

SMART

Waste Forecasting:

*Sistem Prediktif Timbunan Limbah
untuk Efisiensi Pengelolaan Limbah
di **RSUI***



PERSI AWARD
KATEGORI 3 :
Green Hospital

Tim



Kharisma Ramadlan S. Tr. T



Noni Chrissuda Anggraini, SKM



Andika Elang Dirgantara, S.Kom



Yulia Dwi Ardhani, ST



Novi Febriyani, S.Tr.Kes

Lembar Pengesahan

Smart Waste Forecasting : Sistem Prediktif Timbulan Limbah untuk Efisiensi Pengelolaan Limbah di RSUI

Depok, 11 Agustus 2025

Direktur Utama
Rumah Sakit Universitas Indonesia



dr. Kusuma Januarto, Sp. OG., Subsp. Obginsos



Telah ditandatangani
secara elektronik oleh:

Ringkasan

Rumah Sakit Universitas Indonesia (**RSUI**) mengembangkan "*Smart Waste Forecasting*", sebuah sistem prediktif untuk mengelola timbulan limbah. Dengan menganalisis data historis menggunakan model **ARIMA** dan **SARIMA**, sistem ini berhasil memprediksi jumlah limbah mingguan dengan akurasi 94,73%. Inovasi ini bertujuan untuk mengoptimalkan jadwal pengangkutan, rencana anggaran biaya pengolahan limbah, dan upaya pengoptimalan pengelolaan limbah di rumah sakit. Implementasi sistem ini mendukung efisiensi operasional, menekan biaya, dan memperkuat komitmen RSUI terhadap praktik pengelolaan limbah yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Latar Belakang

Sebagai fasilitas pelayanan kesehatan, rumah sakit menghasilkan limbah medis dalam jumlah besar yang memerlukan pengelolaan secara yang komprehensif. Peningkatan volume timbulan limbah di Rumah Sakit Universitas Indonesia (RSUI) menjadi tantangan signifikan dalam pengelolaan limbah. Dengan menerapkan konsep Green Hospital dalam strategi pengelolaan limbah, RSUI berupaya memastikan bahwa pengelolaan limbah rumah sakit sejalan dengan prinsip keberlanjutan, efisiensi sumber daya, dan perlindungan lingkungan. Isu ini menjadi perhatian utama karena limbah yang tidak terkelola dengan baik dapat mencemari lingkungan sekitar dan membahayakan masyarakat.

Menyadari urgensi tersebut, RSUI membutuhkan sebuah pendekatan proaktif yang berbasis data untuk mengatasi masalah ini. Pendekatan konvensional yang hanya mengandalkan jadwal tetap sering kali tidak efisien, karena tidak mampu beradaptasi dengan fluktuasi jumlah limbah yang sebenarnya. Oleh karena itu, diusulkanlah pengembangan *Smart Waste Forecasting*, sebuah sistem prediktif yang dirancang untuk memberikan estimasi jumlah timbulan limbah secara akurat. Sistem ini diharapkan menjadi solusi inovatif untuk menciptakan proses pengelolaan limbah yang lebih efisien, terukur, dan ramah lingkungan.

Tujuan

Tujuan utama dari proyek ini adalah mengembangkan dan mengimplementasikan sistem *Smart Waste Forecasting* di RSUI. Secara spesifik, target yang ingin dicapai meliputi:

1. Membangun model prediksi yang mampu meramalkan jumlah timbulan limbah mingguan dengan akurasi tinggi.
2. Menyediakan data prediktif sebagai alat pendukung keputusan bagi manajemen untuk mengoptimalkan jadwal pengangkutan limbah, alokasi armada, dan perencanaan tenaga kerja.
3. Meningkatkan efisiensi operasional dan menekan biaya pengelolaan limbah.
4. Digitalisasi pencatatan dan pemantauan limbah dalam upaya meningkatkan efisiensi, akurasi, serta pemantauan limbah padat.
5. Memperkuat komitmen RSUI dalam mewujudkan praktik Green Hospital melalui manajemen sanitasi yang cerdas dan berkelanjutan.

Langkah-Langkah

Implementasi proyek *Smart Waste Forecasting* dilaksanakan melalui beberapa tahapan strategis sebagai berikut:

- **Pengumpulan Data Historis :**

Tahap awal adalah mengumpulkan data runtut waktu (time-series) mengenai total timbunan limbah mingguan di RSUI. Data ini dicatat secara konsisten selama periode 11 Juni 2025 hingga 23 Juli 2025 untuk memastikan ketersediaan data yang representatif untuk analisis.

- **Pemilihan dan Pembangunan Model :**

Dua model statistik, yaitu Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) dan Seasonal ARIMA (SARIMA), dipilih untuk proyek ini. Kedua model ini dikenal efektif untuk menganalisis dan memprediksi data time-series. Model dibangun dengan membagi data historis menjadi dua set: data pelatihan (untuk "melatih" model mengenali pola) dan data validasi (untuk menguji performa model).

- **Evaluasi dan Optimalisasi Model :**

Akurasi prediksi dari kedua model dievaluasi menggunakan metrik Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Metrik ini mengukur persentase kesalahan rata-rata dari hasil prediksi terhadap data aktual. Proses tuning atau penyesuaian parameter dilakukan pada kedua model untuk menemukan konfigurasi yang paling optimal dan menghasilkan tingkat kesalahan terendah.

- **Pengembangan Dashboard dan Visualisasi :**

Hasil prediksi diintegrasikan ke dalam sebuah dashboard pelaporan yang intuitif (seperti pada Gambar 1 dan 2). Dashboard ini dirancang untuk menampilkan data aktual, data prediksi, serta perbandingan kinerja secara visual. Tujuannya adalah agar manajemen dapat dengan mudah memahami informasi dan menggunakannya sebagai dasar pengambilan keputusan operasional.

- **Implementasi Sistem sebagai Alat Pendukung Keputusan :**

Sistem yang telah divalidasi kemudian diimplementasikan sebagai alat bantu untuk melakukan upaya pengelolaan limbah yang lebih optimal, efektif dan efisien. Dengan data prediksi yang akurat, tim dapat merencanakan jadwal pengangkutan limbah secara lebih dinamis, pengelolaan limbah yang sesuai berdasarkan kategori limbah secara efektif dan optimal, rencana anggaran pengelolaan limbah yang efisien, dan pelaporan limbah yang lebih efisien dan akurat.

Hasil

Proyek *Smart Waste Forecasting* berhasil mencapai hasil yang signifikan dan memberikan dampak positif bagi manajemen limbah di RSUI, yaitu :

1. Akurasi Prediksi yang Tinggi.

Hasil pengujian model menunjukkan performa yang sangat baik. Setelah melalui proses *tunning*, model prediksi mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 94,73%. Ini berarti model memiliki tingkat kesalahan Mean Absolute Percentage Error / MAPE) hanya sekitar $\pm 5,27\%$ jika dibandingkan dengan data timbulan limbah mingguan aktual. Tingkat akurasi ini membuktikan bahwa sistem yang dikembangkan sangat efektif dan dapat diandalkan untuk perencanaan.

2. Optimalisasi Pengelolaan dan Efisiensi Biaya.

Dengan prediksi yang akurat, RSUI dapat beralih dari sistem pengangkutan reaktif ke sistem proaktif. Hal ini memungkinkan manajemen untuk:

- **Mengoptimalkan Jadwal Pengangkutan:** Menghindari pengangkutan limbah melebihi batas waktu simpan di Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah dan memastikan kesiapan saat volume diprediksi tinggi.

- **Alokasi Sumber Daya yang Efisien** : Menyesuaikan jumlah tenaga kerja dan armada truk pengangkut sesuai dengan kebutuhan prediksi, sehingga pengangkutan limbah dapat berjalan dengan optimal dan tepat waktu.
- **Perencanaan Anggaran yang Efisien** : Perencanaan anggaran pengelolaan limbah yang efisien.
- **Perencanaan pengelolaan limbah yang optimal** : Merencanakan pengelolaan limbah dari sumber yang lebih optimal dan efisien sesuai dengan upaya minimisasi, pemilahan, pengangkutan dan penyimpanan limbah sesuai dengan jenis dan kategori limbah yang telah dipilah.

3. Fondasi Manajemen Limbah Berbasis Data.

Implementasi sistem ini menjadi fondasi bagi transformasi manajemen limbah di RSUI menjadi lebih cerdas, modern, dan berbasis data (*data-driven*). Keputusan tidak lagi hanya berdasarkan asumsi, melainkan didukung oleh bukti data yang kuat. Hal ini secara langsung berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional secara keseluruhan.

4. Penguatan Komitmen Green Hospital.

Proyek ini secara nyata memperkuat komitmen RSUI terhadap praktik rumah sakit ramah lingkungan. Dengan pengelolaan limbah yang lebih efisien, RSUI berupaya dalam mendukung program pengelolaan limbah, pengurangan emisi karbon, serta mengurangi risiko pencemaran lingkungan, dan mempromosikan citra sebagai rumah sakit yang peduli terhadap keberlanjutan.

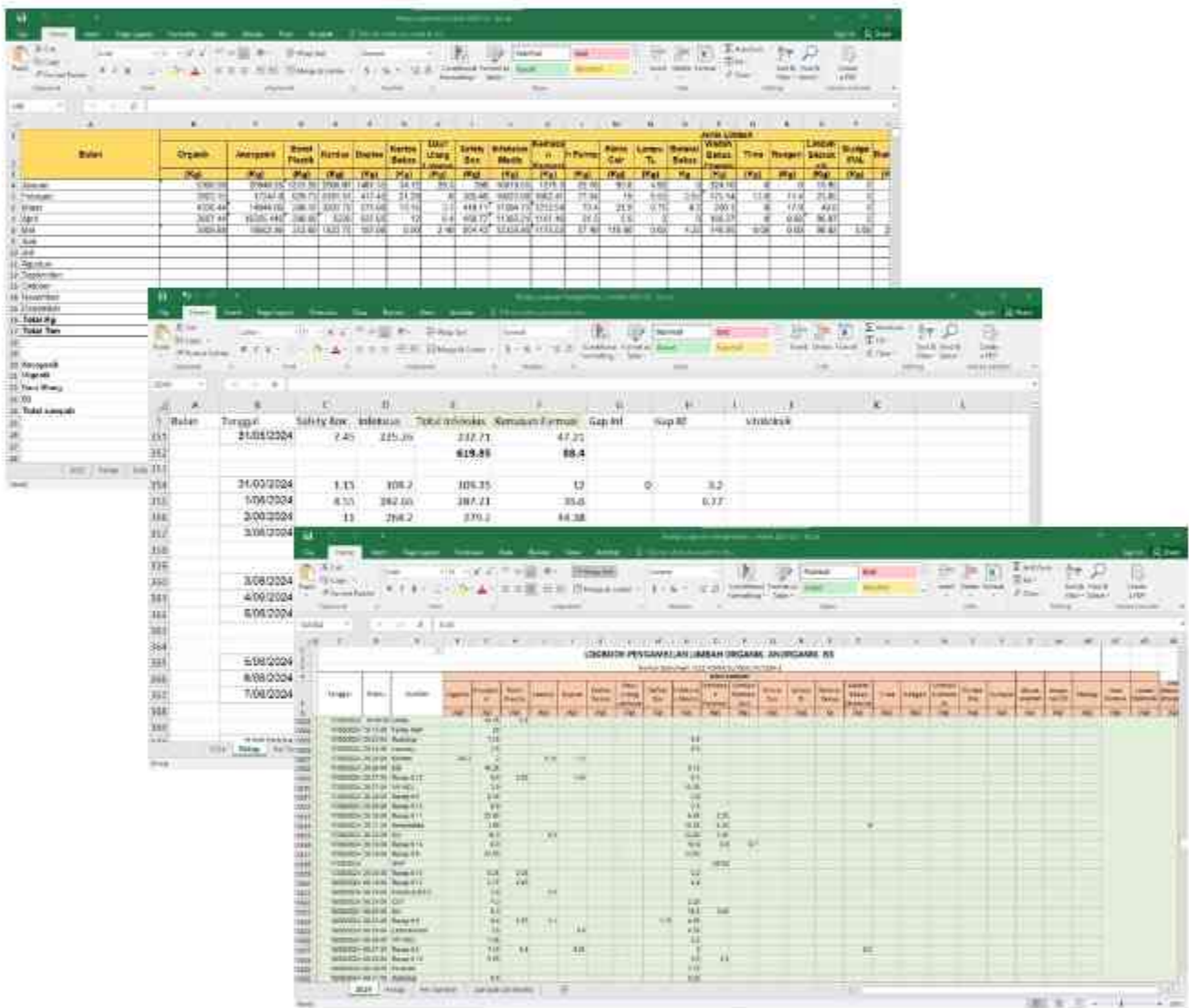
Before:

[illegible]

Gambar 1. Form Pencatatan Manual Pembuangan Limbah yang masih menggunakan kertas

Bukti Pendukung

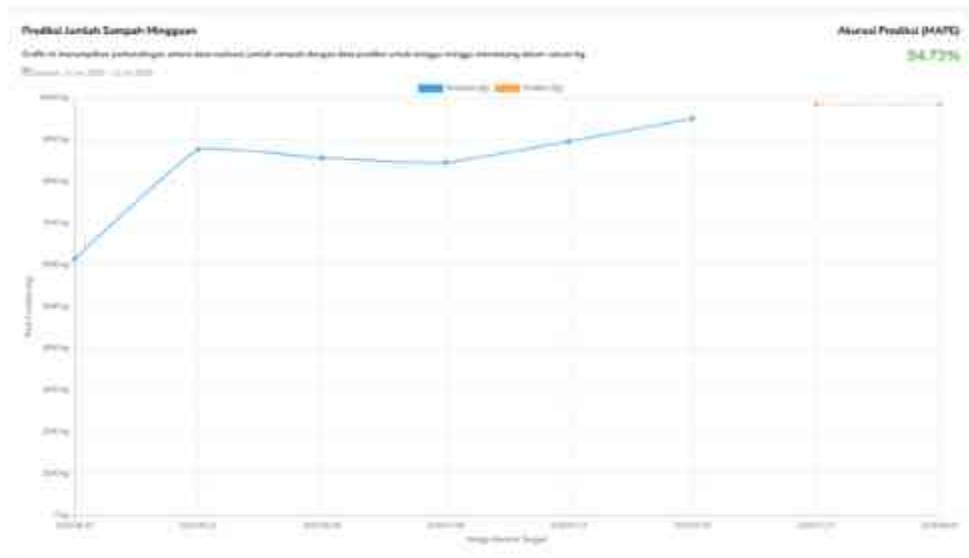
Before ::



Gambar 2. Pemanfaatan excel penginputan history pembuangan limbah (fase awal digitalisasi data)

Bukti Pendukung

After:

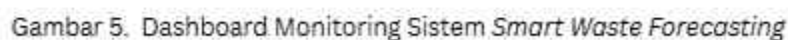


Gambar 3. Grafik yang menampilkan data real dan prediksi tibunan sampah



Gambar 4. Dashboard laporan total sampah harian, bulanan, dan tahunan

After:



Bukti Pendukung

After:

Log Book Limbah Pengambilan

Export Data Log Book Limbah

Tanggal Mulai: Tanggal Selesai:

No	Unit/Lokasi	Tanggal Pengambilan Sampel	Waktu Pengambilan Sampel	Detail	Catatan Pengambilan	Aksi
1	K-101	17-08-2025	16:07:30	STIRIL PLASTIK 1,20 kg AMORPHOUS 11,70 kg ODORAN 2,00 kg KABAS 0,10 kg		Edit Hapus
2	Hemik H1	17-08-2025	15:41:20	AMORPHOUS 1,07 kg		Edit Hapus
3	Hemik K1A	17-08-2025	15:37:30	AMORPHOUS 1,05 kg		Edit Hapus
4	Hemik K1B	17-08-2025	15:47:12	AMORPHOUS 1,20 kg AMORPHOUS 1,27 kg		Edit Hapus
5	Hemik K1C	17-08-2025	15:46:30	AMORPHOUS 1,00 kg		Edit Hapus
6	Hemik K1D	17-08-2025	15:40:10	AMORPHOUS 1,05 kg		Edit Hapus

Gambar 6. Halaman dari digitalisasi logbook limbah

Log Book Pengambilan Limbah

Tentukan jenis Limbah Pengambilan (Kategori Limbah & Lokasi)

Jenis Limbah:

Jenis Limbah & Lokasi:

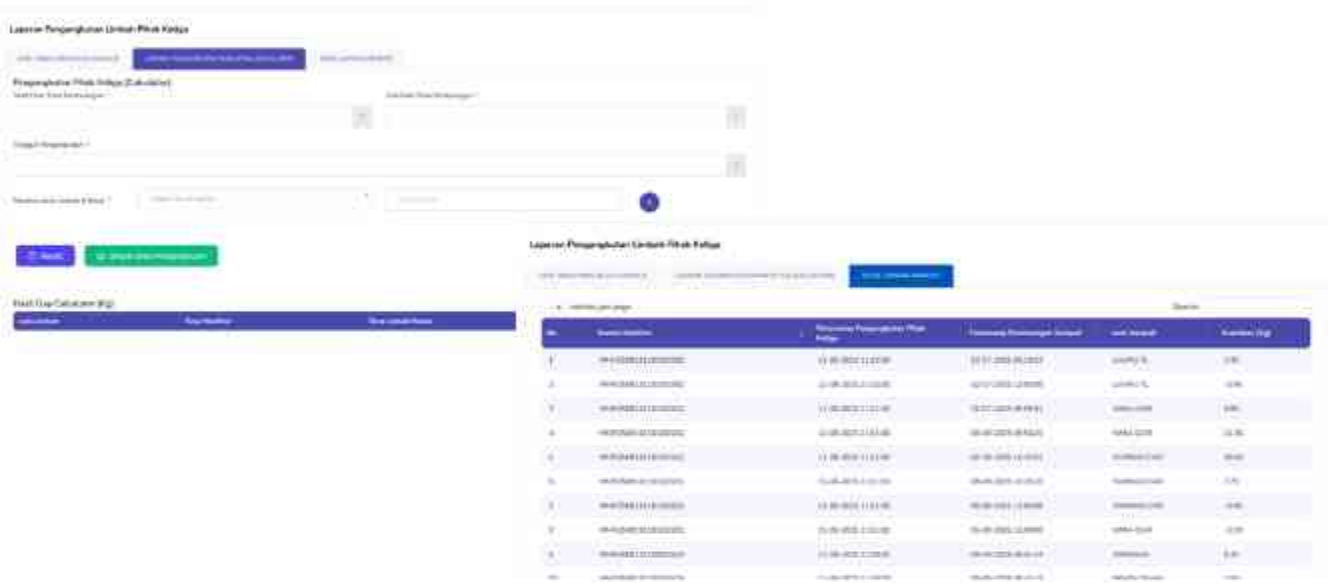
Jenis Limbah & Lokasi:

☐ Catat Pengambilan Sampel

Gambar 7. Halaman penginputan limbah harian di sistem

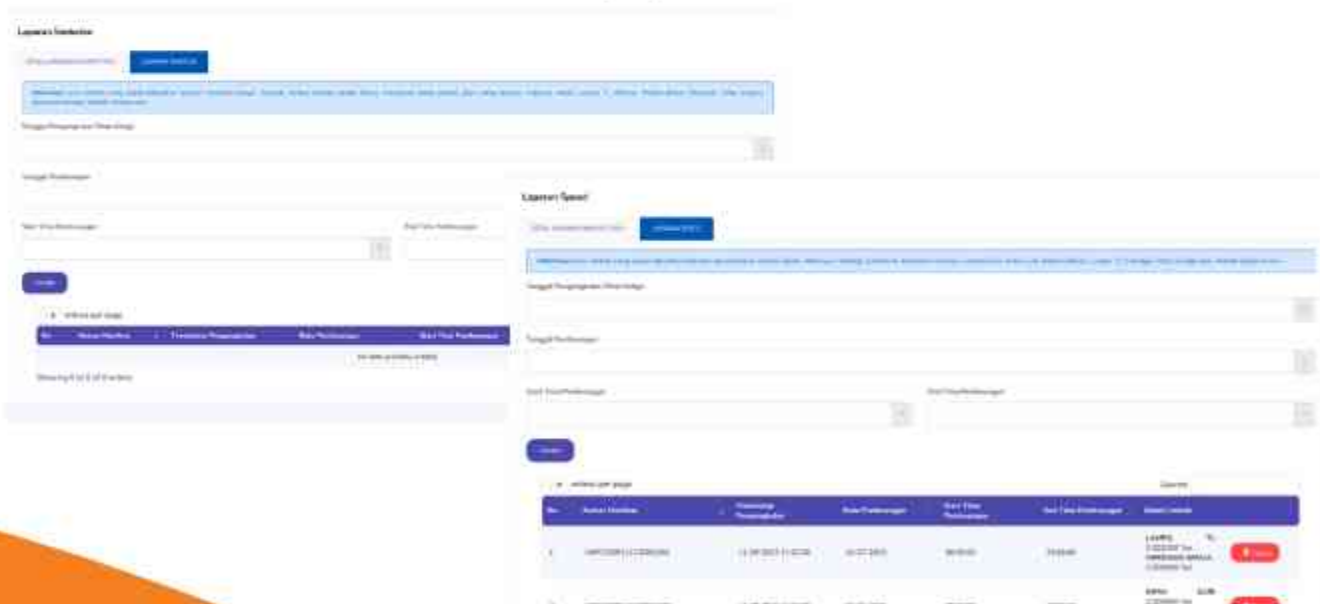
Bukti Pendukung

After:



No	Nomor Revisi	Nomor Pengumpulan Limbah Plastik	Tanggal Pengumpulan Sampel	Unit Kerja	Jumlah Sampel
1	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100
2	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100
3	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100
4	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100
5	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100
6	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100
7	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100
8	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100
9	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100
10	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100

Gambar 8. Halaman pelaporan manifest di sistem



No	Nomor Revisi	Nomor Pengumpulan Limbah Plastik	Tanggal Pengumpulan Sampel	Unit Kerja	Jumlah Sampel
1	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100
2	00000000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000	RSUI	100

Gambar 9. Halaman pembuatan pelaporan



We Provide Outstanding Care



RSUICARE

