

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkembangan Keilmuan atau Studi Terdahulu

Penelitian mengenai objek dekat Bumi (*Near-Earth Objects*) dan metode prediksinya telah berkembang pesat. (Kurlander et al., 2025) memberikan landasan mengenai prediksi populasi NEO dalam skala besar melalui simulasi sistem tata surya, yang menekankan pentingnya akurasi data orbital untuk mitigasi risiko. Dalam hal klasifikasi tingkat bahaya, (Al Mamun et al., 2024) mengimplementasikan algoritma *NGBoost Classifier* yang menunjukkan akurasi tinggi dalam mengelompokkan asteroid berdasarkan risiko dampak.

Dari sisi teknis observasi, (Stănescu et al., 2025) dan (Zhai et al., 2024) mengembangkan metode *synthetic tracking* untuk mendeteksi objek yang bergerak cepat dengan sensor digital, memberikan solusi pada kendala *trailing loss*. Sementara itu, penggunaan kecerdasan buatan mulai dioptimalkan oleh (Hefele et al., 2020) menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) untuk mengidentifikasi potensi objek penabrak Bumi. Khusus untuk pemrosesan data deret waktu (*time-series*), (Farisi et al., 2024) membuktikan efektivitas model *Recurrent Neural Network* (RNN) dalam memberikan hasil prediksi yang akurat berdasarkan data historis sekuensial. Adapun beberapa studi terdahulu yang diambil, dapat dilihat pada Tabel 2. 1:

Tabel 2. 1 Studi Terdahulu

No.	Penulis	Tahun	Judul
1	Al Mamun A, Iqbal A, Hossain R	2024	<i>Near-earth asteroids classification using NGBoost classifier</i>
2	Kurlander J, Bernardinelli P, Schwamb M, Jurić M, Murtagh J, Chandler C, Merritt S, Nesvorný D, Vokrouhlický D, Jones R	2025	<i>Predictions of the LSST solar system yield: Near-Earth objects, main belt asteroids, Jupiter Trojans, and trans-Neptunian objects</i>
3	Stănescu M, Popescu M, Curelaru L, Vaduvescu O, Bertesteanu D, Predatu M	2025	<i>Data-parallel methods for fast and deep detection of asteroids on the Umbrella platform: Near-real-time synthetic tracking algorithm for near-Earth objects</i>
4	Zhai C, Shao M, Saini N, Choi P, Evans N, Trahan R, Nazli K, Zhan M	2024	<i>Near-earth object observations using synthetic tracking</i>
5	Grav T, Mainzer A, Masiero J, Dahlen D, Spahr T, Bottke W, Masci F	2023	<i>The NEO Surveyor Near-Earth Asteroid Known Object Model</i>
6	Hefele J, Bortolussi F, Zwart S	2020	<i>Identifying Earth-impacting asteroids using an artificial neural network</i>
7	Ramakrishnan A	2021	<i>Hazardous asteroid classification with machine learning using physical and orbital asteroid properties</i>
8	Ananda R, Sampurno J, Lapanporo B	2018	Pemodelan Lintasan Komet pada Tata Surya dengan Variasi Massa dan Posisi

No.	Penulis	Tahun	Judul
9	Pradipta H, Joni K, Ubaidillah A, Ibadillah A	2021	<i>Antena Tracker Televisi Satelit Dengan Algoritma Matematis Sebagai Prediksi Koordinat</i>
10	Syaputri W	2025	<i>The Role of Astronomy in Determining The Direction of The Qibla</i>
11	Farisi I, Shadiq J, Priyadi W, Maulana D, Acep A, Gusril S	2024	Penerapan Model <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN) untuk Prediksi Curah Hujan Berbasis Data Historis

2.2. Posisi Penelitian

Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan saat ini sangat penting untuk menunjukkan posisi dan kontribusi penelitian di bidang Rekayasa Sistem Informasi (RSI). Untuk melihat di mana posisi penelitian di tengah kemajuan teknologi astronomi saat ini, penulis menyusun sebuah matriks perbandingan yang memetakan fokus riset dari para ahli sebelumnya. Jika kita perhatikan, banyak peneliti yang sudah sangat ahli dalam urusan simulasi orbit, klasifikasi risiko asteroid, hingga teknik observasi fisik yang sangat teknis. Namun, sebagian besar riset tersebut masih bersifat saintifik murni dan belum menyentuh sisi kepraktisan bagi pengguna umum. Melalui matriks penelitian pada Tabel 2. 2, kita bisa melihat bagaimana penelitian ini menggabungkan berbagai disiplin ilmu menjadi satu kesatuan sistem yang siap pakai.

Tabel 2. 2 Matriks Posisi Penelitian

		FOKUS PENELITIAN			
		Algoritma & Klasifikasi	Observasi	Pemodelan & Sains	Prediksi Deret Waktu
ARSITEKTUR / METODE	NGBoost Classifier	(Al Mamun et al., 2024)			
	Simulasi N-Body			(Kurlander et al., 2025)	
	Synthetic Tracking		(Stănescu et al., 2025), (Zhai et al., 2024)		
	Analisis Termal			(Grav et al., 2023)	
	ANN (Neural Network)	(Hefelet al., 2020)			
	Machine Learning	(Ramakrishnan , 2021)			
	Metode Leapfrog			(Ananda et al., 2018)	
	Algoritma Matematis		(Pradipta et al., 2021)		
	Astronom i Geodesi		(Syaputri, 2025)		
	RNN (Neural Network)				(Farisi et al., 2024)
	Metode Scrum	Penelitian ini (2026)			

2.3. *Gaps* Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka dan matriks posisi penelitian, ditemukan beberapa kesenjangan (*gaps*) utama yang menjadi fokus penelitian ini, yang diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Kesenjangan integrasi teknologi

Sebagian besar studi terdahulu, seperti (Hefelet al., 2020) dan (Farisi et al., 2024) berfokus pada kekuatan algoritma (ANN/RNN) namun belum mengintegrasikannya ke dalam *platform monitoring* web yang siap pakai.

b. Kesenjangan aksesibilitas data

Riset astronomi murni (Kurlander et al., 2025) cenderung menghasilkan simulasi teknis yang sulit dipahami masyarakat umum. SINEO mengisi celah ini dengan menyajikan visualisasi interaktif melalui Laravel 12.

c. Kesenjangan metodologi

Berbeda dengan penelitian sistem informasi astronomi konvensional, penggunaan metode Scrum dalam penelitian ini memberikan keunggulan pada aspek transparansi dan adaptasi pengembangan sistem yang lebih terukur.

Oleh karena itu, meskipun para ahli sudah banyak meneliti soal benda langit ini dari sisi astronomi murni dan hitungan sains yang rumit, sebenarnya masih ada *gaps* yang cukup lebar antara kecanggihan model prediksi tersebut dengan kemudahan akses bagi kita orang awam. Masalahnya, model cerdas seperti RNN atau ANN seringkali hanya berhenti sebagai simulasi data saja, tanpa ada wadah yang bisa menampilkan hasilnya secara langsung dan interaktif di internet. Di sinilah riset ini mengambil peran untuk mengisi celah tersebut dengan cara menggabungkan kecerdasan buatan tadi ke dalam sebuah *platform monitoring* berbasis web yang lebih "ramah" pengguna, supaya informasi mengenai ancaman benda langit bukan lagi jadi konsumsi rahasia para ilmuwan saja, tapi juga bisa dipantau secara terbuka oleh masyarakat luas.

2.4. *Novelty* (Kebaruan)

Berdasarkan Tabel 2.1 tersebut dapat disimpulkan bahwa *novelty* atau kebaruan dalam penelitian ini terletak pada upaya menjembatani celah antara teori algoritma yang kompleks dengan implementasi sistem yang praktis dan aplikatif. Jika merujuk pada matriks posisi penelitian, terlihat bahwa studi terdahulu seperti yang dilakukan oleh (Farisi et al., 2024) memang telah membuktikan ketangguhan model RNN dalam mengolah data deret waktu, namun fokusnya masih terbatas pada simulasi angka saja. Berdasarkan tinjauan pustaka terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini memiliki beberapa unsur kebaruan (*novelty*) yang membedakannya dengan sistem monitoring atau klasifikasi *Near-Earth Objects* yang sudah ada. Kebaruan tersebut meliputi:

a. Implementasi metodologi scrum

Berbeda dengan penelitian sejenis yang umumnya menggunakan metode *Waterfall* atau tidak menjelaskan metodologi pengembangan secara spesifik, penelitian ini menerapkan metode Scrum. Hal ini memungkinkan pengembangan sistem secara iteratif dan inkremental, sehingga integrasi antara skrip prediksi Python dan *interface* Laravel dapat disesuaikan secara cepat berdasarkan hasil evaluasi di setiap *sprint*.

b. Integrasi *framework* mutakhir (laravel 12)

Berbeda dengan penelitian sistem informasi pada umumnya yang menggunakan versi *framework* lama, sistem ini dibangun di atas Laravel 12. Hal ini memungkinkan pemanfaatan fitur terbaru seperti *automatic route discovery* dan optimasi *query* yang lebih efisien untuk menangani sinkronisasi data elemen orbital NASA secara *real-time*.

c. *Hybrid environment* (php & python)

Penelitian ini menerapkan kolaborasi *hybrid* antara PHP (Laravel) sebagai pengelola antarmuka dan basis data, dengan Python (*TensorFlow*) sebagai mesin kecerdasan buatan. Pendekatan ini memastikan performa aplikasi web tetap ringan sementara proses komputasi berat model RNN dilakukan di latar belakang (*background processing*).

d. Visualisasi elemen orbital yang terperinci

Berbeda dengan sistem yang hanya menampilkan status "Bahaya", "Waspada" atau "Aman", SINEO menyajikan parameter orbital lengkap (*eccentricity*, *inclination*, *velocity*, & *perhelion*) yang dipisahkan secara informatif untuk memberikan edukasi literasi astronomi kepada pengguna.

e. Optimasi prediksi sekuensial 7 hari

Kebaruan pada logika AI penelitian ini terletak pada pembatasan jendela prediksi selama 7 hari ke depan (sepekan) yang dipelajari dari data historis 30 hari terakhir. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir akumulasi *error* pada model RNN dan memastikan tingkat akurasi prediksi tetap valid secara ilmiah.

Kebaruan yang penulis tawarkan pada penelitian ini adalah mengintegrasikan model cerdas tersebut ke dalam sebuah *platform monitoring* berbasis web menggunakan Laravel 12 yang terhubung langsung secara otomatis dengan API NASA CNEOS. Selain itu, sisi kebaruan juga muncul dari metodologi pembangunannya. Di mana penulis menerapkan metode *Scrum* yang memberikan pendekatan pengembangan lebih terukur, adaptif, dan transparan. Jadi, inti dari nilai tambah penelitian ini bukan sekadar pada kecanggihan rumusnya saja, melainkan pada bagaimana hasil prediksi tersebut disajikan melalui antarmuka yang interaktif dan komunikatif, sehingga data astronomi yang tadinya sulit dipahami oleh orang awam, diharapkan nantinya dapat dengan mudah dicerna oleh masyarakat luas.

2.5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis terhadap *Research Gap* dan kebaruan tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun penelitian mengenai klasifikasi asteroid sudah banyak dilakukan, namun sistem yang menggabungkan manajemen pengembangan yang iteratif dengan teknologi prediksi mutakhir masih sangat terbatas.

Sistem SINEO hadir untuk mengisi celah tersebut dengan menggunakan metode *Scrum* untuk menjamin kualitas pengembangan sistem secara bertahap. Dengan menggabungkan ketersediaan data terbuka (*opensource*) dari NASA CNEOS, ketajaman algoritma RNN, dan fleksibilitas Laravel 12, sistem ini tidak hanya

berfungsi sebagai alat pemantau, tetapi juga sebagai instrumen prediktif yang dikembangkan dengan standar rekayasa perangkat lunak yang modern.

Secara keseluruhan, penelitian SINEO menempati posisi strategis sebagai jembatan antara komputasi cerdas RNN dengan kebutuhan informasi publik yang interaktif. Dengan menggabungkan data API NASA CNEOS, arsitektur Laravel 12, dan manajemen proyek *Scrum*, penelitian ini menawarkan solusi *monitoring* yang lebih efisien dan komunikatif dibandingkan pendekatan statis pada studi-studi sebelumnya.