



## PERANCANGAN TONG SAMPAH PINTAR BERBASIS SENSOR DETEKSI SAMPAH DI SD NEGERI DLIMAS 3

Denhas Juli Taher<sup>1</sup>, Diky Dwi Suprayitno<sup>2</sup>, Aprian Irawan<sup>3</sup>,  
Bonaventura Dewangga Gita<sup>4</sup>, Andi Ahmad Alfiansyah Putra<sup>5</sup>, Ferida Yuamita<sup>6</sup>  
Alamat: Jl. Siliwangi Jl. Jombor Lor, Mlati Krajan, Sendangadi, Kec. Mlati, Kabupaten  
Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55284

[dhenhasjuli07@gmail.com](mailto:dhenhasjuli07@gmail.com)<sup>1\*</sup>, [dikydwi5@gmail.com](mailto:dikydwi5@gmail.com)<sup>2\*</sup>, [bonaventuradewangga@gmail.com](mailto:bonaventuradewangga@gmail.com)<sup>3\*</sup>,  
[irawanaprian303@gmail.com](mailto:irawanaprian303@gmail.com)<sup>4\*</sup>, [andiahmadalfiansyah@gmail.com](mailto:andiahmadalfiansyah@gmail.com)<sup>5\*</sup>, [feridayuamita@ufv.ac.id](mailto:feridayuamita@ufv.ac.id)<sup>6\*</sup>

**Abstract.** The accumulation of inorganic waste, particularly plastic bottles, at SD Negeri Dlimas 3 has become a serious environmental issue due to low student awareness of waste segregation and the limitations of conventional waste management systems. This research aims to design and develop a "Smart Trash Bin" prototype capable of automatically sorting waste while serving as an interactive educational medium for elementary school students. The design methodology employed is the VDI 2221 method, which includes the phases of task clarification, conceptual design, embodiment design, and detailed design. The prototype was developed using an ESP32 microcontroller integrated with inductive sensors for metal detection, as well as ultrasonic and infrared sensors to support the automatic classification system. The physical design of the device accounts for ergonomic aspects by adjusting the height of the disposal opening to match the anthropometry of elementary students. The results demonstrate that the smart trash bin effectively classifies waste into organic, non-metal inorganic, and metal categories, while providing educational feedback through automatic voice notifications. This innovation is expected to improve student discipline in waste segregation and support environmental sustainability in schools through an engaging technological approach.

**Keywords:** Smart Trash Bin, VDI 2221 Method, ESP32, Sensors, Inorganic Waste, Environmental Education.

**Abstrak.** Penumpukan sampah anorganik, terutama botol plastik, di lingkungan sekolah seperti SD Negeri Dlimas 3 menjadi masalah serius akibat rendahnya kesadaran siswa dalam memilah sampah serta keterbatasan sistem pengelolaan sampah konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan prototipe "Tong Sampah Pintar" yang mampu memilah sampah secara otomatis sekaligus berfungsi sebagai media edukasi interaktif bagi siswa. Metodologi perancangan yang digunakan adalah metode VDI 2221 yang meliputi fase penjabaran tugas, penentuan konsep, perancangan wujud, hingga perancangan rinci. Prototipe ini dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan integrasi sensor induktif untuk mendeteksi logam, serta sensor ultrasonik dan inframerah untuk mendukung sistem klasifikasi otomatis. Desain alat juga memperhatikan aspek ergonomi dengan menyesuaikan tinggi lubang sampah agar sesuai dengan postur tubuh siswa sekolah dasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ini efektif dalam mengklasifikasikan sampah ke dalam kategori organik, anorganik non-logam, dan logam, serta memberikan umpan balik edukatif berupa notifikasi suara otomatis. Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan disiplin siswa dalam memilah sampah dan mendukung keberlanjutan lingkungan di sekolah melalui pendekatan teknologi yang menarik.

**Kata Kunci:** Tong Sampah Pintar, Metode VDI 2221, ESP32, Sensor, Sampah Anorganik, Edukasi Lingkungan.

## PENDAHULUAN

Sampah merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia. Setiap aktivitas sehari-hari, baik di rumah, sekolah, perkantoran, restoran, maupun industri, selalu menghasilkan limbah. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan meningkatnya konsumsi masyarakat, volume sampah yang dihasilkan juga terus bertambah. Salah satu jenis sampah yang paling banyak dihasilkan adalah sampah anorganik, khususnya botol plastik. Sampah plastik menjadi perhatian serius karena sifatnya yang sulit terurai dan dapat bertahan di lingkungan dalam jangka waktu yang sangat lama. Berdasarkan laporan The Guardian pada tahun

2016, konsumsi botol plastik dunia mencapai sekitar satu juta botol setiap menit atau setara dengan ratusan miliar botol dalam satu tahun. Angka ini menunjukkan bahwa plastik telah menjadi ancaman nyata bagi keberlanjutan lingkungan global (Geyer et al., 2017).

Kegiatan mendesain merupakan upaya konkret dalam mentransformasikan gagasan menjadi solusi atas sebuah permasalahan. Agar ide tersebut dapat diwujudkan menjadi produk nyata yang memiliki landasan ilmiah kuat, diperlukan metodologi yang terstruktur. Dalam konteks ini, G. Pahl dan W. Beitz (sebagaimana dirujuk dalam Rae et al., 2022) memperkenalkan VDI 2221, sebuah protokol perancangan sistematis yang dikembangkan oleh Persatuan Insinyur Jerman guna memandu proses desain sistem dan produk teknik secara komprehensif.

Pengelolaan sampah di Indonesia saat ini masih didominasi oleh sistem konvensional yang mengandalkan tenaga manusia semata, sehingga dinilai kurang efektif dalam menghadapi tantangan volume sampah yang terus meningkat. Kurangnya solusi cerdas dan interaktif yang mampu menumbuhkan dan mengedukasi kebiasaan memilah sampah sejak dini, khususnya bagi anak-anak Sekolah Dasar (SD) sederajat, menjadi hambatan signifikan. Dampak dari kondisi ini meluas pada pencemaran tanah, air, dan udara, munculnya berbagai penyakit, terganggunya estetika lingkungan, serta membebani kapasitas Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan sistem pengelolaan sampah otomatis yang cerdas dan edukatif menggunakan pendekatan sistematis Metode VDI 2221. Pengembangan ini dilakukan secara mendesak karena model prototipe terdahulu (SiPilah) memiliki kelemahan data dan fungsional yang kritis, ditunjukkan oleh nilai Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) yang hanya 0.044, menandakan variabel fitur suara dan warna hanya berkontribusi 4.4% terhadap keberhasilan pemilahan.

Untuk mengatasi rendahnya akurasi tersebut, penelitian ini melakukan penguatan pada sistem klasifikasi objek dengan membagi sampah ke dalam tiga kategori spesifik: sampah organik (seperti sisa makanan dan daun), sampah anorganik non-logam (seperti plastik dan botol minuman), serta sampah logam (seperti kaleng minuman, sendok, dan baut) yang merupakan bagian dari kelompok anorganik namun memerlukan penanganan khusus melalui penggunaan sensor induktif. Kelemahan prototipe lama juga diperparah oleh desain suara yang masih manual, bersifat delay, dan menciptakan polusi suara karena intervensi manual (menghidupkan/mematikan). Guna mengatasi masalah teknis dan data ini, inovasi mekanisme suara akan diganti menjadi sistem sensor otomatis untuk memastikan suara hanya aktif secara on-demand. Prototipe fungsional ini, dengan feedback positif berupa ucapan terima kasih yang instan dan edukatif, diharapkan mampu memfasilitasi edukasi siswa SD, meringankan beban 2 TPA, dan menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan sehat untuk generasi penerus, sejalan dengan peningkatan efisiensi pemilahan sampah yang lebih akurat.

## KAJIAN TEORI

Proses desain atau perancangan pada dasarnya merupakan upaya sistematis untuk mentransformasikan sebuah ide menjadi solusi nyata guna menjawab permasalahan teknis yang ada. Menurut pandangan Pahl dan Beitz (dalam Rae et al., 2022), perancangan adalah aktivitas krusial yang menjembatani kebutuhan fungsional dengan realisasi produk. Dalam konteks ini, seorang perancang harus mampu mengintegrasikan berbagai variabel teknis agar hasil akhirnya tidak hanya berfungsi secara mekanis, tetapi juga memiliki nilai guna yang optimal.

Guna menyeragamkan pola kerja dalam dunia rekayasa, Persatuan Insinyur Jerman mengembangkan sebuah protokol standar yang dikenal dengan VDI 2221. Sebagaimana dikutip oleh Rae et al. (2022), metode ini mengedepankan pendekatan yang terstruktur dalam menyelesaikan persoalan desain sistem teknik. Alur kerja dalam VDI 2221 dibagi menjadi beberapa fase utama yang saling berkesinambungan:

1. Klasifikasi Tugas: Langkah awal untuk merinci spesifikasi dan batasan masalah yang harus diselesaikan.
2. Desain Konseptual: Tahap di mana struktur fungsi ditentukan untuk mencari berbagai alternatif solusi teknis.
3. Perancangan Wujud: Fokus pada pengembangan tata letak dan modul sistem hingga membentuk desain awal yang konkret.
4. Penyusunan Dokumentasi Rinci: Fase final yang menghasilkan instruksi produksi, gambar kerja detail, serta spesifikasi material akhir.

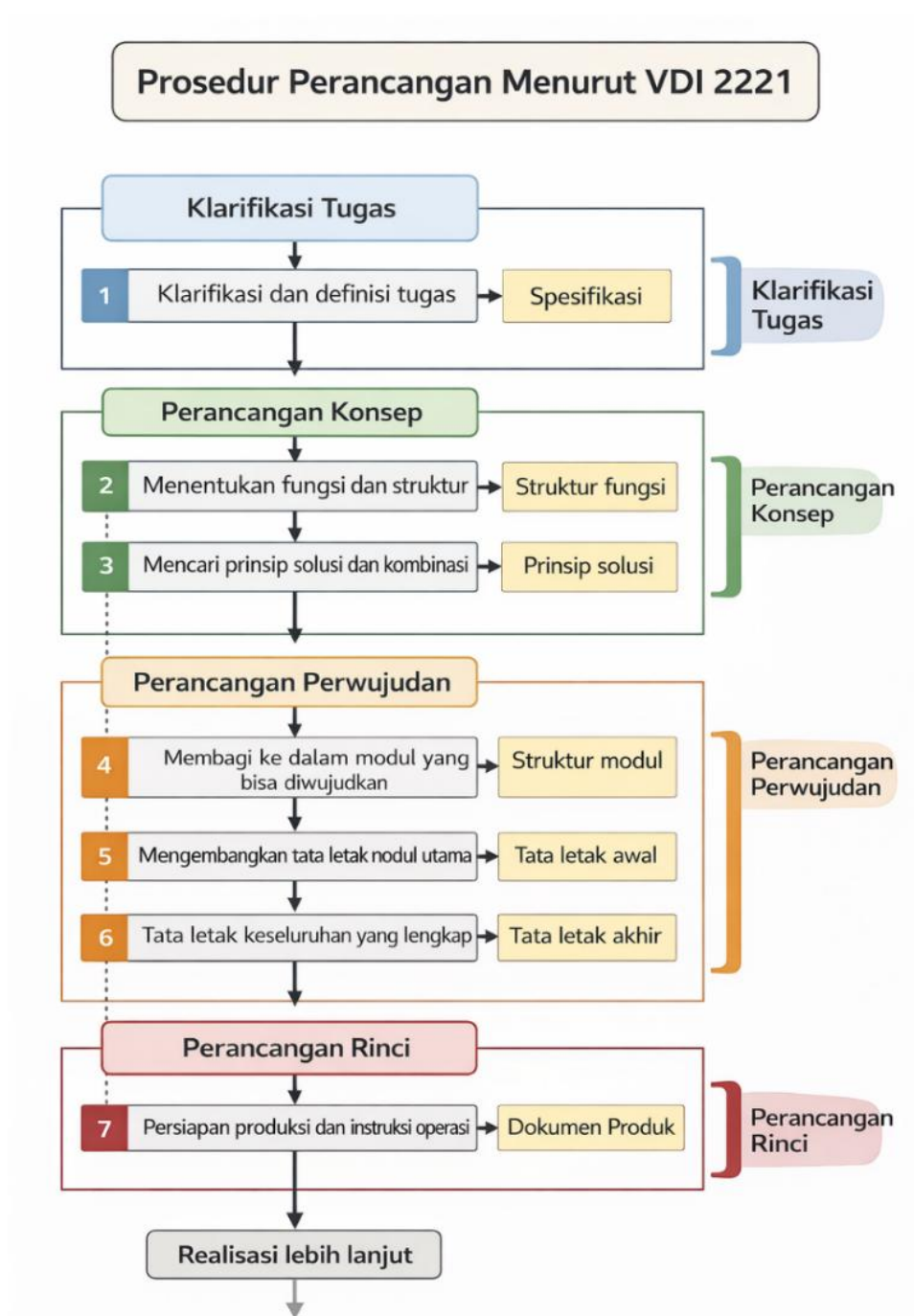
## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian perancangan dan pengembangan (*Research and Development*) dengan pendekatan sistematis yang dilaksanakan di SD Negeri Dlimas 3, Klaten, Jawa Tengah, dengan objek penelitian berfokus pada prototipe tempat sampah pintar berbasis sensor. Pendekatan yang diterapkan adalah metodologi desain rekayasa menggunakan metode VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure*) untuk menghasilkan rancangan produk teknik yang efektif, ergonomis, dan edukatif. Teknik pengumpulan data meliputi observasi kondisi pengelolaan sampah saat ini, studi literatur melalui tinjauan pustaka terhadap penelitian terkait, serta pengisian kuesioner dan wawancara mendalam dengan guru untuk mengidentifikasi kebutuhan visual dan edukatif bagi siswa sekolah dasar. Tahapan analisis dan perancangan data diawali dengan penjabaran tugas (*Clarification of Task*) untuk menentukan daftar spesifikasi teknis dan ergonomi, dilanjutkan dengan perancangan konsep (*Conceptual Design*) melalui pembuatan struktur fungsi dan varian solusi. Langkah berikutnya adalah perancangan wujud (*Embodiment Design*) untuk menentukan layout definitif dan dimensi produk, yang diakhiri dengan perancangan terinci (*Detail Design*) berupa dokumentasi teknis lengkap dan evaluasi fungsional terhadap kinerja prototipe dalam memilah sampah organik serta anorganik.

## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

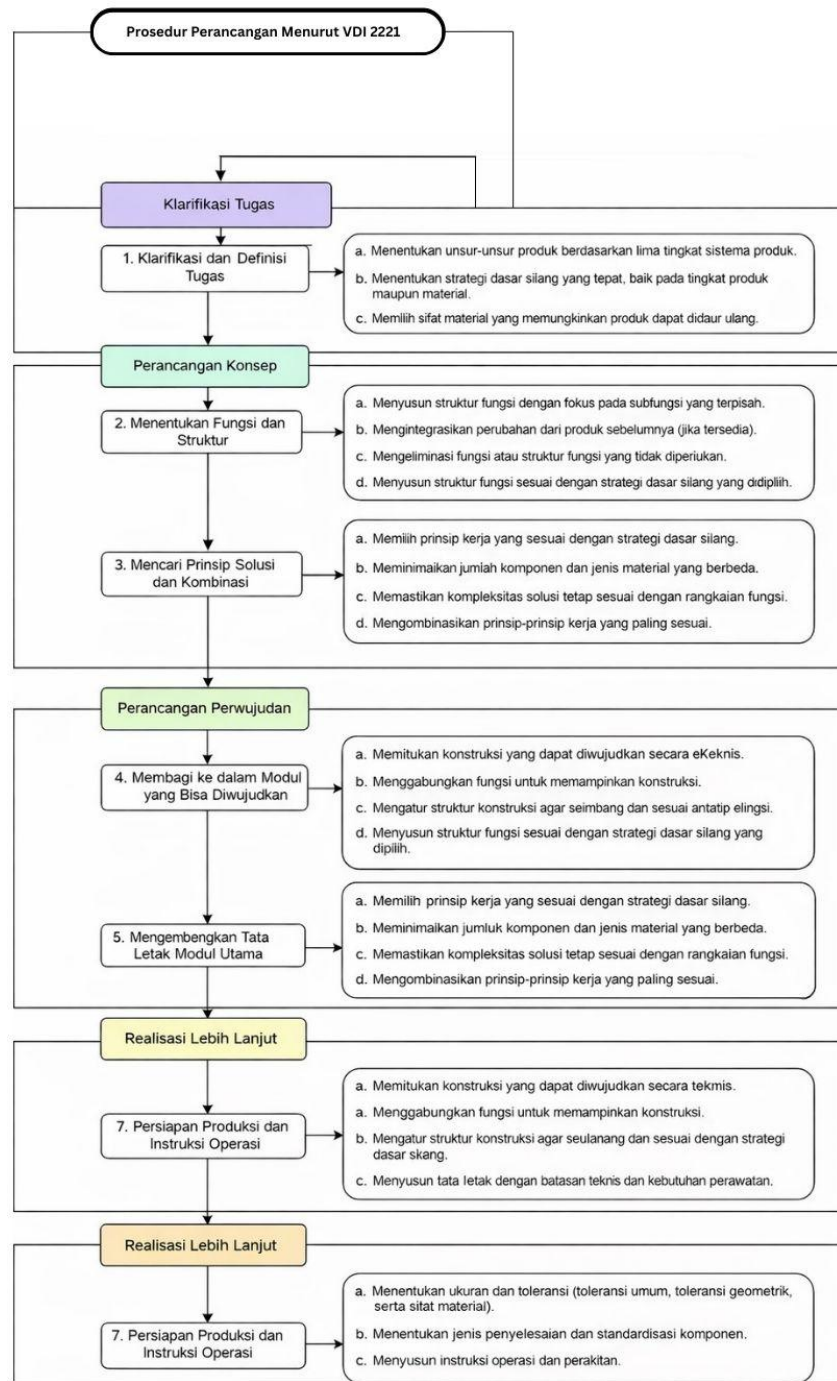
Proses pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan kualitatif dan observasi langsung di SD Negeri Dlimas 3 untuk mendapatkan pemahaman mendalam mengenai perilaku kebersihan siswa dan kebutuhan teknis alat. Instrumen utama yang digunakan adalah kuesioner terstruktur yang disebarkan kepada para guru guna menggali perspektif pendidik mengenai efektivitas media edukasi yang ada saat ini. Data kuesioner tersebut difokuskan pada identifikasi elemen visual, pemilihan karakter kartun yang menarik bagi anak-anak usia sekolah dasar, serta penggunaan pesan edukatif yang mudah dicerna guna memicu perubahan perilaku disiplin membuang sampah. Selain data kebutuhan pengguna, dilakukan pula pengumpulan data teknis mengenai antropometri siswa untuk menentukan dimensi ergonomis alat, di mana tinggi lubang pembuangan sampah ditetapkan pada rentang 50-60 cm dengan sudut tumpul untuk menjamin keamanan fisik pengguna. Seluruh data yang terkumpul kemudian dikategorikan menjadi persyaratan "Keharusan" (*Demand*) dan "Keinginan" (*Wishes*) sebagai landasan utama dalam tahap penjabaran tugas (*Clarification of Task*) pada metode VDI 2221.

1. Proses Perancangan Alat Menggunakan metode VDI 2221



Gambar 1. Prosedur Perancangan VDI 2221

## 2. Detail Proses perancangan metode VdI 2221



Gambar 2. Detail Proses perancangan Metode VDI 2221

### 3. Penjabaran Tugas (*Clarification of Task*)

Sebagai landasan awal dalam proses desain, ditentukan daftar spesifikasi yang mencakup berbagai parameter seperti geometri, fungsi, dan keamanan. Penentuan spesifikasi ini memperhatikan sifat persyaratan, apakah bersifat Keharusan (Demand) yang tidak dapat ditawar, atau Keinginan (Wishes) yang bersifat opsional, guna memastikan arah pengembangan produk sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Tabel 1. Permintaan dan Keharusan

| Parameter            | Spesifikasi                                                 | D/W |
|----------------------|-------------------------------------------------------------|-----|
| Geometri             | Tinggi lubang sampah antara 50-60 cm                        | D   |
|                      | Bentuk sudut tumpul/melingkar (tidak tajam)                 | D   |
| Fungsi & Operasional | Fitur pemilahan otomatis (logam, plastik, organik)          | W   |
|                      | Fitur notifikasi kapasitas 80% ke smartphone                | W   |
| Interaksi & Edukasi  | Penambahan stiker animasi (robot/hewan)                     | W   |
|                      | Fitur interaksi (suara/lampu) saat berhasil membuang sampah | W   |
|                      | Adanya petunjuk visual sederhana (ikon/gambar besar)        | D   |
| Keamanan             | Komponen elektronik di dalam kotak tertutup                 | D   |
|                      | Material yang kuat namun ringan                             | D   |
| Estetika             | Warna yang mencerminkan kebersihan dan ceria                | W   |

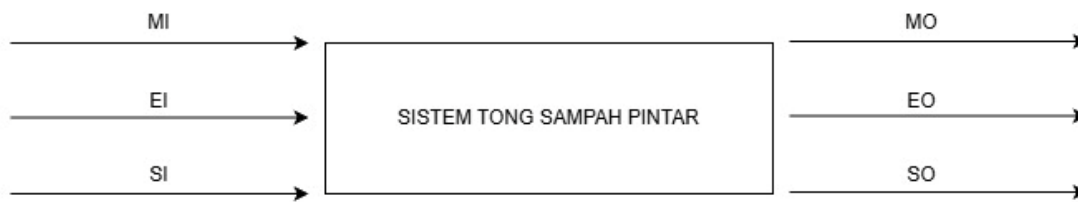
(Sumber: Olah Data, 2026)

Tahap penjabaran tugas ini menghasilkan sebuah daftar persyaratan yang berfungsi sebagai instrumen kendali utama dalam proses perancangan alat. Berdasarkan parameter Geometri, ditentukan bahwa tinggi lubang sampah wajib berada pada rentang 50-60 cm dengan bentuk sudut yang tumpul guna menjamin ergonomi dan keamanan fisik pengguna, di mana kedua poin ini diklasifikasikan sebagai Demand (D) atau keharusan. Sejalan dengan hal tersebut, pada aspek Keamanan, proteksi komponen elektronik dalam wadah tertutup serta pemilihan material yang kuat namun ringan juga ditetapkan sebagai syarat mutlak (D) untuk menjamin durabilitas serta keselamatan operasional alat. Sementara itu, pada parameter Fungsi & Operasional, fitur cerdas berupa pemilahan sampah otomatis dan notifikasi kapasitas melalui smartphone dikategorikan sebagai Wishes (W) atau keinginan, yang berarti implementasinya akan diupayakan selama memungkinkan secara teknis dan biaya. Hal serupa diterapkan pada parameter Interaksi & Edukasi serta Estetika, di mana penambahan stiker animasi, interaksi suara, dan pemilihan warna ceria ditempatkan sebagai pendukung nilai tambah (W), meskipun petunjuk visual sederhana tetap dianggap sebagai keharusan (D) agar alat tetap komunikatif bagi pengguna. Secara keseluruhan, pengolahan data ini memberikan batasan yang jelas bagi perancang untuk memfokuskan pengembangan pada struktur utama yang aman dan ergonomis, sembari memberikan ruang inovasi pada fitur-fitur pendukung yang bersifat opsional.

#### 4. Perencanaan Konsep (*Conceptual Design*)

##### A. Struktur Fungsi

Pada tahap kedua metode VDI 2221, yaitu perancangan konseptual (*Conceptual Design*), fokus utama dilakukan pada pendefinisian struktur fungsi sistem secara abstrak. Tahap ini bertujuan untuk memetakan hubungan logis antara input dan output melalui analisis aliran energi, material, dan sinyal. Dengan menyusun struktur fungsi tersebut, keseluruhan tugas perancangan dipecah menjadi sub-fungsi yang lebih spesifik, seperti fungsi penyimpanan gas dan fungsi konversi gas menjadi nyala api. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap kebutuhan teknis telah terakomodasi dalam sistem sebelum masuk ke tahap pengembangan solusi prinsip, sehingga risiko kegagalan desain pada tahap manufaktur dapat diminimalisir. Berikut adalah Sub Struktur Fungsi Secara Keseluruhan Pada gambar.



Gambar 3. Fungsi Tong Sampah Pintar

Keterangan:

input

1. Ei (Energi Input): Daya listrik dari baterai atau adaptor untuk menghidupkan mikrokontroler dan sensor.
2. Si (Sinyal Input): Data dari sensor ultrasonik (deteksi jarak tangan/objek) atau sensor infrared.
3. Mi (Material Input): Sampah yang akan dimasukkan ke dalam wadah.

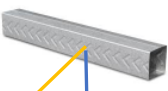
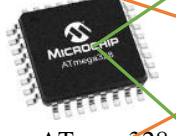
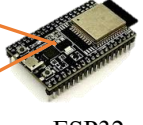
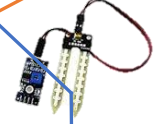
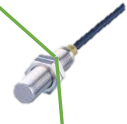
output

1. Ei (Energi Output): Energi kinetik/gerak dari motor servo untuk membuka dan menutup tutup tong sampah.
2. Si (Sinyal Output): Informasi berupa lampu LED (misal: Merah untuk penuh, Hijau untuk siap) atau suara buzzer.
3. Mi (Material Output): Sampah yang telah tertampung secara rapi di dalam tong sampah.

#### B. Prinsip Solusi dan Strukturnya.

ada tahap ini, dilakukan analisis untuk mentransformasikan setiap sub-fungsi yang telah disusun sebelumnya menjadi solusi teknis yang konkret. Proses ini bertujuan untuk menyeleksi komponen, perangkat keras, maupun metode kerja yang paling efektif dan efisien guna memenuhi kriteria performa alat, sehingga seluruh fungsi sistem dapat terwujud secara fisik dan operasional.

*Tabel 2. Kombinasi Prinsip Solusi*

| NO | Tong sampah pintar |                      | Prinsip solusi                                                                                        |                                                                                                         |                                                                                                            |
|----|--------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                    |                      | A                                                                                                     | B                                                                                                       | C                                                                                                          |
| 1  | Sub fungsi         | Material rangka      | <br>Bambu            | <br>Besi hollow       | <br>Kayu                |
| 2  |                    | Sensor pembaca 1     | <br>Sensor kapasitif | <br>Sensor optik      | <br>Sensor warna        |
| 3  |                    | System on chip       | <br>STM-32           | <br>ATmega328         | <br>ESP32               |
| 4  |                    | Sensor pembaca 2     | <br>Sensor IR        | <br>Sensor kelembapan | <br>Sensor Magnetik     |
| 5  |                    | Sensor pembaca 3     | <br>Sensor gas     | <br>Sensor induktif | <br>Sensor ultrasonik |
| 6  |                    | Ukuran tempat sampah | <br>10 Liter       | <br>15 liter        | <br>20 liter          |
| 7  |                    | Bahan tempat sampah  | <br>Alumunium      | <br>Akrilik         | <br>Plastik           |

(Sumber: Olah Data, 2026)

tabel 3. Fungsi Tong Sampah Pintar

|                 |                                            |
|-----------------|--------------------------------------------|
| <b>Varian 1</b> | <b>C1-A2-C3-A4-B5-B6-C7 (yang dipakai)</b> |
| <b>Varian 2</b> | <b>A1-C2-B3-C4-C5-C6-B7</b>                |
| <b>Varian 3</b> | <b>B1-B2-A3-B4-B5-B6-A7</b>                |
| <b>Varian 4</b> | <b>B1-A2-A3-A4-A5-A6-A7-A8</b>             |

(Sumber: Olah Data, 2026)

Fase III varian 1 :Rangka menggunakan material kayu, dengan 3 sensor pembaca sampah yaitu sensor ke-1 adalah sensor kapasitif, sensor ke-2 adalah sensor IR (Inframerah), senso ke-3 adalah sensor induktif,

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fase III varian 2 | pengendalian perangkat menggunakan chip ESP32, dengan tong sampah berkapasitas 15 liter berbahan plastik.<br>:Rangka menggunakan material bambu, dengan 3 sensor pembaca sampah yaitu sensor ke-1 adalah sensor warna, sensor ke-2 adalah sensor magnetik, sensor ke-3 adalah sensor ultrasonik, pengendalian perangkat menggunakan chip Atmega328, dengan tong sampah berkapasitas 20 liter berbahan akrilik.       |
| Fase III varian 3 | :Rangka menggunakan material besi hollow, dengan 3 sensor pembaca sampah yaitu sensor ke-1 adalah sensor optik, snsor ke-2 adalah sensor kelembapan, sensor ke-3 adalah sensor induktif, pengendalian perangkat menggunakan chip STM-32, dengan tong sampah berkapasitas 15 liter berbahan alumunium.                                                                                                                |
| Fase III varian 4 | :Rangka menggunakan material besi hollow dengan 3 sensor pembaca sampah yaitu sensor ke-1 adalah kapasitif, sensor ke-2 adalah sensor IR (inframerah), sensor ke-3 adalah senosr gas, pengendalian STM-32, Varian 1 C1-A2-C3-A4-B5-B6-C7 (yang dipakai) Varian 2 A1-C2-B3-C4-C5-C6-B7 Varian 3 B1-B2-A3-B4-B5-B6-A7 Varian 4 B1-A2-A3-A4-A5-A6-A7-A8 38 dengan tong sampah berkapasitas 10 liter berbahan alumunium. |

#### C. Varian Prinsip Solusi

Pada tahap ini, dilakukan proses integrasi atau penggabungan dari berbagai subsolusi yang telah diidentifikasi pada matriks morfologi menjadi beberapa alternatif rancangan sistem yang komprehensif. Tujuan utamanya adalah untuk menciptakan beberapa skenario kombinasi teknologi—baik dari aspek kendali, sensor, maupun daya—sehingga dapat dilakukan perbandingan teknis untuk menemukan variasi yang paling stabil, memiliki kompatibilitas antar-komponen yang tinggi, serta paling efisien untuk diimplementasikan secara fisik.

*Tabel 4. Pemiliha Varian Solusi*

| Varian dievaluasi dengan kriteria solusi                                                                      |                                  | Keputusan tanda solusi varian (SV)                                                                                                                                |   |    |   |   |   |              |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|---|---|---|--------------|---|
| <div>(+) Ya</div> <div>(-) Tidak</div> <div>(?) Kekurangan informasi</div> <div>(!) Periksa spesifikais</div> |                                  | <div>(+) Meningkatkan solusi</div> <div>(-) Menghilangkan solusi</div> <div>(?) Mengumpulkan informasi</div> <div>(!) Memeriksa spesifikasi untuk perubahan</div> |   |    |   |   |   |              |   |
|                                                                                                               | Sesuai dengan fungsi keseluruhan |                                                                                                                                                                   |   |    |   |   |   |              |   |
|                                                                                                               | Sesuai dengan daftar kehendak    |                                                                                                                                                                   |   |    |   |   |   |              |   |
|                                                                                                               | Sesuai prinsip dapat diwujudkan  |                                                                                                                                                                   |   |    |   |   |   |              |   |
|                                                                                                               | Sesuai batasan biaya produksi    |                                                                                                                                                                   |   |    |   |   |   |              |   |
|                                                                                                               | Pengetahuan konsep memadai       |                                                                                                                                                                   |   |    |   |   |   |              |   |
|                                                                                                               | Sesuai dengan keinginan pembuat  |                                                                                                                                                                   |   |    |   |   |   |              |   |
|                                                                                                               | Menurut syarat keamanan          |                                                                                                                                                                   |   |    |   |   |   |              |   |
|                                                                                                               | Keterangan                       |                                                                                                                                                                   |   | SV |   |   |   |              |   |
| V1                                                                                                            | +                                | +                                                                                                                                                                 | + | +  | + | + | + | Sesuai       | + |
| V2                                                                                                            | -                                | -                                                                                                                                                                 | - | +  | + | - | - | Tidak sesuai | + |
| V3                                                                                                            | -                                | +                                                                                                                                                                 | + | -  | + | - | + | Tidak sesuai | + |
| V4                                                                                                            | -                                | +                                                                                                                                                                 | - | +  | + | - | + | Tidak sesuai | + |

(Sumber: Olah Data, 2026)

Dari keterangan tabel di atas bahwa varian yang masuk dalam konsep perancangan adalah varian 1, 3, dan 4. Sesuai pertimbangan untuk dapat direalisasikan maka di pilih varian ke 1 untuk dilanjutkan pada proses berikutnya. Varian ke 1 yaitu : Rangka menggunakan material kayu, dengan 3 sensor pembaca sampah yaitu sensor ke-1 adalah sensor kapasitif, sensor ke-2 adalah sensor IR (Inframerah), sensor ke-3 adalah sensor induktif, pengendalian perangkat menggunakan chip ESP32, dengan tong sampah berkapasitas 15 liter berbahan plastic Konsep Perancangan nya disusun dalam gambar dibawah ini:



Gambar 4. hasil Konsep Varian

## 5. Perancangan Wujud Produk (*Embodiment Design*)

Konsep perancangan kompor biogas disusun sesuai keinginan pengguna dan persyaratan lain yang harus dipenuhi oleh produk dan kendala-kendala yang merupakan batas-batas produk memiliki kekuatan yang cukup lama dalam menerima beban kerja dan mudah dalam proses pembuatan maupun pemakaian.

### A. Bentuk Element suatu Produk

Proses perancangan wujud dimulai dari pemilihan bahan pada bagian-bagian alat utama antara lain:

#### 1) Tabung Tong Sampah

Tabung tong sampah berfungsi sebagai wadah utama untuk menampung sampah. Bentuk tabung dirancang berbentuk balok dengan pertimbangan efisiensi volume, kestabilan struktur, serta kemudahan proses pembersihan. Bahan tong sampah yang digunakan adalah plastik yang tahan terhadap air, tidak mudah mengalami korosi, serta memiliki sifat ringan dan kuat. Untuk memenuhi kebutuhan kapasitas 15 liter, dimensi tabung dirancang dengan ukuran panjang 25 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 30 cm sehingga tetap ergonomis dan mudah digunakan.

#### 2) Rangka Tong Sampah

Rangka tempat sampah pintar dengan dimensi panjang 75 cm dan lebar 70 cm berfungsi sebagai struktur utama yang kokoh untuk menopang seluruh sistem mekanis dan elektronik, mulai dari wadah penampung limbah hingga komponen sensor seperti ultrasonik dan motor penggerak. Tujuan utama dari rancangan ini adalah untuk menciptakan sistem pembuangan yang higienis dan otomatis, di mana dimensi yang luas memastikan kestabilan alat agar tidak mudah rebah sekaligus memberikan ruang yang cukup bagi penempatan sirkuit agar terlindungi dari kontaminasi sampah. Dengan struktur ini, penggunaan teknologi sensor dapat bekerja secara optimal untuk mendeteksi keberadaan pengguna dan tingkat kepenruhan sampah tanpa perlu kontak fisik, sehingga meningkatkan efisiensi pengelolaan kebersihan baik di lingkungan rumah tangga maupun area publik.

### 3) Esp

Sensor ini berfungsi sebagai perangkat input utama untuk mendeteksi keberadaan objek atau tangan pengguna dalam jangkauan tertentu. Tujuan penggunaan sensor ini adalah untuk memberikan perintah otomatis kepada ESP32 agar mengaktifkan mekanisme buka-tutup dan sistem audio tanpa kontak fisik, sehingga meningkatkan higienitas penggunaan. Sensor ditempatkan pada bagian depan atau atas tong sampah dengan posisi strategis agar dapat mendeteksi objek secara akurat. Bentuk sensor yang kecil dan ringkas dengan dimensi rata-rata lebar 3,2 cm x panjang 1,4 cm memudahkan pemasangan tanpa mengganggu desain keseluruhan produk.

### 4) Unit Sensor

Unit sensor terintegrasi pada sistem ini menggabungkan tiga jenis sensor *proximity*, yaitu sensor *Infrared* (IR), *Induktif*, dan *Kapasitif*, yang berfungsi sebagai indra input untuk mendeteksi keberadaan objek sekaligus mengklasifikasikan jenis material sampah secara otomatis. Penggabungan ini bertujuan untuk menciptakan sistem deteksi yang akurat dan higienis, di mana sensor IR (dimensi 32 mm x 14 mm) bertindak sebagai pemicu awal pembukaan tutup, sementara sensor Induktif (dimensi diameter 12 mm x panjang 60 mm) dan sensor Kapasitif (dimensi diameter 18 mm x panjang 70 mm) bekerja secara simultan untuk membedakan antara material logam dan non-logam guna menghasilkan output informasi suara yang sesuai bagi pengguna. Selanjutnya perlu diperhatikan tata letak instalasi pada tabung 15 liter agar setiap sensor memiliki jarak deteksi yang optimal dan terhindar dari interferensi sinyal maupun kotoran sampah agar stabilitas pembacaan tetap terjaga.

### 5) Motor Servo

Motor servo berfungsi menggerakkan tutup tong sampah. Motor ini dipilih karena memiliki tingkat presisi yang tinggi dan konsumsi daya yang relative rendah. Bentuk dan ukuran motor servo disesuaikan dengan desain mekanik tutup agar mudah dipasang dan tidak mengurangi kekuatan struktur.

## 6. Perancangan Terperinci (*Detail Design*)

Tahap ini merupakan Tahapan akhir dalam perancangan. Hasil Perancangan Detail berupa dokumen yang meliputi gambar komponen, detail gambar komponen dan daftar komponen, spesifikasi komponen serta dokumen lainnya yang merupakan satu kesatuan. Kemudian dilakukan evaluasi kembali terhadap produk, apakah benar-benar sudah memenuhi spesifikasi yang diberikan.

*Tabel 5. Komponen Spesifikasi Tong Sampah Pintar*

| Kode Komponen | Nama Komponen            | Spesifikasi Dimensi                      | Keterangan Fisik                                     |
|---------------|--------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| P-01          | Tabung Tong Sampah (15L) | Panjang 25 cm, Lebar 20 cm, Tinggi 30 cm | Bentuk balok, bahan plastik tahan korosi.            |
| P-03          | ESP32 (Microcontroller)  | Panjang 5,2 cm, Lebar 2,8 cm             | Pusat kendali seluruh sistem sensor dan output.      |
| P-04          | Sensor Proximity IR      | Panjang 3,2 cm, Lebar 1,4 cm             | Modul PCB kecil untuk deteksi keberadaan objek.      |
| P-05          | Sensor Induktif          | Diameter 12 mm, Panjang 60 mm            | Berbentuk silinder untuk deteksi material logam.     |
| P-06          | Sensor Kapasitif         | Diameter 18 mm, Panjang 70 mm            | Berbentuk silinder untuk deteksi material non-logam. |
| P-07          | Motor Servo (Micro 9G)   | 22.2 x 11.8 x 31 mm (rata-rata)          | Penggerak mekanis buka-tutup otomatis.               |

|      |                |                                          |                                                       |
|------|----------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| P-08 | Adaptor AC-DC  | Dimensi standar unit<br>(Varian 5V/12V)  | Sumber daya utama yang terhubung ke listrik PLN.      |
| P-09 | Rangka Dudukan | Panjang 55 cm, Lebar 25 cm, Tinggi 15 cm | Rangka besi/plastik untuk menopang unit tabung ganda. |

(Sumber: Olah Data, 2026)

## KESIMPULAN

Perancangan sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 terbukti efektif dalam mengklasifikasikan sampah secara otomatis melalui integrasi sensor Infrared (IR), Induktif, dan Kapasitif. Keberhasilan klasifikasi ini dicapai dengan memanfaatkan logika pemrograman yang memproses input fisik material menjadi keputusan digital, di mana sensor Induktif berperan mendeteksi logam dan sensor Kapasitif mendeteksi material non-logam. Akurasi sistem ini memastikan bahwa setiap jenis sampah masuk ke kategori yang tepat dengan respon yang cepat.

Implementasi fitur notifikasi suara menggunakan modul audio (DFPlayer) berhasil meningkatkan kualitas interaksi antara alat dan pengguna secara signifikan. Notifikasi berupa instruksi pengisian sampah dan ucapan terima kasih memberikan umpan balik langsung yang lebih intuitif dan edukatif dibandingkan indikator visual biasa. Fitur suara ini secara efektif membantu pengguna dalam memilah sampah dengan benar tanpa keraguan, sekaligus memberikan apresiasi yang mendorong perilaku membuang sampah pada tempatnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, I., Pangestu, A. F. A., Pasha, A. R., Andika, Y., & A.Yabiy, R. F. (2025). Perancangan Alat Bantu Grilltider Untuk Mempercepat Proses Produksi Bakpia Pada Saat Proses Pemanggangan. *Jurnal Ekonomi Bisnis Dan Manajemen*, 3(1), 123–134. <https://doi.org/10.59024/jise.v3i1.1090>
- Anwar, G. F. N., & Nugroho, Y. A. (2022). Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro Dan Komputer Perancangan Alat Penggulung Benang Menggunakan Metode VDI 2221. *Juritek Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro Dan Komputer*, 2(03).
- Arifiansah, & Anwar, S. (2024). Optimization Of Handcycle Design And Engineering Using The VDI 2221 Method Through An Anthropometric Approach For The Disabled. *Jurnal Info Sains : Informatika Dan Sains*. <https://doi.org/https://ejournal.seaninstitute.or.id/index.php/infosains>
- Beckham, I., Daywin, F. J., Sukania, W., Solomon, L. L., & Gozali, L. (2021). Modification Design Of Shredder Mask With Disinfectant Sprayer By Using Reverse Engineering And VDI 2221 Methods.
- Delasiska, Muslimin, & Silitonga, M. P. R. (2024). Perancangan Auto-Riveting Machine Untuk Peningkatan Produktivitas Line Sensor Proximity Menggunakan Metode VDI 2221. <http://prosiding.pnj.ac.id>

- Dyah, A. I., & Alwi, F. A. B. (2023). Rancang Bangun Mesin Penggiling Jagung Bertenaga Dinamo Pompa Air (Vol. 5).
- Fitri, M., & Rizqiansyah, F. (2022). Design Of Frame For The Pump Performance Test Equipment Using VDI 2221 Method. In *International Journal* (Vol. 4, Number 1). <https://doi.org/10.22441/Ijimeam.V4i1.15374>
- Irwan, H., Fattah, M. R., Tarigan, R. D. G., Aritonang, F. M. S., & Sumarya, E. (2025). Application Of The VDI 2221 Method In The Design Of 3d Printer Machines Utilizing Additive Manufacturing Technology. *Opsi*, 18(1), 126–135. <https://doi.org/10.31315/Opsi.V18i1.13477>
- Jusuf, D. F., Gozali, L., Felix, F., & Purnairawan, A. (2021). Modification Of Potato Washing Machine By Adding Cutting Tool Using Reverse Engineering And VDI 2221 Methods. <https://www.researchgate.net/publication/359452059>
- Kusumantoro, H. R., & Djonaedi, E. (2022). Perancangan Humidifier Lightfastness Chamber Dengan Metode VDI 2221. In *Prosiding Seminar Nasional Tetamekraf* (Vol. 1, Number 1).
- Lesmana, J., Halim, A., & Irawan, A. P. (2020). Design Of Automatic Hand Sanitizer With Ultrasonic Sensor. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 1007(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1007/1/012164>
- Michael, V., Halim, A., & Irawan, A. P. (2020). Design Of Pick And Place And Color Sorting System Using VDI 2221. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 1007(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1007/1/012165>
- Prihartono, J., & Nurdiansyah, I. (2022). Perancangan Alat Uji Kekerasan Metode Brinell Dan Rockwell Berdasarkan VDI 2221. *Presisi*, 24(1).
- Rae, M. T. S., Mangesa, D. P., & Tarigan, B. V. (2022). Rancang Bangun Mesin Pencetak Pakan Ikan Menggunakan Metode VDI 2221. *Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana*, 09(01).
- Razul Harfi, Fadil Gunawan, Veriah Hadi, & Edy Supriyadi. (2022). Perancangan Mesin Pemotong Karet Alam Dengan Menggunakan Metode VDI 2221. *Jttm : Jurnal Terapan Teknik Mesin*, 3(2), 57–68. <https://doi.org/10.37373/Jttm.V3i2.277>
- Salvatore, J. R., Triwahyudin, R., Naufal, W. I., & Subekti, S. (2024). Application Of The VDI 2221 Method In The Design Of An Air-To-Water Converter Device. *Jttm : Jurnal Terapan Teknik Mesin*, 5(2), 280–291. <https://doi.org/10.37373/Jttm.V5i2.1126>
- Syifa, A. Z. H., & Apsari, A. E. (2025). Development Of A Soybean Crushing Machine Based On The VDI 2221 Method At UKM Tempe Tiga Putra. *Journal Of Mechanical Engineering Manufactures Materials And Energy*, 9(1), 103–110. <https://doi.org/10.31289/Jmemme.V9i1.13864>