi perbaikan menggunakan hasil analisis parameter pertambahan ruang kelas yang dibangun untuk penyediaan ruang kelas.

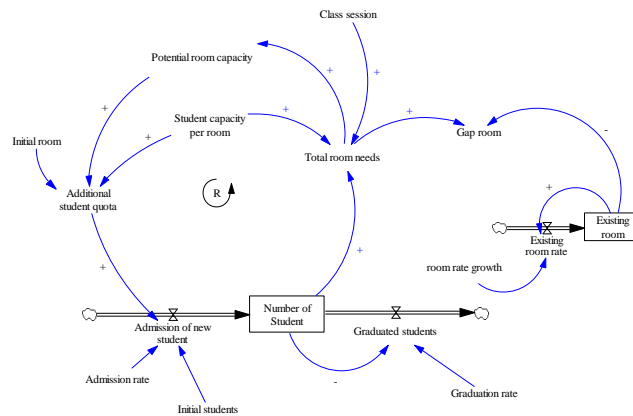
4. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan terdapat 12 variabel yang mempengaruhi perencanaan infrastruktur ruangan. variabel tersebut didapatkan dari literatur dan sumber pakar bagian perencanaan kampus. Hasil konseptualisasi sistem ditunjukkan oleh diagram *causal loop*. *Causal loop diagram* menunjukkan bahwa kebutuhan ruang kelas dipengaruhi oleh jumlah mahasiswa yang diterima. Jumlah mahasiswa menentukan jumlah ruang kelas yang harus disediakan. Jumlah potensi ruang kelas ini memberikan dampak terhadap penambahan kuota penerimaan mahasiswa. Kuota penerimaan mahasiswa ini menarik peluang mahasiswa untuk semakin bertambah setiap tahunnya. Kuota penambahan penerimaan mahasiswa ini kembali memenuhi jumlah kapasitas ruangan. Kapasitas ruangan ini juga dipengaruhi oleh jumlah mahasiswa yang dihitung dari selisih jumlah siswa yang diterima dengan siswa yang lulus (**Gambar 1**). *Feedback loop* positif terjadi dari potensi kapasitas ruangan memberikan pengaruh terhadap penambahan kuota mahasiswa yang diterima di universitas sehingga memberikan tambahan jumlah total mahasiswa. Umpan balik ini disimbolkan dengan tanda R atau disebut dengan *reinforcing* yang memiliki makna saling menguatkan [21].

Tahapan selanjutnya merancang formulasi model berupa *stock flow diagram* (SFD). Hasil *stockflow diagram* (SFD) di **Gambar 2** menunjukkan bahwa perencanaan ruangan yang dihitung adalah total kebutuhan ruangan (*total room needs*) yang dipengaruhi oleh jumlah mahasiswa (*number of students*). SFD menunjukkan 2 variabel sebagai *stock* berupa jumlah siswa dan jumlah ruangan eksisting. Stock pada jumlah mahasiswa ini dipengaruhi oleh rata-rata penerimaan mahasiswa baru (*admission of new student*) dan jumlah lulusan (*graduated students*). *Stock* untuk ruangan eksisting dipengaruhi oleh rata-rata penambahan ruangan yang didapatkan dari pertumbuhan data aktual. Jumlah ruangan yang dibutuhkan ini dapat sebagai panduan untuk peningkatan jumlah ruangan yang dapat meningkatkan peluang penambahan mahasiswa baru.



Gambar 1. Causal loop diagram

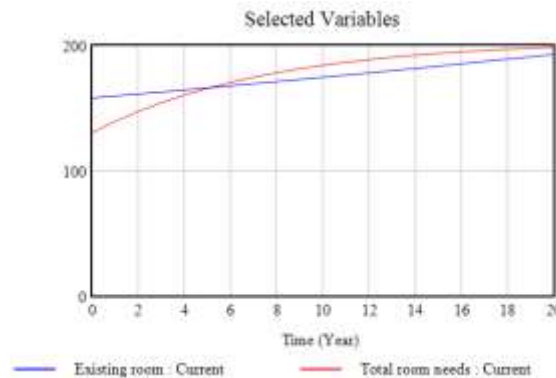


Gambar 2. Stock flow diagram

Hasil formulasi model ini divalidasi dengan pengujian perbandingan data eksisting dengan data hasil running simulasi. Hasil uji t statistik (*t-test*) dengan nilai signifikansi ($\rho > 0,05$) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antara data aktual dengan data hasil model dinamika sistem. Hal ini menunjukkan bahwa model yang dirancang dapat menggambarkan kondisi eksisting pada sistem nyata.

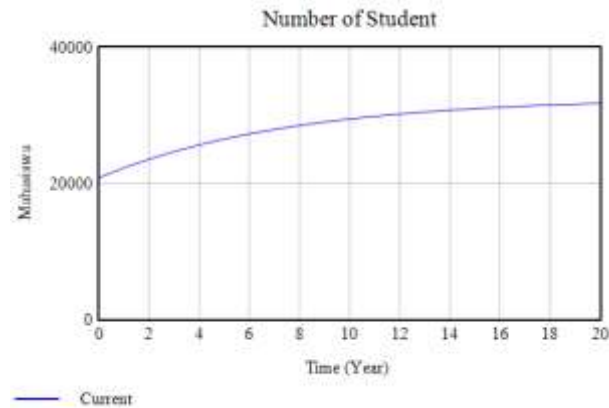
Model eksisting

Hasil *running stockflow diagram* (**Gambar 3**) menunjukkan bahwa kebutuhan ruang kelas mengalami kenaikan selama 10 tahun ke depan. Kemampuan penyediaan ruangan eksisting tidak sebanding dengan kebutuhan ruangan yang diprediksi selama 10 tahun mendatang. Namun pada ruangan pada tahun saat ini sampai tahun ke-empat menunjukkan kelebihan ruangan sehingga penambahan ruang kuliah dapat dilakukan pada tahun keempat. Hasil running simulasi ini menunjukkan bahwa kampus harus merencanakan untuk menambah ruang kelas dengan peningkatan tahunan sebesar 4,49 % setiap tahun mulai tahun ke-5.



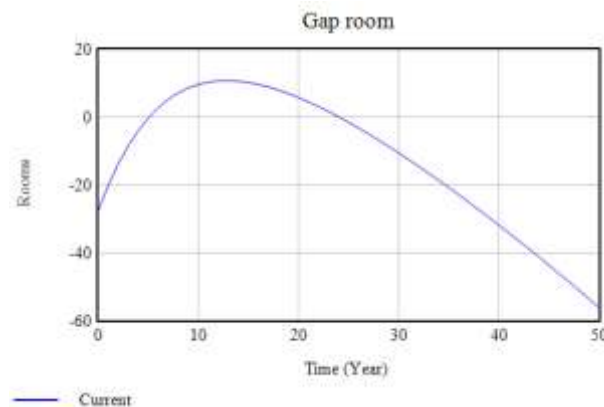
Gambar 3. Total kebutuhan ruangan

Hasil running model (**Gambar 4**) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan jumlah mahasiswa (*number of students*) selama 20 tahun mendatang. Penambahan ruangan diperlukan karena terjadi penambahan jumlah mahasiswa sebesar 2% per tahun. Peningkatan ini membutuhkan jumlah peningkatan ruangan sebesar 4,49% dengan perhitungan kapasitas ruangan sebesar 40 mahasiswa per ruangan.



Gambar 4. Jumlah Mahasiswa

Hasil analisis selisih ruangan yang dibutuhkan dengan ruangan yang tersedia (*gap room*) yang menunjukkan bahwa penambahan ruangan diperlukan pada rentang tahun ke-6 hingga ke-24 tahun mendatang. Setelah tahun ke-24 maka penambahan ruangan dapat diabaikan. Hal ini dikarenakan jumlah ruangan dan kapasitas yang dibutuhkan telah mencapai keseimbangan.



Gambar 5. Gap ruangan

Simulasi skenario

Skenario yang dapat dilakukan untuk periode selama 20 tahun mendatang. Skenario ini digunakan untuk meningkatkan performansi model eksisting yang menunjukkan bahwa perguruan tinggi masih memerlukan waktu minimum 19 tahun untuk memenuhi kebutuhan ruang kelas dengan tingkat penambahan ruang saat sebesar 0,9%. Hasil skenario simulasi menunjukkan bahwa untuk menambah kapasitas ruangan yaitu memperbesar nilai kenaikan penambahan ruangan yang semula hanya 1% menjadi 5%. Alasan skenario ini karena kemampuan instansi yang dapat memaksimumkan rencana alokasi pembangunan hingga 5%. Penambahan ini memberikan penurunan pada *gap room* sebesar 3,5 kali lipat dari kekurangan sebesar 9 ruangan menjadi 2 ruangan pada tahun ke-20. Waktu pemenuhan ruangan dimana pada kondisi eksisting membutuhkan waktu 19 tahun untuk mencapai keseimbangan kapasitas ruangan, dengan skenario tersebut dapat turun sebesar 13 tahun (**Tabel 1**). Hal ini memberikan berdampak pada penambahan mahasiswa sebesar 2,7% rata-rata per tahun dari semula 2,1% per tahun. Data prediksi kenaikan jumlah mahasiswa dari eksisting ke skenario sebesar 9,7%.

Perancangan model ini menunjukkan bahwa model dinamika sistem mampu memberikan prediksi dengan perubahan waktu hingga menunjukkan titik jenuh peningkatan variabel di bidang pendidikan [14], [18]. Pemenuhan kapasitas ruangan pada perguruan tinggi memerlukan penambahan sumber keuangan untuk dapat menambah kapasitas ruangan hingga 13 tahun mendatang. Hasil model menunjukkan bahwa mahasiswa pada 20 tahun mendatang diprediksi mencapai 31763 mahasiswa. Hal ini mengakibatkan meningkatnya kebutuhan ruang kelas

Tabel 1. Analisis perbandingan model eksisting dan skenario

Komponen	Eksisting	Skenario
Gap room (selisih ruangan yang tersedia dengan ruangan yang dibutuhkan)	9	2
Waktu pemenuhan kebutuhan ruangan (tahun)	19	13
Kenaikan jumlah mahasiswa (rata-rata per tahun)	2,1%	2,7%

5. Kesimpulan

Hasil penelitian menemukan 12 variabel yang memengaruhi perencanaan infrastruktur ruang kelas. Variabel tersebut diperoleh dari studi literatur dan wawancara dengan pakar perencanaan kampus. Model konseptual divisualisasikan melalui *Causal Loop Diagram* (CLD) dan *Stock-Flow Diagram* (SFD). Jumlah mahasiswa menjadi faktor kunci dalam perencanaan ruang kelas. Peningkatan jumlah mahasiswa dari penerimaan baru secara langsung mempengaruhi kebutuhan ruang dan kapasitas ruangan yang tersedia. Model sistem yang dirancang telah divalidasi secara statistik, dan hasilnya menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antara data aktual dengan hasil simulasi model. Ini menunjukkan bahwa model akurat dalam merepresentasikan kondisi nyata perguruan tinggi.

Prediksi model menunjukkan adanya kesenjangan (gap) antara ruang yang tersedia dan ruang yang dibutuhkan selama 10 hingga 24 tahun mendatang. Hal tersebut diakibatkan oleh pertumbuhan jumlah mahasiswa sekitar 2% per tahun. Hasil model eksisting menunjukkan bahwa penambahan ruang kelas sebesar 0,9% per tahun mengakibatkan perguruan tinggi memerlukan waktu hingga 24 tahun untuk mencapai keseimbangan kapasitas ruang. Improvisasi dengan penggunaan skenario optimasi penambahan ruang sebesar 5% per tahun dapat memangkas waktu menjadi hanya 13 tahun. Penerapan skenario optimasi ruang juga berdampak pada peningkatan jumlah mahasiswa, dari 2,1% menjadi 2,7% rata-rata per tahun. Prediksi menunjukkan jumlah mahasiswa akan mencapai 31.763 orang dalam 20 tahun ke depan.

6. Referensi

- [1] Sugilar, "The Role Of Service Quality Management in Students' Re-Enrollment," *Turkish Online Journal of Distance Education*, vol. 21, no. 1, pp. 45–56, 2020.
- [2] Luthfi, H. Erliana, I. W. Sari, and A. Mustari, "Evaluasi Tingkat Kepuasan Mahasiswa terhadap Pelayanan Pendidikan pada Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat," vol. 1, no. 3, pp. 88–100, 2024.
- [3] N. Nugraha *et al.*, "Quality Assurance in Higher Educational Institutions: Empirical Evidence in Indonesia," *SAGE Open*, vol. 13, no. 4, pp. 1–12, 2023, doi: 10.1177/21582440231203060.
- [4] S. Suryani, "Perbedaan Rata-Rata Hasil Belajar Mahasiswa pada Pembelajaran Kalkulus II Antara Kelas Luring dan Daring," *Nucleus*, vol. 4, no. 2, pp. 146–151, 2024, doi: 10.37010/nuc.v4i2.1497.
- [5] P. Barrett, A. Treves, T. Shmis, D. Ambasz, and M. Ustinova, *The Impact of School Infrastructure on Learning*. 2019.
- [6] H. V. Nguyen, T. D. Vu, M. Saleem, and A. Yaseen, "The influence of service quality on student satisfaction and student loyalty in Vietnam: the moderating role of the university image," *Journal of Trade Science*, vol. 12, no. 1, pp. 37–59, 2024, doi: 10.1108/jts-12-2023-0032.
- [7] ITERA, "Laporan Kinerja Institut Teknologi Sumatera 2024," Lampung Selatan, 2024.
- [8] J. H. Frans, R. A. Bella, and I. B. Lada, "Analisis Kebutuhan dan Pengembangan Ruang Pendidikan pada Fakultas Sains dan Teknik UNDANA," vol. IX, no. 1, pp. 93–102, 2020.
- [9] L. Andrade-Arenas, M. G. Retuerto, and C. Yactayo-Arias, "System Dynamics Modeling for Predicting the Impact of Tutoring on Student Retention in the School of Engineering," *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 13, no. 5, pp. 3446–3454, 2024, doi: 10.11591/eei.v13i5.7562.
- [10] Uswah, H. Muljono, and Musringudin, "The Effect of Quality of Academic Services and Infrastructure on Student Satisfaction At Uhamka Postgraduate School," *JKP | Jurnal Kepemimpinan Pendidikan*, vol. 5, no. 1, pp. 652–659, 2022, doi: 10.22236/jkpuhamka.v5i1.9233.
- [11] N. van den Bogerd, S. C. Dijkstra, S. L. Koole, J. C. Seidell, and J. Maas, "Greening the room: A quasi-experimental study on the presence of potted plants in study rooms on mood, cognitive performance, and perceived environmental quality among university students," *Journal of Environmental Psychology*, vol. 73, no. January 2020, p. 101557, 2021, doi: 10.1016/j.jenvp.2021.101557.
- [12] K. Kartini, S. Samdin, R. Ramli, S. Sinarwati, and Z. Zaludin, "The effect of quality culture on service quality; infrastructure quality as a mediation variable," *International Journal of Applied*

- Economics, Finance and Accounting*, vol. 17, no. 2, pp. 237–245, 2023, doi: 10.33094/ijaefa.v17i2.1121.
- [13] E. R. Nofrida and K. H. Najib, “Analisis Pengaruh Kualitas Layanan Akademik Terhadap Kepuasan Mahasiswa,” *Jurnal Manajemen Pendidikan Dasar, Menengah dan Tinggi [JMP-DMT]*, vol. 4, no. 4, pp. 472–483, 2023, doi: 10.30596/jmp-dmt.v4i4.16231.
- [14] J. A. A. Mejia, G. M. L. Nonsoque, and M. B. Fernandez, “System Dynamics Model for the Sustainability of Educational Resources in Information and Communications Technologies,” in *2021 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*, 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/CONIITI53815.2021.9619623.
- [15] A. A. Makki, H. F. Sindi, H. Brdese, W. Alsaggaf, A. Al-Hayani, and A. O. Al-Youbi, “Goal Programming and Mathematical Modelling for Developing a Capacity Planning Decision Support System-Based Framework in Higher Education Institutions,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 3, 2022, doi: 10.3390/app12031702.
- [16] L. Al Hallak, A. Rami M., M. Alfredo, and M. and Loutfi, “A system dynamic model of student enrolment at the private higher education sector in Syria,” *Studies in Higher Education*, vol. 44, no. 4, pp. 663–682, Apr. 2019, doi: 10.1080/03075079.2017.1393061.
- [17] K. Tomljenović, M. H. Dlab, and V. Zovko, “Using System Dynamics Approach to Development of Enrollment Policies in Higher Education: A Case of Teacher Education Faculties in Croatia,” *TEM Journal*, vol. 11, no. 2, pp. 908–913, 2022, doi: 10.18421/TEM112-52.
- [18] M. Sahay and K. Kumar, “Strategy formation for higher education institutions using system dynamics modeling,” *International Journal of Intelligent Technologies & Applied Statistics*, vol. 7, no. 3, pp. 207–227, 2014, doi: 10.6148/IJTAS.2014.0703.02.
- [19] E. Romero and M. C. Ruiz, “Proposal of an agent-based analytical model to convert industrial areas in industrial eco-systems,” *Science of the Total Environment*, vol. 468–469, pp. 394–405, 2014, doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.08.049.
- [20] F. Bayu, E. Berhan, and F. Ebinger, “A System Dynamics Model for Dynamic Capability Driven Sustainability Management,” *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 8, no. 1, 2022, doi: 10.3390/joitmc8010056.
- [21] J. D. Sterman, *Business Dynamics : system thinking and modeling for a complex world*. Boston: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2000.