Analisis Pengaruh Faktor Eksternal terhadap Pemeringkatan Universitas Global Menggunakan Deep Neural Network dan SHAP

Mushthafa Aminur Rahman[1], Dr. Kemas Muslim L.[1], and Dr. Aditya Firman Ihsan[1]

[1]*Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung*
{mushthafa@student., kemasmuslim@, aditya.firman@}telkomuniversity.ac.id

Ringkasan

Abstrak—Pemeringkatan universitas global seperti QS dan THE sering dikritik karena bias terhadap negara maju, di mana dominasi indikator reputasi sering menutupi peran ekosistem riset nasional. Penelitian ini bertujuan menginterpretasi pengaruh faktor eksternal (GDP, Belanja R&D, Produktivitas Jurnal, Jumlah Peneliti) terhadap skor universitas menggunakan *Deep Neural Network* (DNN) dan *SHapley Additive exPlanations* (SHAP). Penelitian membandingkan tiga skenario model: *Full*, *Internal-Only*, dan *External-Only*. Hasil menunjukkan bahwa model internal mengalami *indicator leakage* ($R^2 > 0.95$), sedangkan model eksternal valid untuk analisis kausal ($R^2 \approx 0.12 - 0.38$). Analisis SHAP mengungkap bahwa Jumlah Peneliti per Kapita dan Belanja R&D adalah determinan utama skor universitas. Temuan ini mengindikasikan bahwa universitas di Indonesia mengalami *structural disadvantage* dengan defisit skor awal yang signifikan, yang memerlukan intervensi kebijakan riset nasional untuk diatasi.

Kata Kunci: *Deep Neural Network*, Ekosistem Riset Nasional, Pemeringkatan Universitas, SHAP, *Structural Disadvantage*.

1. PENDAHULUAN

Peringkat universitas global, seperti *Times Higher Education* (THE) dan *Quacquarelli Symonds* (QS), telah menjadi acuan utama reputasi institusi pendidikan tinggi. Namun, sistem ini sering dikritik karena mencerminkan ketimpangan struktural ekonomi negara daripada kualitas murni institusi [1]. Indikator internal seperti sitasi dan reputasi sering kali bias terhadap negara dengan pendanaan riset besar.

Penggunaan *Machine Learning* dalam studi sebelumnya sering terjebak pada rekonstruksi rumus penilaian (*indicator leakage*) karena menyertakan variabel internal yang bobotnya sudah deterministik [2]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu mengisolasi pengaruh faktor eksternal untuk memahami kausalitas yang sebenarnya.

Penelitian ini mengusulkan penggunaan *Deep Neural Network* (DNN) yang diintegrasikan dengan SHAP untuk menganalisis pengaruh empat indikator makro: GDP, Belanja R&D, Produktivitas Jurnal, dan Jumlah Peneliti. Fokus utama penelitian adalah mengidentifikasi determinan makro yang paling berpengaruh dan mengevaluasi posisi struktural universitas di Indonesia, termasuk Universitas Telkom, dalam lanskap global.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dari tiga sumber utama:

1. **QS & THE Rankings 2024**: Menyediakan variabel target (skor keseluruhan).
2. **World Bank Open Data 2020**: Menyediakan indikator makro ekonomi. Data tahun 2020 dipilih untuk memberikan jeda waktu (*time-lag*) 4 tahun terhadap peringkat 2024.

2.2. Desain Sistem

Penelitian dirancang dengan membandingkan tiga skenario model secara paralel untuk dua dataset berbeda (QS dan THE) guna mengisolasi variabel eksternal.

1. **Full Model**: Menggunakan seluruh fitur (Internal + Eksternal). Tujuannya adalah melihat batas atas akurasi prediksi.
2. **Internal-Only**: Hanya menggunakan fitur internal (seperti Reputasi Akademik, Sitasi). Model ini berfungsi sebagai *baseline* untuk mendeteksi kebocoran data.
3. **External-Only**: Hanya menggunakan 4 fitur makro ekonomi negara (*gdp_usd*, *r_d_spending*,

journal_articles, *researchers*). Model ini digunakan sebagai alat analisis kausalitas utama.

2.3. Arsitektur DNN

Model dibangun dengan arsitektur *Multi-Layer Perceptron* (MLP) menggunakan 3 *hidden layers* (128, 64, 32 neuron) dengan fungsi aktivasi ReLU, optimizer Adam ($\alpha = 0.001$), dan fungsi kerugian *Mean Squared Error* (MSE).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Evaluasi Kinerja Model

Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan perbandingan kinerja model untuk kedua dataset. Model internal pada kedua kasus mencapai akurasi sangat tinggi ($R^2 > 0.95$), yang mengindikasikan terjadinya *indicator leakage*.

Sebaliknya, *External-Only Model* memiliki R^2 yang jauh lebih rendah namun realistis (0.12 untuk QS dan 0.38 untuk THE). Perbedaan ini memvalidasi bahwa model eksternal memprediksi berdasarkan kapasitas negara tanpa bias rumus internal, di mana variansi skor THE lebih dapat dijelaskan oleh faktor eksternal dibandingkan QS.

Tabel 1: Kinerja Model (QS Dataset)

Skenario	Arsitektur	MSE	MAE	R^2
Full Model	[128, 64, 32]	0.04	0.13	0.96
Internal-Only	[128, 64, 32]	0.05	0.13	0.95
External-Only	**[256, 128, 64]**	**0.88**	**0.66**	**0.12**

Tabel 2: Kinerja Model (THE Dataset)

Skenario	Arsitektur	MSE	MAE	R^2
Full Model	[256, 128, 64]	0.02	0.10	0.98
Internal-Only	[256, 128, 64]	0.02	0.10	0.98
External-Only	**[256, 128, 64]**	**0.62**	**0.62**	**0.38**

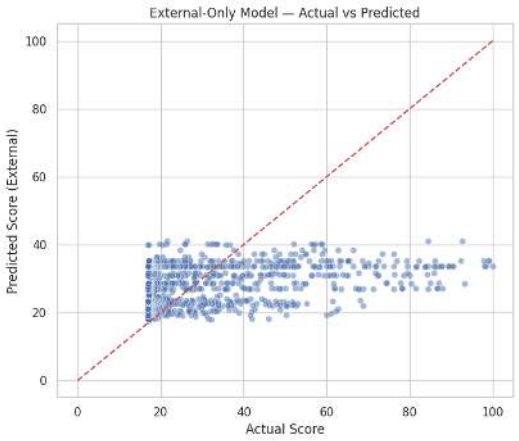
3.2. Analisis Distribusi Error

Distribusi prediksi pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa model eksternal memiliki variansi yang lebih luas. Hal ini menunjukkan bahwa universitas di negara yang sama bisa memiliki peringkat berbeda karena manajemen internal, namun tren umumnya tetap dipengaruhi oleh faktor negara.

3.3. Interpretasi Global SHAP

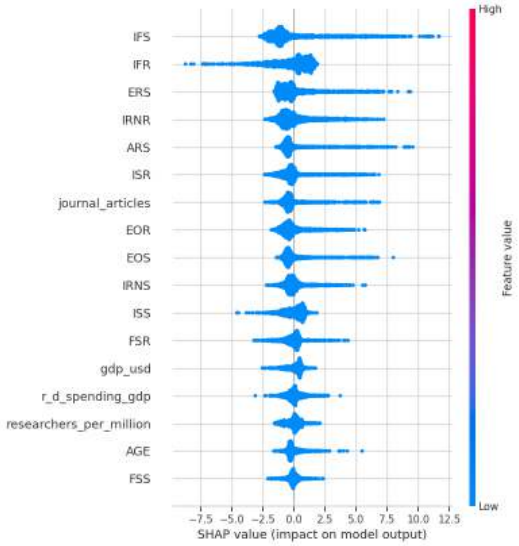
Analisis SHAP (Gambar 2) mengungkap faktor dominan penentu skor:

1. **Researchers per Million**: Determinan utama.
2. **R&D Spending**: Investasi berkorelasi positif kuat.



Gambar 1: Distribusi Prediksi vs Aktual (External-Only)

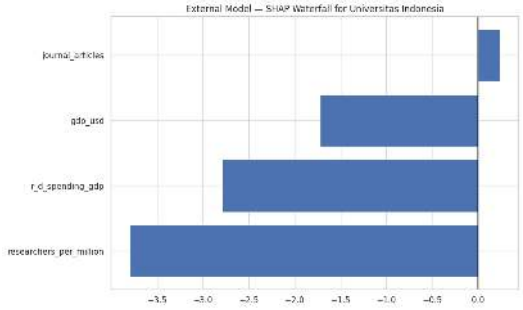
3. **Journal Articles**: Produktivitas riset nasional.
4. **GDP**: Berpengaruh paling kecil.



Gambar 2: SHAP Summary Plot (QS External-Only)

3.4. Analisis Posisi Indonesia (Structural Disadvantage)

Analisis SHAP Waterfall pada Gambar 3 menunjukkan bahwa universitas di Indonesia memulai kompetisi dengan defisit skor yang masif. Nilai SHAP negatif terbesar berasal dari kurangnya jumlah peneliti (-3.79) dan rendahnya belanja R&D (-2.79). Hal ini menegaskan bahwa strategi perbaikan internal kampus (seperti yang dilakukan UI, ITB, Telkom University) menghadapi "langit-langit kaca" akibat ekosistem nasional yang belum mendukung.



Gambar 3: Profil SHAP Eksternal Indonesia

4. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa pemeringkatan universitas global sangat dipengaruhi oleh kapasitas riset negara asal. *External-Only Model* menunjukkan bahwa **Jumlah Peneliti** dan **Belanja R&D** adalah kunci daya saing global. Bagi Indonesia, temuan ini mengimplikasikan perlunya intervensi kebijakan negara yang radikal untuk meningkatkan anggaran riset dan jumlah peneliti doktoral guna mengatasi *structural disadvantage* yang dialami perguruan tinggi.

Pustaka

[1] E. Hazelkorn, "Global rankings and the geopolitics of higher education," *Policy Rev. High. Educ.*, vol. 7, no. 2, pp. 123–142, 2023.

[2] S. Marginson, "The new geopolitics of higher education," *Int. J. High. Educ.*, vol. 9, no. 3, pp. 12–28, 2020.

[3] S. M. Lundberg et al., "From local explanations to global understanding with explainable AI," *Nat. Mach. Intell.*, vol. 2, pp. 56–67, 2020.

[4] UNESCO, *UNESCO Science Report: The race against time for smarter development*. Paris: UNESCO Publishing, 2021.

[5] H. Hill and S. Negara, "Indonesia's research productivity and global competitiveness," *Bull. Indones. Econ. Stud.*, vol. 57, no. 3, pp. 1–22, 2021.