



Isian Substansi Proposal

SKEMA PENELITIAN TERAPAN

Pengusul hanya diperkenankan mengisi di tempat yang telah disediakan sesuai dengan petunjuk pengisian dan tidak diperkenankan melakukan modifikasi template atau penghapusan di setiap bagian.

A. JUDUL

Tuliskan judul usulan penelitian maksimal 20 kata

Smart Waste Sorting: Penerapan Artificial Intelligence dan Robotika untuk Daur Ulang Berkelanjutan

B. RINGKASAN

Isian ringkasan penelitian tidak lebih dari 300 kata yang berisi urgensi, tujuan, metode, dan luaran yang ditargetkan

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem AI yang dapat mengidentifikasi jenis sampah (organik, anorganik, bernilai ekonomi tinggi, dan rendah) dalam kondisi bercampur dan mengintegrasikannya dengan perangkat otomasi seperti lengan robot atau delta robot. Penelitian ini bermaksud mengatasi tantangan pengelolaan sampah di *Material Recovery Facility* (MRF) Bintaro, Tangerang Selatan, yang saat ini masih dilakukan secara manual. Metode manual ini tidak efektif seiring dengan meningkatnya volume sampah dari rumah tangga, pasar, dan restoran. Oleh karena itu, urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak untuk mengadopsi teknologi otomasi berbasis Artificial Intelligence (AI) guna meningkatkan efisiensi pemilahan sampah. Sistem ini diharapkan dapat melakukan pemilahan sampah secara otomatis, real-time, dan lebih akurat dibandingkan metode manual.

Penelitian sebelumnya, termasuk pengusul (1-5) menunjukkan teknik deteksi pola efektif untuk klasifikasi visual kompleks, yang relevan untuk citra sampah bercampur. Model CNN terbukti akurat dalam mengenali objek pada berbagai studi, termasuk citra medis dan motif batik. Sistem berbasis YOLO juga menunjukkan potensi kuat untuk diterapkan secara real-time pada robot pemilah sampah otomatis.

Metode penelitian terdiri dari tujuh tahap: 1. Pengumpulan data sampah MRF Bintaro untuk membangun dataset representatif; 2. Data *labeling* dan *pre-processing*; 3. Pelatihan model AI untuk klasifikasi sampah otomatis; 4. Evaluasi model menguji standar kualitas; 5. Integrasi dengan *robotic arm* dan *conveyor*; 6. *Real time field testing*; 7. Analisis kinerja dibandingkan *manual sorting*.

Luaran dan hasil yang diharapkan yaitu: 1. Model AI yang mampu mengidentifikasi jenis sampah (organik, anorganik, bernilai ekonomi tinggi, dan rendah) dengan akurasi minimal 90%, 2. Prototipe sistem otomasi lengan robot atau delta robot yang terintegrasi dengan model AI dan dapat melakukan pemilahan sampah secara real-time, 3. Evaluasi kinerja sistem otomasi yang menunjukkan peningkatan efisiensi dan efektivitas dibandingkan dengan metode manual, 4. Publikasi pada jurnal internasional bereputasi indeks Scopus Q2/Q3. Penelitian ini diharapkan memberikan solusi holistik untuk pengelolaan sampah berbasis teknologi, mendukung pengurangan limbah, dan peningkatan daur ulang.

C. KATA KUNCI

Isian 5 kata kunci yang dipisahkan dengan tanda titik koma (;)

Sistem AI; Pemilahan Sampah; Otomasi Robotik; *Material Recovery Facility*; Pengelolaan Sampah

D. PENDAHULUAN

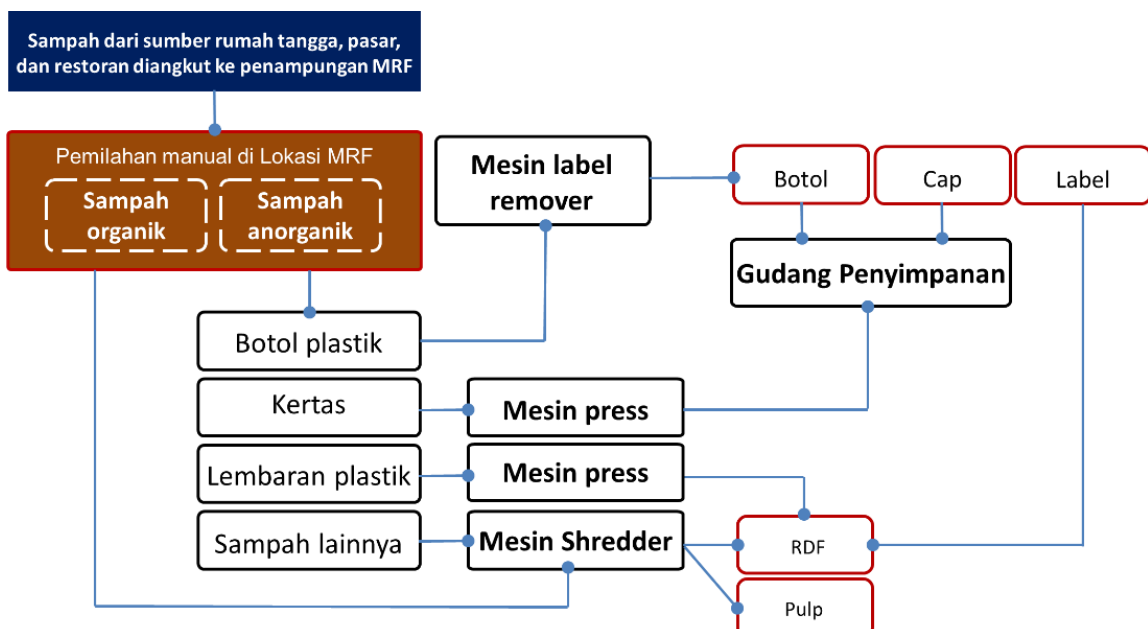
Pendahuluan penelitian tidak lebih dari 1500 kata yang memuat, latar belakang, rumusan permasalahan yang akan diteliti, pendekatan pemecahan masalah, state-of-the-art dan kebaruan, peta jalan (road map) penelitian setidaknya 5 tahun. Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan.

Latar Belakang

Di wilayah Tangerang Selatan seperti Bintaro, volume sampah terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi, terutama dari rumah tangga, pasar, dan restoran (6). Sebagian besar sampah belum dipilah sejak dari sumbernya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, sehingga menyulitkan proses pengelolaan di MRF Bintaro yang saat ini masih dilakukan secara manual. Tenaga kerja di MRF memisahkan sampah organik dan anorganik bernilai ekonomi seperti botol plastik, kertas, dan lembaran plastik yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif RDF. Gambar 2 menunjukkan alur proses pemilahan sampah yang saat ini dilakukan secara manual.



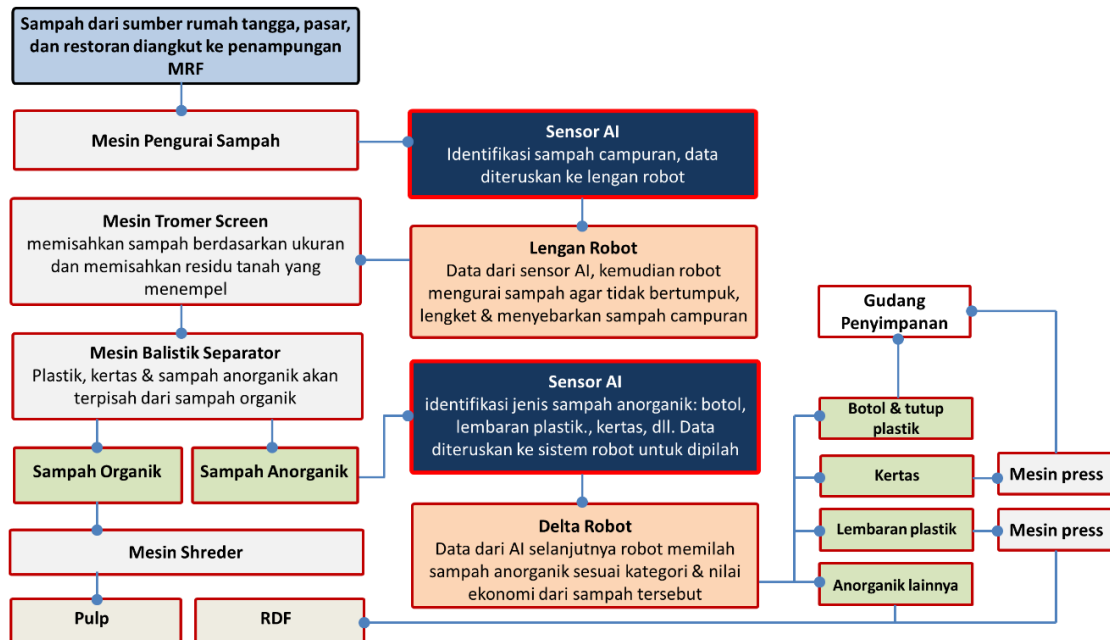
Gambar 1. Sampah yang bercampur organik-anorganik dan pemilahan secara manual di Lokasi MRF Bintaro.



Gambar 2. Diagram alur proses pemilahan sampah manual di lokasi MRF Bintaro.

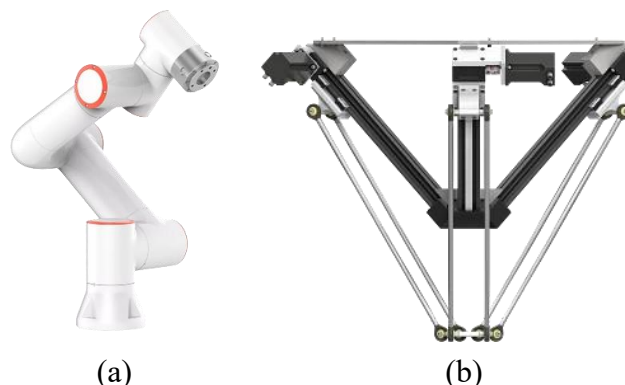
Proses pemilahan sampah secara manual memiliki sejumlah kelemahan signifikan, seperti risiko kesalahan identifikasi, sifat pekerjaan yang repetitif dan melelahkan, serta penurunan produktivitas terutama saat jumlah tenaga kerja terbatas, misalnya pada hari libur nasional. Dengan meningkatnya volume sampah, metode ini menjadi semakin tidak efektif dan efisien untuk pengolahan skala besar. Oleh karena itu, penerapan teknologi otomasi menjadi solusi

terkini yang relevan (7,8). Teknologi ini mampu meningkatkan akurasi, efisiensi, dan kecepatan pemilahan, serta dapat beroperasi selama 24 jam. Gambar 3 menunjukkan rancangan sistem otomasi ideal yang dapat dikembangkan lebih lanjut di MRF. Sistem ini dapat dioptimalkan dengan dukungan AI untuk mengidentifikasi jenis sampah campuran, termasuk klasifikasi organik, anorganik, serta nilai ekonominya. Integrasi dengan perangkat otomasi seperti lengan robot atau delta robot (Gambar 4) memungkinkan pemilahan sampah dilakukan secara otomatis dan real-time (9,10)



Gambar 3. Alur sistem otomasi ideal untuk teknologi otomasi pada MRF berbasis AI

Namun, implementasi teknologi AI dalam konteks pengelolaan sampah di Indonesia masih terbatas. Saat ini, belum ada perangkat AI yang dapat diterapkan langsung di lokasi MRF seperti di Bintaro, terutama yang dapat bekerja dengan kondisi sampah yang bercampur sejak tahap awal dan terkoneksi secara langsung ke perangkat lengan robot atau delta robot. Hal ini menciptakan peluang inovasi untuk mengembangkan sistem AI yang adaptif terhadap karakteristik sampah di MRF Bintaro. Inovasi ini tidak hanya akan memberikan manfaat lokal tetapi juga dapat menjadi model untuk pengelolaan sampah di wilayah lain di Indonesia.



Gambar 4. (a) Otomasi menggunakan lengan robot, (b) delta robot

Rumusan Permasalahan

Beberapa permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mengidentifikasi jenis sampah (organik dan anorganik) secara otomatis menggunakan teknologi AI, terutama dalam kondisi sampah yang bercampur sejak tahap awal?

2. Bagaimana integrasi sistem AI dengan perangkat otomatis lanjutan, seperti lengan robot dan delta robot, untuk melakukan penguraian dan pemilahan sampah secara otomatis?
3. Apakah teknologi otomatis dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pemilahan sampah dengan volume besar dibandingkan dengan metode manual?

Pendekatan Pemecahan Masalah

Pendekatan pemecahan masalah dapat dilihat pada gambar 5:



Gambar 5. Tahapan pendekatan pemecahan masalah

State-of-the-Art dan Kebaruan

Pengembangan sistem pemilahan sampah otomatis berbasis Artificial Intelligence (AI) dan robotika menjadi solusi potensial dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah di wilayah perkotaan. Integrasi sensor (NIR, kamera RGB) dengan model deep learning seperti CNN dan YOLO terbukti mampu mengklasifikasikan sampah plastik dengan akurasi >90% dalam kondisi terkontrol (11,12). AI juga telah digunakan dalam klasifikasi dan pemantauan logistik sampah (13) namun masih terbatas pada negara maju dengan sistem pengumpulan yang terpisah dari sumber. Studi (14) menunjukkan bahwa sistem sortir otomatis saat ini belum optimal untuk plastik campuran dan multilayer dan sebagian besar eksperimen dilakukan dalam skala laboratorium (15,16). Dalam konteks nasional, MRF di Indonesia masih beroperasi secara manual dan belum terintegrasi dengan sistem AI dan robotik (17–20)

Tabel 1. State of the Art Teknologi Pemilah Sampah Otomatis Berbasis AI

Ref.	Teknologi	Algoritma AI	Fitur Fisik/Robotik	Dataset/Target Sampah	Hasil Utama
[11]	Sensor NIR + RGB	Inception-v3	-	Sampah plastik homogen	Akurasi pemisahan 78% pada kondisi terkontrol

[13]	Smart Waste Mgmt	Beragam CNN	-	Umum (negara maju)	Akurasi klasifikasi 72.8%–99.95%, implementasi skala kota
[7]	Sortir Otomatis	-	Sorter komersial	Plastik multilayer dan campur	Kurang efektif untuk plastik campuran bernilai rendah
[15]	YOLOv8	YOLOv8 + CNN	Delta robot	TrashNet	Deteksi real-time, pemilahan otomatis 4 jenis sampah
[16]	YOLOv6	YOLOv6	Robotic arm 4 DOF	TrashNet (7 kelas)	Akurasi tinggi, cepat dalam klasifikasi dan eksekusi objek
[18]	MRF Tradisional	-	Manual	Campuran domestik	Kinerja rendah, bergantung pada tenaga manusia
[17]	MRF Simulasi B3	-	-	Limbah B3 rumah & kantor	Efisiensi daur ulang 73.03%, belum pakai AI/robotik
[20]	CNN Image Class.	VGG16, ResNet34	-	Botol plastik berbagai tipe	Akurasi tinggi; perbandingan model CNN untuk klasifikasi botol
[12]	Review ML Plastik	CNN + SSD/YOLO	-	Plastik (PET, HDPE, PP, PS)	Akurasi >90%, review sistematis pada 56 studi AI untuk plastik
[9]	Robot Otonom	CNN	Autonomous wheeled robot	7 jenis plastik berdasarkan RIC	Klasifikasi plastik dalam kondisi luar ruangan
[14]	AI + Spectroscopy	CNN + YOLO + IR/NIR	Komersial + industri	Plastik warna dan jenis campuran	Kombinasi AI dan sensor optik tingkatkan akurasi >95% dalam MRF
Penelitian usulan	AI + Robotika	CNN + YOLOv11 (plan)	Lengan/delta robot	Sampah campuran MRF Bintaro	Deteksi real-time, klasifikasi organik/anorganik + nilai ekonomi, estimasi akurasi >90%

Penelitian yang telah dilakukan oleh Universitas Pembangunan Jaya (UPJ):

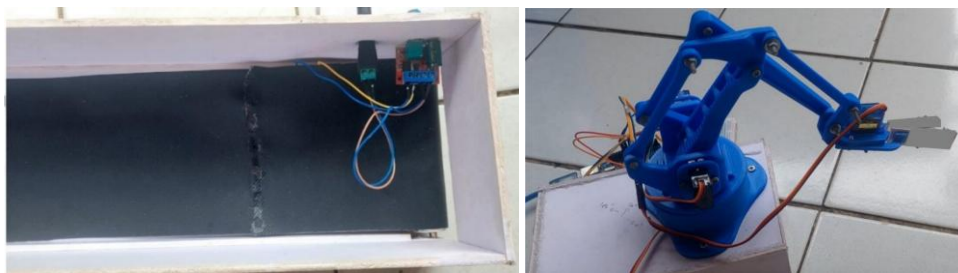
- (i) Penelitian pendahuluan pada 2023: Identifikasi sampah daur ulang-botol plastik, botol beling, dan kaleng-berbasis pengenalan pola (*non deeplearning*, tanpa lengan robot); komputasi berlangsung cepat namun akurasi yang diperoleh < 70%. (Gambar 6).
- (ii) Penelitian pendahuluan pada 2024: Sistem pemilah sampah daur ulang-botol plastik, botol beling, dan kaleng-berbasis visi komputer dengan *deep learning* dan lengan robot untuk *pick and place* (21). Akurasi < 75%. (Gambar 7).

Kekurangan-kekurangan dalam penelitian sebelumnya menjadi dasar bagi inovasi dalam penelitian ini. Penelitian ini dirancang untuk mengatasi tantangan unik yang ada di MRF Bintaro. Untuk mengatasi keterbatasan dataset yang homogen, penelitian ini akan mengumpulkan data sampah langsung dari MRF Bintaro dalam kondisi asli, sehingga model AI yang dikembangkan akan lebih adaptif terhadap variasi di lapangan. Selain itu, model AI ini akan dilengkapi dengan kemampuan untuk mengklasifikasikan sampah anorganik berdasarkan nilai ekonominya, seperti membedakan botol plastik PET (yang memiliki nilai jual tinggi) dari kertas dan lembaran plastik (yang bernilai ekonomi rendah).

Inovasi utama lainnya adalah integrasi sistem AI dengan perangkat otomasi lanjutan, seperti lengan robot atau delta robot, untuk melakukan penguraian tahap awal dan pemilahan secara otomatis. Integrasi ini akan memastikan bahwa hasil identifikasi oleh sistem AI dapat dieksekusi secara real-time oleh perangkat otomasi lanjutan, sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pemilahan. Misalnya, lengan robot dapat diprogram untuk mengambil sampah yang telah diidentifikasi sebagai botol plastik PET dan menempatkannya di tempat yang sesuai, sementara sampah lainnya seperti kertas dan lembaran plastik dapat dialihkan ke jalur RDF.



Gambar 6. Penelitian pendahuluan di UPJ pada 2023: identifikasi objek berbasis pengenalan pola (*non deeplearning*) tanpa lengan robot; komputasi berlangsung cepat namun akurasi yang diperoleh < 70%.



(a)

(b)

```
# Load YOLOv5 model with specified weights and device
device = args.device if torch.cuda.is_available() else 'cpu'
model = torch.hub.load('ultralytics/yolov5', 'custom', path=args.weights, force_reload=True).to(device)

# Initialize Webcam or Video Source
cap = cv2.VideoCapture(args.source)
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH, args.imgsz[0]) # Set frame width
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, args.imgsz[1]) # Set frame height

# Function to capture frames
def capture_frames():
    while True:
        ret, frame = cap.read()
        if not ret:
            print("Failed to grab frame")
            break
        if not frame_queue.full():
            frame_queue.put(frame)

def process_frames():
    frame_count = 0
    start_time = time.time()

    while True:
        if not frame_queue.empty():
            frame = frame_queue.get()

            # Convert frame to RGB before detection as model expects RGB input
            rgb_frame = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
            detected_objects, processed_frame = detect_objects(rgb_frame)

            # Calculate FPS
            frame_count += 1
            elapsed_time = time.time() - start_time
            if elapsed_time > 0:
                fps = frame_count / elapsed_time

            # Print detected objects and FPS
            if detected_objects:
                print(f"Detected objects: {', '.join(detected_objects)}")
                control_robot_arm(detected_objects[0]) # Send command for the
            else:
                print("No objects detected")
```

(c)

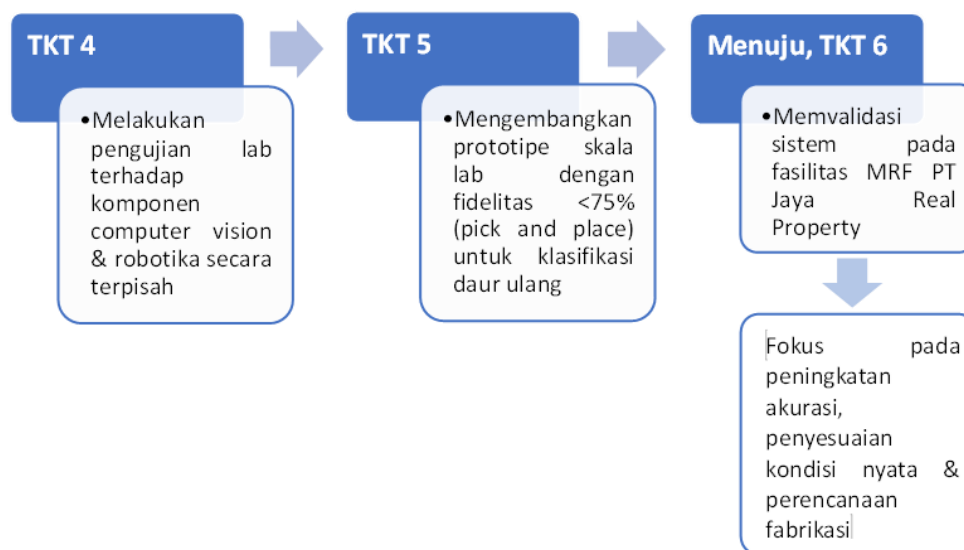
Gambar 7. Penelitian pendahuluan di UPJ pada 2024: Sistem pemilah sampah berbasis visi komputer dengan *deep learning* dan lengan robot untuk *pick and place*: (a) rancangan conveyor (tampak bawah), (b) fisik lengan robot untuk *pick and place*, dan (c) tangkapan

layar sebagian program visi komputer. Program memanggil model yang sudah dilatih. Berdasarkan pengujian pada penelitian ini, akurasi yang diperoleh masih di bawah 75%.

Berdasarkan rangkaian kegiatan penelitian yang telah dilakukan oleh Universitas Pembangunan Jaya (UPJ) pada tahun 2023 dan 2024, sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 6 dan Gambar 7, dapat disimpulkan bahwa pengembangan sistem pemilah sampah berbasis Artificial Intelligence (AI) dan robotika telah **berhasil mencapai Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) level 4 dan 5**. Pada tahap TKT 4, UPJ telah menyelesaikan pengujian laboratorium terhadap komponen utama sistem secara terpisah, seperti modul komputer vision dan aktuator robotik sederhana. Selanjutnya pada TKT 5, telah dilakukan integrasi sistem dalam skala laboratorium (*low fidelity prototype*) yang memungkinkan proses klasifikasi sampah daur ulang—terutama botol plastik dan kertas—dengan dukungan teknologi deep learning dan fungsi *pick and place* menggunakan lengan robot. Hasil uji sistem menunjukkan kemampuan identifikasi yang cukup cepat, meskipun akurasi masih berada di bawah 75%.

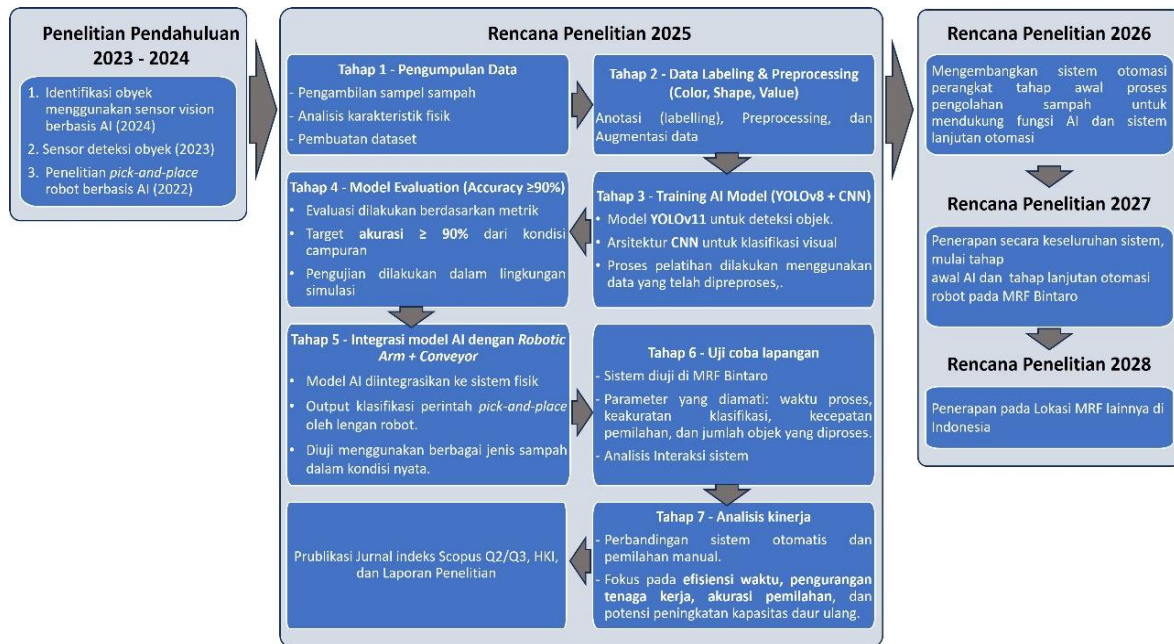
Pengujian sistem secara menyeluruh di lingkungan laboratorium tersebut memberikan dasar kuat untuk melangkah ke tahap berikutnya, yakni **TKT level 6**, yang merupakan fase validasi sistem dalam simulasi lingkungan operasional nyata. Dalam tahap ini, UPJ telah bekerja sama secara aktif dengan **PT Jaya Real Property (PT JRP)**, yang tidak hanya berperan sebagai **mitra industri dan validator teknologi**, tetapi juga turut menyediakan **akses terhadap fasilitas Material Recovery Facility (MRF)** sebagai **simulasi lokasi operasional**. Dengan keterlibatan PT JRP, UPJ memperoleh wawasan yang lebih akurat mengenai kondisi lapangan sesungguhnya, termasuk **profil sampah yang diolah, alur operasional MRF, serta kebutuhan teknis yang harus disesuaikan agar teknologi siap diimplementasikan secara nyata**.

Masukan dari PT JRP juga mencakup peninjauan atas kelayakan teknis (*engineering feasibility*), kebutuhan investasi awal, serta potensi integrasi sistem ke dalam ekosistem manajemen limbah eksisting. Kolaborasi ini memperkuat validitas pendekatan teknologi yang dikembangkan, sekaligus membuka peluang transisi dari sistem prototipe ke tahap rekayasa lanjutan dan uji coba pada lingkungan semi-produksi. Dengan demikian, pengembangan sistem pemilah sampah ini kini tengah berfokus pada **peningkatan akurasi sistem, penyesuaian desain terhadap lingkungan operasional riil, serta penyusunan strategi fabrikasi**, sebagai bagian dari proses pencapaian **TKT level 6** secara utuh.



Gambar 8. TKT penelitian

Road Map Penelitian



Gambar 9. Road map penelitian

E. METODE

Isian metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan tidak lebih dari 1000 kata. Pada bagian metode wajib dilengkapi dengan diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Metode penelitian harus memuat sekurang-kurangnya prosedur penelitian, hasil yang diharapkan, indikator capaian yang ditargetkan, serta anggota tim/mitra yang bertanggung jawab pada setiap tahapan penelitian. Metode penelitian harus sejalan dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi delapan tahap utama, yaitu:

- **Pengumpulan Data Sampah**
- **Data dikumpulkan di MRF Bintaro** dengan merekam citra sampah bercampur menggunakan kamera RGB dan sensor, mencakup variasi bentuk, ukuran, warna, dan material. Tujuannya membangun dataset representatif untuk melatih model AI yang adaptif terhadap kondisi nyata.
- **Data Labeling & Pre-processing**
Data yang telah dikumpulkan diberi label sesuai jenis dan nilai ekonominya, lalu diproses melalui konversi warna, normalisasi ukuran, kontras dan augmentasi untuk meningkatkan kualitas dan variasi data latih. Tujuannya agar model AI lebih akurat dan mampu melakukan generalisasi secara optimal
- **Pelatihan model AI**
Model YOLOv11 digunakan untuk deteksi objek secara real-time, sedangkan CNN dimanfaatkan untuk klasifikasi jenis dan nilai ekonomis sampah. Pelatihan dilakukan dengan data yang telah dipreproses menggunakan teknik cross-validation. Tujuannya adalah menghasilkan model AI yang mampu mengenali dan mengklasifikasikan sampah secara otomatis.
- **Evaluasi Model**
Evaluasi dilakukan menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-score, dengan target minimal akurasi $\geq 90\%$ untuk klasifikasi sampah campuran. Pengujian dilaksanakan di lingkungan simulasi guna memastikan model memenuhi standar performa sebelum diintegrasikan ke sistem fisik robotik.

- Integrasi model AI dengan *Robotic Arm + Conveyor*
Model AI diintegrasikan dengan sistem fisik berupa *arm robot* dan *belt conveyor*, di mana output klasifikasi menjadi perintah untuk gerakan *pick-and-place*. Sistem diuji dengan berbagai jenis sampah dalam kondisi nyata guna mewujudkan pemilahan otomatis berbasis AI yang fungsional
- Uji coba lapangan
Sistem diuji langsung di MRF Bintaro untuk menilai performa real-time dan interaksinya dengan alur kerja manual, mencakup waktu proses, akurasi, dan kecepatan pemilahan dan jumlah obyek dalam kondisi operasional nyata.
- Analisis kinerja
Perbandingan antara sistem otomatis dan pemilahan manual difokuskan pada efisiensi waktu, pengurangan tenaga kerja, akurasi, dan peningkatan kapasitas daur ulang. Tujuannya adalah membuktikan keunggulan dan kelayakan implementasi luas sistem AI-robotik di MRF lainnya.

Hasil penelitian akan dipublikasikan pada jurnal internasional Scopus Q2, dilengkapi dengan pengajuan HKI model AI yang dikembangkan. Seluruh capaian penelitian didokumentasikan secara lengkap dalam laporan akhir.

Indikator Capaian

Tabel 2. Indikator Capaian

Indikator	Target
1. Akurasi Identifikasi	Minimal 90% untuk klasifikasi jenis sampah.
2. Efisiensi Pemilahan	Peningkatan efisiensi pemilahan sebesar 50% dibandingkan dengan metode manual.
3. Waktu pemrosesan	Waktu pemrosesan rata-rata 1 detik per item sampah.
4. Integrasi sistem otomasi	Integrasi sistem pada lengan robot atau delta robot untuk memilah sampah.

Tim Peneliti dan Tanggung Jawab

Tim peneliti terdiri dari tiga dosen dengan latar belakang keilmuan yang saling melengkapi. **Dr. Ida Nurhaida, M.T.** (IN) dan **Mohammad Nasucha, Ph.D.** (MN) dari Program Studi Informatika memiliki keahlian di bidang kecerdasan buatan, computer vision, sistem embedded, serta pengalaman dalam pengembangan model deep learning dan integrasi sistem otomasi. **Teddy M. Darajat, M.Ds.** (TD) dari Program Studi Desain Produk berperan dalam desain antarmuka fisik, ergonomi interaksi manusia-mesin, dan desain perangkat keras yang sesuai dengan lingkungan kerja MRF. Kolaborasi lintas disiplin ini memungkinkan pendekatan yang komprehensif, didukung oleh rekam jejak riset terapan, publikasi ilmiah, serta pengalaman kerja sama dengan institusi nasional, internasional, dan mitra industri.

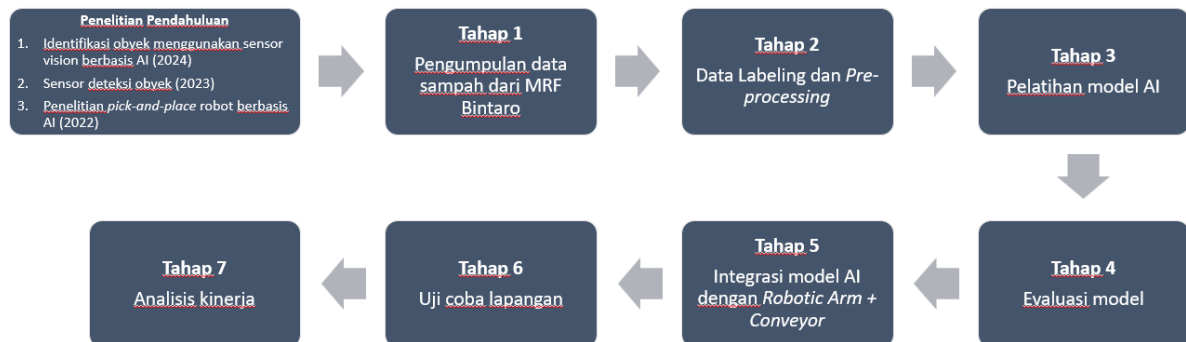
Tabel 3. Tim Peneliti dan Tanggung Jawab

Tahapan	Penanggung Jawab	Tanggung Jawab
Pengumpulan Data Sampah	MN, dan TD	<ul style="list-style-type: none"> • Survei MRF: Observasi alur pemilahan dan identifikasi jenis sampah dominan di MRF Bintaro. • Dokumentasi Visual: Foto/video sampah dalam kondisi nyata untuk kebutuhan dataset. • Anotasi Dataset: Labeling data sampah (organik/anorganik, bernilai tinggi/rendah) untuk pelatihan AI.
Pengembangan konstruksi fisik	TD	Desain fungsional dan estetik beserta pengembangan untuk

alat dan <i>casing</i> alat.		<ul style="list-style-type: none"> • konstruksi penyangga, <i>bracket</i> dll. untuk keseluruhan alat. • <i>casing</i> alat beserta <i>finishing</i>nya.
Pengembangan Sistem AI	IN, MN	<ul style="list-style-type: none"> • Desain arsitektur model CNN/YOLO untuk klasifikasi gambar sampah. • Pelatihan dan validasi model menggunakan dataset lokal. • Evaluasi akurasi dan performa klasifikasi.
Integrasi Sistem AI dengan Perangkat Otomasi	MN	<ul style="list-style-type: none"> • Rancang bangun interface antara model AI dengan kontroler lengan robot. • Simulasi gerak dan logika pemilahan berdasarkan hasil klasifikasi AI. • Penyesuaian teknis antara sistem digital dan perangkat fisik.
Uji Coba Lapangan	IN, MN, dan TD	<ul style="list-style-type: none"> • Implementasi sistem AI-robot di MRF. • Pengujian real-time terhadap sampah campuran. • Pengumpulan data hasil performa dan efektivitas sistem.
Publikasi Hasil dan Laporan	IN, MN, dan TD	<ul style="list-style-type: none"> • Penyusunan laporan teknis dan akhir penelitian. • Penulisan artikel ilmiah untuk jurnal internasional bereputasi indeks Scopus Q2

Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir yang menggambarkan keseluruhan prosedur penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 10. Diagram alir penelitian

F. HASIL YANG DIHARAPKAN

Jelaskan hasil yang diharapkan atau luaran yang dijanjikan dari penelitian

Hasil yang Diharapkan

1. Dataset primer citra sampah campuran hasil observasi langsung di MRF Bintaro yang merepresentasikan kondisi nyata di lapangan sebagai dasar pelatihan model AI.
2. Model AI: Model AI yang mampu mengidentifikasi jenis sampah (organik, anorganik, bernilai ekonomi tinggi, dan bernilai ekonomi rendah) dengan akurasi minimal 90%.
3. Integrasi Sistem Otomasi: Sistem otomasi lengan robot atau delta robot yang terintegrasi dengan model AI dan dapat melakukan pemilahan sampah secara real-time.
4. Evaluasi Kinerja: Laporan evaluasi kinerja sistem otomasi yang menunjukkan peningkatan efisiensi dan efektivitas dibandingkan dengan metode manual.
5. Publikasi pada jurnal internasional bereputasi indeks Scopus Q2

G. JADWAL PENELITIAN

Jadwal penelitian disusun berdasarkan pelaksanaan penelitian dan disesuaikan berdasarkan lama tahun pelaksanaan penelitian

Tahun ke-1

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengumpulan Data Sampah												
2	Pengembangan Perangkat Lunak AI												
3	Integrasi Perangkat Lunak AI dengan Keseluruhan Sistem (kamera, robotic arm controller, conveyor controller, dll)												
4	Uji Coba Lapangan												
5	Publikasi Hasil dan Laporan												

H. DAFTAR PUSTAKA

Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Fitrianah, D., Muhammad, A., Nurhaida, I. (2023). Comparative Study of Pre-processing Data on Scoliosis Type Classification on X-Ray Image Using CNN Algorithm. In: Silhavy, R., Silhavy, P., Prokopova, Z. (eds) Data Science and Algorithms in Systems. CoMeSySo 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 597. Springer, Cham
2. Aziz AZA, Adnan NN, Mansor NF, Wan Awang WS, Nurhaida I, Jaya S. SODIBOT: A TWO in ONE Real-Time Human Monitoring System using YOLO algorithms. In: 8th International Conference on Software Engineering and Computer Systems, ICSECS 2023. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2023. p. 347–52.
3. Nurhaida I, Zen RAM, Ayumi V, Wei H. Determining the number of batik motif object based on hierarchical symmetry detection approach. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics. 2021;9(1):141–52.
4. Ayumi V, Nurhaida I. Klasifikasi Chest X-Ray Images Berdasarkan Kriteria Gejala Covid-19 Menggunakan Convolutional Neural Network Article Info ABSTRAK. JSAI: Journal Scientific and Applied Informatics. 2021;4(2).
5. Ayumi V, Nurhaida I, Noprisson H. Implementation of Convolutional Neural Networks for Batik Image Dataset. Vol. 8, INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTING SCIENCE AND APPLIED MATHEMATICS. 2022.
6. Pasaribu AJTMRA. ANALISIS KEBIJAKAN PENGELOLAAN SAMPAH DI KOTA TANGERANG SELATAN. Binapatria. 2024 May 10;18(10):2525–34.
7. Lubongo C, Alexandridis P. Assessment of Performance and Challenges in Use of Commercial Automated Sorting Technology for Plastic Waste. Recycling. 2022 Apr 1;7(2).
8. Satav AG, Kubade S, Amrutkar C, Arya G, Pawar A. A state-of-the-art review on robotics in waste sorting: scope and challenges. Vol. 17, International Journal on Interactive Design and Manufacturing. Springer-Verlag Italia s.r.l.; 2023. p. 2789–806.
9. Bobulski J, Kubanek M. Autonomous Robot for Plastic Waste Classification. In 2021. p. 371–6.
10. Yu-Hao Lin WLMHIKF. Development of intelligent Municipal Solid waste Sorter for recyclables. Waste Management. 2024 Feb 15;174:597–604.
11. Pučnik R, Dokl M, Fan Y Van, Vujanović A, Novak Pintarič Z, Aviso KB, et al. A waste separation system based on sensor technology and deep learning: A simple approach applied to a case study of plastic packaging waste. J Clean Prod. 2024 Apr 15;450.

12. Ramos E, Lopes AG, Mendonça F. Application of Machine Learning in Plastic Waste Detection and Classification: A Systematic Review. Vol. 12, Processes. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024.
13. Fang B, Yu J, Chen Z, Osman AI, Farghali M, Ihara I, et al. Artificial intelligence for waste management in smart cities: a review. Vol. 21, Environmental Chemistry Letters. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2023. p. 1959–89.
14. Lubongo C, Bin Daej MAA, Alexandridis P. Recent Developments in Technology for Sorting Plastic for Recycling: The Emergence of Artificial Intelligence and the Rise of the Robots. Recycling. 2024 Aug 1;9(4).
15. Paudel P, Shrestha S, Shrestha S, Gurung S, Adhikari S. Automated Waste Sorting with Delta Arm and YOLOv8 Detection. Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks. 2024 Sep;6(3):299–315.
16. Elsayed Ibrahim A, Shoitan R, Moussa MM, Elnemr HA, Im Cho Y, Abdallah MS. Object Detection-based Automatic Waste Segregation using Robotic Arm [Internet]. Vol. 14, IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications. Available from: www.ijacsa.thesai.org
17. Budihardjo MA, Zaman B, Wati HR, Puspita AS. Material Recovery Facility (MRF) as an Alternative for Specific Waste Management for Hazardous Materials: Evidence from Semarang City, Indonesia. Pol J Environ Stud [Internet]. 2024 Sep 19; Available from: <https://www.pjoes.com/Material-Recovery-Facility-MRF-as-an-Alternative-for-Specific-Waste-Management-for,190010,0,2.html>
18. Putra HP, Damanhuri E, Sembiring E. The role of MRF in Indonesia's solid waste management system (case study of the Special Region of Yogyakarta, Indonesia). J Mater Cycles Waste Manag. 2020 Mar 1;22(2):396–404.
19. Hadian Pratama Hamzah A, Nurmawati S. Waste Management Analysis Of South Tangerang City (Alternative Review of Solving Waste Management Problems in Urban Areas). Journal Of Social Science Research. 2023;3:4414–25.
20. Hutamaputra W, Krisnabayu RY, Mawarni M, Yudistira N, Bachtiar FA. Perbandingan Convolutional Neural Network VGG16 dan ResNet34 pada Sistem Klasifikasi Sampah Botol. Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer. 2022 Apr 30;10(2).
21. Juniar, B.S.P. Sistem Cerdas Pemilah Sampah Daur Ulang Berbasis Klasifikasi Obyek dan Menggunakan Lengan Robot. Repository Universitas Pembangunan Jaya. 2024 Jun.