

Smart Trash Bin Berbasis AI Search untuk Pemilahan Sampah Organik dan Non-Organik

Ikrar Dicky Pramudya^{*1}, Anang Kukuh Adisusilo^{*2}

¹²Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Email: 1idp036@mhs.uwks.ac.id, anang65@uwks.ac.id

Abstrak

Perkembangan kecerdasan buatan mendorong munculnya sistem cerdas yang mampu membantu proses otomatisasi dalam kehidupan sehari-hari, termasuk pengelolaan sampah. Penelitian ini merancang Smart Trash Bin, yaitu tempat sampah pintar yang mampu mendeteksi objek, membuka tutup secara otomatis, membaca karakteristik sampah, dan memilah sampah organik serta non-organik berdasarkan sensor warna, tekstur, dan kelembapan. Sistem dirancang dengan pendekatan AI Search untuk memodelkan state, alur kerja, dan pencarian solusi melalui formulasi problem, state graph, tree terminology, serta heuristic search dengan metode generate and test. Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara runtut mulai dari input sensor, identifikasi kondisi sampah, proses pencarian jalur solusi, hingga aksi pemilahan akhir. Dengan demikian, Smart Trash Bin berpotensi menjadi solusi cerdas dalam mendukung kebersihan lingkungan dan efisiensi pemilahan sampah.

Kata kunci: *artificial intelligence, generate and test, heuristic search, smart trash bin, pemilahan sampah*

Abstract

The development of artificial intelligence has encouraged the emergence of intelligent systems that can assist automation processes in daily life, including waste management. This study designs a Smart Trash Bin, an intelligent trash bin capable of detecting objects, opening the lid automatically, reading waste characteristics, and sorting organic and non-organic waste based on color, texture, and humidity sensors. The system is designed using an AI Search approach to model states, workflow, and solution searching through problem formulation, state graph, tree terminology, and heuristic search using the generate and test method. The design results show that the system can work systematically starting from sensor input, waste identification, solution path searching, until the final sorting process. Therefore, Smart Trash Bin has the potential to become an intelligent solution to support environmental cleanliness and improve waste sorting efficiency.

Keywords: *artificial intelligence, generate and test, heuristic search, smart trash bin, waste sorting*

I. PENDAHULUAN

Kecerdasan buatan telah banyak diterapkan untuk membangun sistem yang mampu mengambil keputusan secara otomatis. Dalam konteks pengelolaan sampah, dibutuhkan sistem yang tidak hanya mendeteksi keberadaan objek, tetapi juga mampu mengenali karakteristik sampah dan menentukan kategori yang sesuai. Perkembangan sistem *smart trash bin* berbasis *Internet of Things* menunjukkan bahwa pengelolaan sampah dapat dilakukan secara lebih efisien melalui penggunaan sensor dan sistem otomatis [1].

Penelitian mengenai *Smart Trash Bin* dan sistem pengelolaan sampah cerdas juga terus berkembang. Sistem berbasis sensor mampu membantu proses identifikasi dan pemantauan sampah secara otomatis sehingga meningkatkan efisiensi pengelolaan lingkungan. Selain itu, pengelolaan sampah berbasis *IoT* dinilai mampu meningkatkan efektivitas pemantauan tempat sampah dan membantu proses pengambilan keputusan secara lebih cepat [2].

Pada penelitian ini, *Smart Trash Bin* dirancang sebagai sistem yang bekerja berdasarkan percept dari sensor, *action* yang dijalankan sistem, serta *goal* berupa pemilahan sampah yang tepat. Sistem menerima *input* berupa warna, tekstur, dan kelembapan untuk menentukan kategori sampah organik maupun non-organik. Konsep ini sesuai dengan materi *Artificial Intelligence* yang membahas *agent*, *problem solving*, *state space*, dan *heuristic search* [3].

Metode *heuristic search* digunakan karena mampu membantu sistem memilih jalur solusi yang paling sesuai berdasarkan nilai tertentu tanpa harus menelusuri seluruh kemungkinan secara penuh. Pendekatan *heuristic* telah banyak digunakan untuk membantu pencarian solusi yang lebih efisien pada berbagai kasus optimasi dan pencarian jalur [4].

II. METODE PENELITIAN

Berikut adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

2.1 Desain Sistem

A. Percept (Input)

Percept adalah informasi yang diterima sistem dari lingkungan melalui sensor. Pada Smart Trash Bin, percept yang diterima adalah jarak tangan ke sensor, deteksi keberadaan objek, karakteristik sampah berupa warna, tekstur, dan kelembapan, status tutup tempat sampah, serta kondisi lingkungan sekitar. Ini sesuai dengan konsep agen pada materi AI, yaitu sistem menerima input lalu menentukan aksi yang tepat.

Percept pada sistem:

- Jarak antara tangan dan sensor
- Deteksi keberadaan objek
- Nilai karakteristik sampah:
- Warna
- Tekstur
- Kelembapan
- Status tutup tempat sampah
- Kondisi lingkungan sekitar

B. Action (Aksi)

Action adalah tindakan yang dilakukan oleh sistem berdasarkan input yang diterima.

Pada sistem Smart Trash Bin dengan pemilahan sampah, aksi yang dapat dilakukan adalah:

- Membuka tutup tempat sampah
- Menutup tutup tempat sampah
- Mengidentifikasi karakteristik sampah
- Memilah sampah
- Mengarahkan sampah ke tempat yang sesuai
- Kembali ke kondisi awal

C. Goal (Tujuan)

Goal adalah kondisi yang ingin dicapai oleh sistem.

Pada sistem Smart Trash Bin dengan pemilahan sampah, tujuan sistem adalah:

- Memudahkan pembuangan sampah
- Mengurangi kontak langsung
- Memisahkan sampah secara otomatis
- Menjaga kebersihan lingkungan

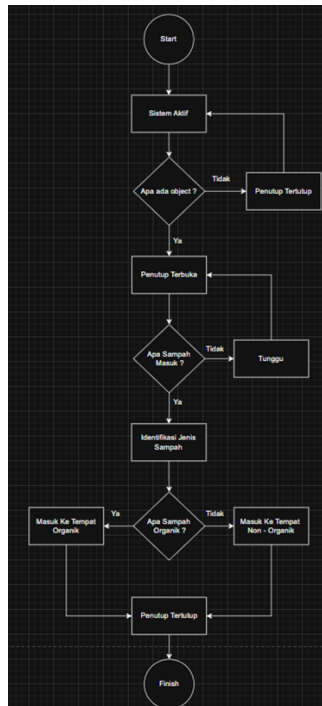
D. Environment (Lingkungan)

Environment adalah lingkungan tempat sistem bekerja.

Pada sistem Smart Trash Bin dengan pemilahan sampah, lingkungan sistem meliputi:

- Tempat sampah
- Sensor jarak
- Sensor karakteristik (warna & tekstur)
- Motor pembuka tutup
- Motor pemilah
- Pengguna

2.2 Alur cara kerja:
A. Flowcart



Gambar 1. (gambar menunjukan flowchart dari sistem Smart Trash Bin)

B. Pseudocode
 if objek_terdeteksi = true then
 buka_tutup()
 baca_sensor_warna()
 baca_sensor_tekstur()
 baca_sensor_kelembapan()
 if kategori = organik then
 arahkan_ke_tempat_organik()
 else
 arahkan_ke_tempat_non_organik()
 end if
 tutup_kembali()
else
 tetap_tutup()
end if

2.3 Formula Problem

A. State

S0 = Tutup tertutup, sensor aktif, tidak ada objek
 S1 = Objek terdeteksi
 S2 = Tutup terbuka
 S3 = Sampah masuk
 S4 = Identifikasi jenis sampah
 S5 = Sampah organik terpilih
 S6 = Sampah non-organik terpilih
 S7 = Sampah berhasil dipilah dan tutup kembali tertutup

B. Possible Action

- Deteksi objek
- Buka tutup
- Sampah masuk
- Identifikasi
- Pemilahan
- Tutup kembali

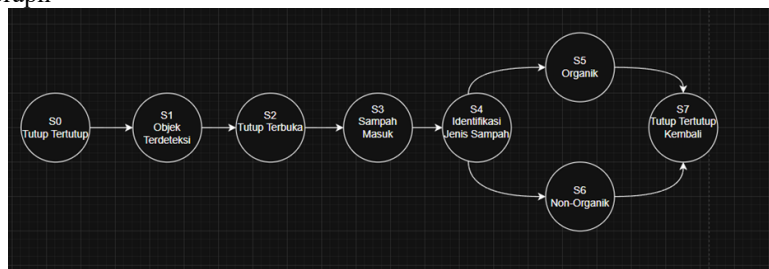
C. Goal Test

Goal tercapai jika sampah berhasil dipilah ke tempat yang sesuai dan tutup kembali tertutup.

D. Path Cost

Path cost dihitung dari jumlah langkah dari state awal menuju goal. Untuk kasus sederhana, setiap aksi diberi biaya 1.

2.4 State Graph



Gambar 2(gambar menunjukkan state graph dari sistem smart trash bin)

Penjelasan State Graph

S0 - S1 - S2 - S3 - S4

S0 : Sistem aktif dan sensor standby.

S1 : Sensor jarak mendeteksi objek atau tangan pengguna.

S2 : Tutup tempat sampah terbuka otomatis.

S3 : Sampah masuk ke dalam tempat sampah.

S4 : Sistem melakukan identifikasi sampah menggunakan sensor warna, tekstur, dan kelembapan.

Percabangan S4 ke S5 dan S6

Jalur Organik

S4 - S5 - S7

S5 : Sampah teridentifikasi sebagai organik lalu diarahkan ke tempat organik.

S7 : Proses selesai, sampah berhasil dipilah dan tutup kembali tertutup.

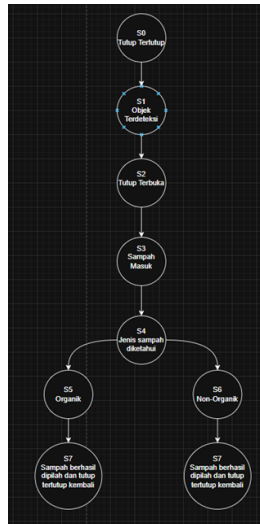
Jalur Non-Organik

S4 - S6 - S7

S6 : Sampah teridentifikasi sebagai non-organik lalu diarahkan ke tempat non-organik.

S7 : Proses selesai, sampah berhasil dipilah dan tutup kembali tertutup.

2.5 Tree Terminology



Gambar 3(gambar menunjukkan tree terminology sistem smart trash bin)

Penjelasan :

- Root Node

S0

Root node adalah initial state.

- Parent Node

S4

Parent node adalah node yang memiliki child.

- Child Node

S5 dan S6

Child node adalah node turunan dari parent.

- Leaf Node

S7

Leaf node adalah node terakhir yang tidak memiliki anak.

- Goal Node

S7

Goal node adalah state yang menunjukkan tujuan telah tercapai.

Path Menuju Goal

Jalur Organik

S0 - S1 - S2 - S3 - S4 - S5 - S7

Jalur Non-Organik

S0 - S1 - S2 - S3 - S4 - S6 - S7

2.6 Heuristic Search (Generate And Test)

A. Tabel Estimasi

ID Data	Kondisi Sampah	Warna	Tekstur	Kelembapan	State ID	Keterangan
D01	Organik	80	70	90	S5 – S7	Dipilah ke tempat organik
D02	Non-organik	30	40	20	S6 – S7	Dipilah ke tempat non-organik

Tabel 1(Tabel menunjukkan table kemungkinan generate and test)

- B. Test: Uji Coba dengan Sistem Smart Trash Bin
- Cek apakah objek terdeteksi oleh sensor
 - Cek apakah sampah telah masuk ke tempat sampah
 - Identifikasi nilai sensor: (warna, tekstur, kelembapan)
 - Hitung nilai kecocokan untuk masing-masing kemungkinan
 - Tentukan tindakan pemilahan berdasarkan nilai tertinggi

C. Perhitungan Manual

- Data D01 – Sampah Organik

Input sensor:

warna = 80

tekstur = 70

kelembapan = 90

- Score Organik

$$80 + 70 + 90 = 240$$

- Score Non-organik

$$(100-80) + (100-70) + (100-90) = 20 + 30 + 10 = 60$$

Karena $240 > 60$, maka sampah dipilah ke tempat organik.

- Data D02 – Sampah Non-Organik

Input sensor:

warna = 30

tekstur = 40

kelembapan = 20

- Score Organik

$$30 + 40 + 20 = 90$$

- Score Non-organik

$$(100-30) + (100-40) + (100-20) = 70 + 60 + 80 = 210$$

Karena $210 > 90$, maka sampah dipilah ke tempat non-organik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan Sistem

Hasil perancangan menunjukkan bahwa Smart Trash Bin dapat dimodelkan sebagai sistem agen yang menerima percept dari sensor, melakukan action secara bertahap, dan bergerak menuju goal state berupa sampah berhasil dipilah. Struktur state yang digunakan terdiri dari S0 sampai S7, dengan S0 sebagai kondisi awal dan S7 sebagai kondisi akhir ketika proses pemilahan selesai. Pemodelan ini sesuai dengan konsep problem solving, state space, dan tree search pada materi AI.

Pada alur kerja sistem, objek yang terdeteksi oleh sensor akan memicu pembukaan tutup tempat sampah, lalu sampah masuk ke dalam wadah, dan sistem melakukan identifikasi karakteristik sampah. Setelah itu sistem memilih jalur organik atau non-organik berdasarkan hasil identifikasi. Jalur tersebut berakhir pada state tujuan S7, yaitu sampah berhasil dipilah dan tutup kembali tertutup. Struktur ini memperlihatkan bahwa sistem bekerja secara runtut dari input menuju output.

3.2 Pembahasan State Graph dan Tree Terminology

State graph pada Smart Trash Bin memperlihatkan urutan utama S0 - S1 - S2 - S3 - S4, lalu bercabang menjadi dua jalur, yaitu S4 - S5 - S7 untuk sampah organik dan S4 - S6 - S7 untuk sampah non-organik. Percabangan ini menunjukkan bahwa sistem memiliki lebih dari satu kemungkinan hasil, tetapi

tetap mengarah pada satu goal yang sama. Dengan demikian, state graph yang dibuat sudah sesuai dengan bentuk search tree yang diperkenalkan pada materi.

Dari sisi tree terminology, S0 berperan sebagai root node, S4 sebagai parent node, S5 dan S6 sebagai child node, dan S7 sebagai leaf node sekaligus goal node. Jalur organik dan non-organik sama-sama valid karena keduanya mencapai tujuan akhir yang sama. Ini menunjukkan bahwa model yang digunakan tidak hanya benar secara konsep, tetapi juga konsisten dengan struktur pohon pencarian.

3.3 Pembahasan Heuristic Search

Metode heuristic search yang digunakan pada studi kasus ini adalah generate and test. Pada metode ini, sistem menghasilkan dua kandidat solusi, yaitu sampah organik dan sampah non-organik, kemudian menguji mana yang lebih sesuai berdasarkan nilai sensor warna, tekstur, dan kelembapan. Untuk data D01, skor organik lebih tinggi daripada skor non-organik, sehingga sistem memilih jalur organik. Sebaliknya, untuk data D02, skor non-organik lebih tinggi, sehingga sistem memilih jalur non-organik. Hasil ini menunjukkan bahwa heuristic dapat membantu sistem memilih solusi yang paling menjanjikan tanpa harus menelusuri seluruh kemungkinan secara penuh.

Pembahasan ini sejalan dengan teori heuristic search yang menyatakan bahwa heuristik berfungsi untuk mengarahkan pencarian ke keadaan yang diperkirakan paling dekat dengan solusi. Dalam kasus Smart Trash Bin, pendekatan ini cukup tepat karena ruang masalahnya sederhana, hanya terdiri dari dua kategori utama. Oleh karena itu, pemilihan jalur berdasarkan skor sensor sudah cukup efektif untuk mewakili proses pengambilan keputusan.

3.4 Analisis Jalur Solusi

Jalur solusi yang diperoleh adalah S0 - S1 - S2 - S3 - S4 - S5 - S7 untuk sampah organik dan S0 - S1 - S2 - S3 - S4 - S6 - S7 untuk sampah non-organik. Kedua jalur tersebut sama-sama memenuhi goal test, yaitu sampah berhasil dipilah dan tutup kembali tertutup. Ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali kondisi input lalu mengarahkannya ke jalur yang sesuai.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa heuristic search sudah cukup mendukung proses pemilahan pada Smart Trash Bin. Walaupun metode yang digunakan masih sederhana, model ini sudah memperlihatkan bagaimana AI dapat dipakai untuk mengubah data sensor menjadi keputusan yang terstruktur.

IV. KESIMPULAN

Smart Trash Bin yang dirancang pada studi kasus ini berhasil menggambarkan penerapan konsep AI Search secara konsisten, mulai dari percept, action, initial state, goal test, state graph, tree terminology, hingga heuristic search. Sistem mampu memodelkan proses pemilahan sampah organik dan non-organik melalui dua jalur solusi yang berbeda namun tetap berakhir pada goal state yang sama.

Berdasarkan hasil dan pembahasan, metode generate and test mampu membantu sistem memilih jalur yang paling sesuai berdasarkan karakteristik sampah. Dengan demikian, Smart Trash Bin layak digunakan sebagai contoh penerapan AI Search pada sistem tempat sampah pintar, terutama untuk menjelaskan bagaimana pencarian solusi dan pengambilan keputusan dapat dilakukan secara otomatis.

REFERENSI

- [1] A. Okubanjo, O. BashiR Olufemi, A. Okandeji, and E. DaniEl, "Smart Bin and IoT: A Sustainable Future for Waste Management System in Nigeria," *Gazi Univ. J. Sci.*, vol. 37, no. 1, pp. 222–235, Mar. 2024, doi: 10.35378/gujs.1254271.
- [2] A. A. Aldujaili, M. Dauwed, A. Meri, and S. S. Abduljabbar, "Smart internet of things kindergarten garbage observation system using Arduino uno," *Int. J. Electr. Comput. Eng. IJECE*, vol. 12, no. 6, p. 6820, Dec. 2022, doi: 10.11591/ijece.v12i6.pp6820-6828.
- [3] S. Memeti and S. Pillana, "Optimization of heterogeneous systems with AI planning heuristics and machine learning: a performance and energy aware approach," *Computing*, vol. 103, no. 12, pp. 2943–2966, Dec. 2021, doi: 10.1007/s00607-021-01017-6.
- [4] Z. You, K. Shen, T. Huang, Y. Liu, and X. Zhang, "Application of A* Algorithm Based on Extended Neighborhood Priority Search in Multi-Scenario Maps," *Electronics*, vol. 12, no. 4, p. 1004, Feb. 2023, doi: 10.3390/electronics12041004.