

LAPORAN AKHIR PENELITIAN FUNDAMENTAL REGULER II

**PENGKAJIAN TECHNOLOGY CONTRIBUTION COEFFICIENT  
PADA PELAKU INFORMAL (BENGKEL MOTOR LISTRIK)  
DALAM MENGELOLA END OF LIFE BATERAI**

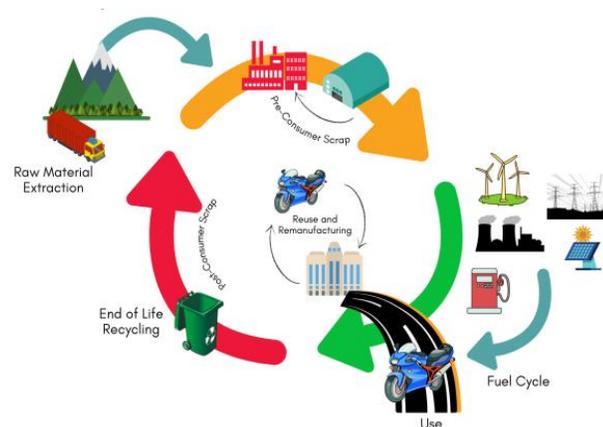


Annie Purwani  
Siti Mahsanah Budijati  
Tatbita Titin Suharyanto  
Iqbal Ramadhan 2100019066  
Ichsanul Fikri Umar Irawan 2100019102  
Dari Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta

**HIBAH RISET MUHAMMADIYAH BATCH VII TAHUN 2024/2025**

## 1. Latar Belakang, Rumusan Masalah, dan Tujuan

Berdasarkan informasi CNN Indonesia [1], saat ini jumlah motor listrik di Indonesia mendekati 75 ribu unit. Angka ini dinyatakan sebagai keberhasilan peralihan kendaraan internal combustion engine (ICE) menuju electric vehicle (EV) yang pada empat tahun yang lalu baru berkisar ratusan unit. Peningkatan trend penjualan motor listrik, didukung kebijakan pelonggaran kepemilikan sepeda motor listrik bersubsidi [2]. Subsidi dana senilai tujuh juta rupiah untuk setiap unit pembelian atau konversi. pada Mei 2024 mencapai 30.083 unit, baik itu sudah diterimakan maupun yang sedang dalam proses. Jumlah ini setara 60,1% dari total penjualan motor listrik bersubsidi yang ditargetkan Kemenperin pada 2024 [3]



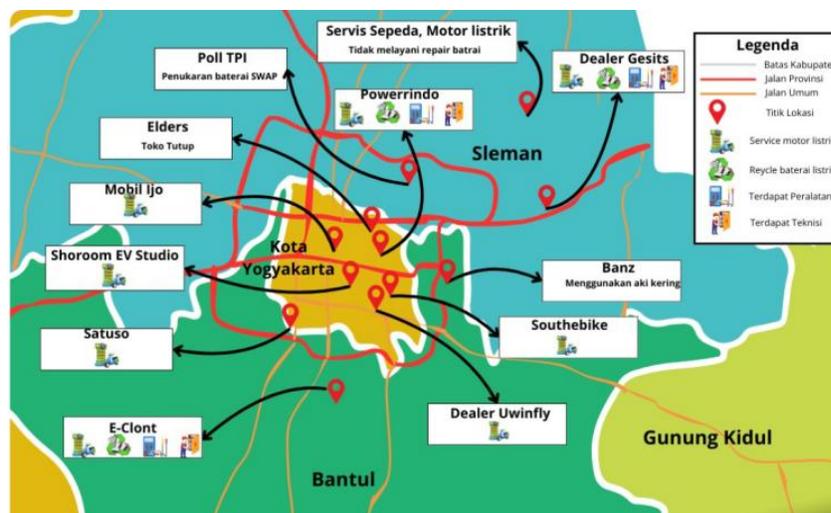
Gambar 1. Siklus Hidup Baterai Motor Listrik

Ekosistem motor listrik (Gambar 1.) merupakan tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh menyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan [4]. Pemanufaktur EV sebagai bagian dari ekosistem, mensikapi target pemerintah [5-6] dengan melakukan percepatan produksi, perbaikan desain, performansi berkendara, sampai pada harga yang bersaing. Harga akan terkait kepemilikan baterai sebagai komponen termahal motor listrik. Optimisme tingkat penjualan juga akan mempengaruhi pelaku ekosistem lain, sehingga memunculkan kebutuhan investasi penyediaan stasiun charging, bengkel motor listrik, aksesoris dan kebutuhan lain motor listrik. Pada akhirnya akan membangun industri pendukung di hulu dan dihilir guna menopang ekosistem motor listrik nasional.

Salah satu komponen penting dalam siklus hidup motor listrik adalah baterai. Peningkatan penjualan EV akan meningkatkan limbah baterai (baterai bekas - EoL battery) yang termasuk B3 (bahan berbahaya dan beracun). Baterai bekas sesungguhnya masih dapat

dikelola dengan melakukan repair, refurbish, remanufactur, reuse, bahkan recycle [7-12] Pemanufaktur EV yang seharusnya bertanggungjawab [13] belum maksimal dalam mengelola EoL baterai. Pelibatan pihak ketiga dalam hal ini bengkel motor listrik menjadi sangat perlu dikaji dan dikembangkan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Yogyakarta menggunakan snowball sampling diperoleh 12 bengkel yang dinilai berpotensi dalam mengelola sampah baterai (Gambar 2.). Identifikasi awal pada keduabelas bengkel tersebut diperoleh 2 bengkel hanya melayani penukaran baterai dan service motor listrik untuk perusahaan tertentu atau merek EV tertentu. Sebelas bengkel menerima service motor listrik untuk umum. Hanya tiga bengkel yang sudah melakukan praktik pengelolaan baterai.



Gambar 2. Pemetaan Bengkel Potensial Mengelola Sampah Baterai

Keyakinan ketercapaian jumlah motor listrik pada tahun 2030 sebesar 60.000 unit, perlu segera diimbangi dengan ketersediaan dan kelayakan bengkel-bengkel yang dapat mengelola sampah baterai yang akan terjadi pada 2035. Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diperoleh bahwa setiap baterai motor listrik jenis LFP dan NMC jika dibiarkan begitu saja sebagai sampah tanpa dikelola akan berpotensi menyumbang dampak GWP berturut-turut sebesar 26.52 kgCO<sub>2</sub>eq dan 132.53 kgCO<sub>2</sub>eq [14]. Maka mendukung keberadaan bengkel yang mampu mengelola sampah baterai menjadi sangat perlu dilakukan dan masih cukup waktu untuk mempersiapkan. Pada usulan penelitian ini akan dilakukan pengkajian kontribusi teknologi dan kontribusi potensi dampak lingkungan yang dimiliki beberapa bengkel di Yogyakarta.

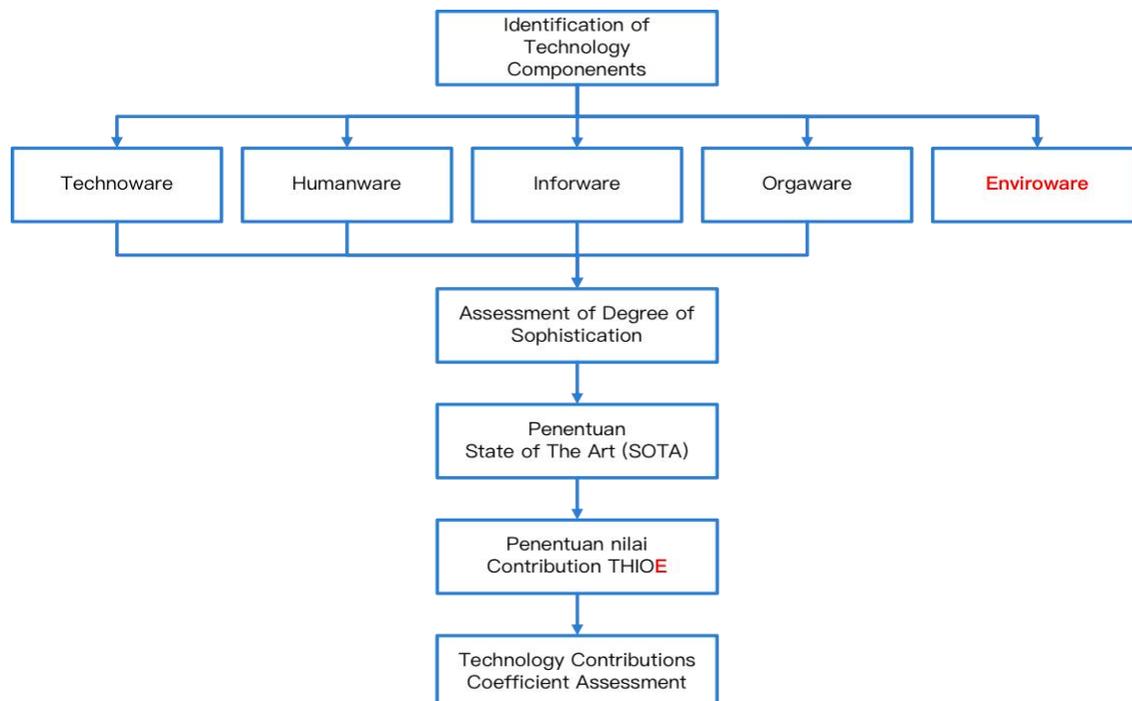
Tujuan penelitian ini : **Pengkajian kontribusi teknologi dan kontribusi potensi dampak lingkungan yang dimiliki beberapa bengkel di Yogyakarta.** Dengan urgensinya : **Pemetaan kapasitas lokal daerah menjadi sangat diperlukan, karena sebagai upaya mengantisipasi tingginya EoL baterai 4 - 5 tahun mendatang, di mana belum ada**

pemanufaktur yang menawarkan *reverse logistic* dan belum ada kebijakan pemerintah yang mengatur mengenai pengelolaan EoL baterai.

## 2. Perancangan pengukuran kontribusi teknologi

Kajian potensi pelaku Informal (bengkel motor listrik) dalam mengelola EoL baterai menggunakan model technometric. Technometric adalah model yang dikembangkan oleh UNESCAP [15] yang digunakan untuk menilai kemampuan teknologi dengan menganalisis berbagai komponen seperti technoware (T), humanware (H), infoware (I), dan orgaware (O). Koefisien Kontribusi Teknologi (TCC) merupakan metrik penting yang digunakan untuk mengevaluasi kontribusi teknologi secara keseluruhan dari fasilitas transformasi. Pada kajian ini TCC akan digunakan sebagai indikator potensi dari bengkel-bengkel di Yogya. Mengingat EoL baterai memiliki potensi dampak lingkungan, maka kajian TCC juga mempertimbangkan enviroware (E).

Gambar 3. merupakan langkah-langkah untuk menentukan nilai Technology Contribution Coefficient (TCC). Identifikasi atribut-atribut penilaian merupakan langkah awal yang harus dilakukan. Atribut-atribut penilaian yang digunakan pada penelitian ini adalah T, H, I, O dan E. Langkah selanjutnya adalah memperkirakan derajat sophistication suatu komponen teknologi. Metode perkiraan dilakukan dengan scoring tingkat sophistication komponen-komponen teknologi seperti pada Tabel 1. Langkah berikutnya adalah menghitung nilai SOTA, yang dilanjutkan dengan menghitung nilai Contribution untuk setiap atribut T, H, I, O, dan E. Hasil perhitungan nilai Contribution ini kemudian digunakan untuk menentukan nilai TCC.



Gambar 3. Tahapan Technometric

a. Pendefinisian atribut secara umum merujuk pada UNESCAP. Adapun pendefinisian setiap atribut (Tabel 1.) tersebut adalah sebagai berikut :

1) Technoware

Technoware adalah terkait dengan kemampuan teknologi yang dilihat dari stabilitas teknologi, tingkat adopsi teknologi, dan ketersediaan inovasi teknologi. Ukuran : Kemampuan atau ketersediaan teknologi akan dinilai dari kemampuan teknologi sederhana atau manual sampai pada teknologi terpadu.

2) Humanware

Pendaur ulang limbah baterai memerlukan organisasi dan sumber daya yang tidak lepas dari teknologi yang dimiliki.

Ukuran : Kemampuan sumber daya yang baru sebatas mengoperasikan sampai yang tertinggi

3) Inforware

Kemampuan sumber daya organisasi dalam menggunakan dan memaknai data yang mereka miliki. Ukuran : Kemampuan membiasakan menggunakan fakta sampai yang tertinggi adalah pada kemampuan menilai fakta.

4) Orgaware

Kemampuan organisasi dalam mengoperasikan proses bisnis. Ukuran : Kemampuan sumber daya organisasi dalam berusaha untuk bertahan sampai pada menjadi organisasi yang leading diantara organisasi sejenis.

5) Enviroware

Kemampuan sumber daya organisasi dalam beradaptasi mengelola lingkungan. Ukuran : Kemampuan beradaptasi mengelola lingkungan sampai pada mampu berkontribusi terhadap keberlanjutan.

Tabel 1. Kriteria dalam tingkat kecanggihan THIOE

Technoware	Humanware	Inforware	Organoware	Environware	Skor		
					LL		UL
T	H	I	O	E			
Fasilitas manual (sederhana)	Kemampuan operasi	Membiasakan fakta	Kerangka kerja untuk berusaha bertahan	Kemampuan beradaptasi mengelola lingkungan	1	2	3
Fasilitas yang dapat diandalkan	Menyiapkan kemampuan	Menjelaskan fakta	Kerangka kerja mencari mitra	Kemampuan mengelola dampak lingkungan	2	3	4
Fasilitas dengan kemampuan general purpose	Kemampuan memperbaiki	Menentukan fakta	Kerangka kerja pengembangan	Kemampuan mengurangi kerugian lingkungan	3	4	5
Fasilitas dengan kemampuan special purpose	Kemampuan mereproduksi	Memfaatkan fakta	Kerangka kerja protek (membatasi)	Kemampuan menilai potensi dampak lingkungan ekosistem	5	6	7
Fasilitas otomatis	Kemampuan beradaptasi	Memahami fakta	Kerangka kerja stabilisasi (bertahan)	Kemampuan melakukan pengendalian potensi dampak lingkungan	6	7	8
Fasilitas komputerisasi	Meningkatkan kemampuan	Membangkitkan fakta	Kerangka kerja yang memperlihatkan prospek	Kemampuan menghilangkan/ mengeliminasi penyebab potensi dampak lingkungan	7	8	9
Fasilitas terpadu	Kemampuan berinovasi	Menilai fakta	Kerangka kerja yang memimpin	Berkontribusi terhadap lingkungan (ekonomi, sosial dan lingkungan)	8	9	10

b. Penilaian derajat sophistication

Derajat sophistication dilakukan untuk tiga bengkel yang telah kami peroleh dari hasil observasi penelitian ini. Ketiga bengkel tersebut adalah Powerindo, E-Clont, dan LTE. Tabel 1. merupakan hasil rekapitulasi dari angket terbuka yang dilakukan saat survey verifikasi lokasi. Survey juga mengidentifikasi praktik *recycling* (pengelolaan limbah baterai) dari bengkel-bengkel yang sudah teridentifikasi tersebut.

1) Penentuan pelaku informal

Pelaku informal adalah beberapa bengkel motor yang melayani perawatan bengkel motor listrik di Yogyakarta. Hasil penelusuran kami dan observasi kami diperoleh sebagaimana telah dinyatakan sebelumnya adalah bengkel-bengkel yang memberikan layanan pengelolaan baterai bekas. Hasil penelusuran awal dilakukan menggunakan google, diketahui masing-masing Kota Yogyakarta, Sleman, dan Bantul memiliki tiga pelaku informal. Selanjutnya akan dipastikan kesesuaian kesduabelas bengkel tersebut (Tabel 1.) adalah pelaku informal yang dimaksudkan dan riset ini.

2) Pembuatan Daftar Penyusun dan Urutan Praktek Pengelolaan Baterai Bekas

Setelah pelaku informal dipastikan, dilanjutkan dengan pembuatan BOM dan OPC untuk setiap proses “R” pada pelaku informal tersebut. Definisi setiap R mengacu pada [16], [17], yaitu:

- a) Repair adalah memperbaiki kesalahan minor pada baterai bekas tanpa membongkar battery management system untuk digunakan pada motor listrik.
- b) Remanufaktur, untuk membawa produk bekas ke standar kualitas yang sama ketatnya dengan produk baru dengan pembongkaran lengkap hingga ke tingkat komponen dan inspeksi ekstensif serta penggantian suku cadang yang rusak/using[10].
- c) Refurbish/rekondisi, untuk membawa kualitas produk bekas ke tingkat yang ditentukan dengan pembongkaran ke tingkat modul, inspeksi dan penggantian modul yang rusak atau usang dengan kualitas hasil tidak sebaik remanufaktur [18].
- d) Repurpose atau reuse, memiliki proses yang hampir sama dengan remanufaktur. Namun, dalam penggunaan ulang, aplikasi akhir paket baterai berubah dari aplikasi aslinya. Aplikasi masa kedua dapat berupa energi storage system, forklift listrik atau EV kecepatan rendah.
- e) Recycle adalah proses daur ulang atau pembongkaran battery hingga ke tingkat sel dan ekstraksi bahan yang digunakan untuk membuat sel. Setiap operasi pemulihan dimana bahan limbah diproses kembali menjadi produk, bahan atau zat baik untuk tujuan asli atau lainnya.

Tabel 2. Layanan Bengkel Kendaraan Listrik di Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Kabupaten	Nama Bengkel/Dealer	Jenis Layanan	Penanganan Baterai Bekas/Rusak	Repair	Refurbish	Reuse
1	Sleman	Servis Sepeda Listrik/Motor Listrik Yogyakarta	Servis sepeda listrik dan motor listrik	Tidak Melayani Repair Baterai	x	x	x
2		Dealer Gesits	Jual Motor Listrik dan Garansi Motor Listrik	Melayani Repair Baterai melalui garansi resmi dealer	V	x	x
3		Pool TPI Jogja (Battery-Swap Station Grab)	Swapping Baterai Molis dan Repair Molis khusus Grap	Repair untuk baterai masih layak pakai dan dikembalikan ke vendor untuk baterai sudah tidak layak pakai	V	x	x
4		Elders Electrico	Konversi Vespa Listrik	Melayani Repair Baterai Vespa	V	x	x
5		Powerindo	Melayani service motor listrik, service baterai dan daur ulang baterai	Melayani Repair, Refurbish, Reuse Baterai Bekas	V	V	V
6	Kota Yogyakarta	Mobil Ijo Custom Service Mobil Motor Listrik Golf Cart	Custom Mobil Listrik dan Servis Motor Listrik	Melayani Repair Baterai	V	x	x
7		Southebike	Modif, konversi, dan menjual sparepart kendaraan listrik	Melayani Repair Baterai	V	x	x
8		Dealer Uwinfly	Jual Motor dan Sepeda Listrik	Melayani Repair Baterai melalui garansi resmi dealer	V	x	x
9		EV Studio	Dealer Motor Listrik	Melayani Repair Baterai melalui garansi resmi dealer	V	x	x
10	Bantul	E-Clont	Custom Baterai, Konversi Motor Listrik, dan Pelatihan Kendaraan Listrik	Melayani Repair, Refurbish, Reuse Baterai Bekas	V	V	V
11		Satuso	Servis dan Konversi Motor Listrik	Melayani Repair Baterai	V	x	x
12		Banz	Dealer Motor Listrik	Melayani Repair Baterai melalui garansi resmi dealer	V	x	x

### 3. Pengukuran dan perhitungan kontribusi teknologi

Nilai derajat shopistication dari ketiga bengkel adalah sebagai mana pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Derajat Shopistication Pelaku Informal

Komponen teknologi	Kriteria	Derajat Sophistication			Skor		
		E	S	L	LL		UL
Perangkat lunak teknologi (T)	Fasilitas manual (sederhana)	3	3	3	1	2	3
	Fasilitas yang dapat diandalkan	4	4	4	2	3	4
	Fasilitas dengan kemampuan general purpose	4	5	4	3	4	5
	Fasilitas dengan kemampuan special purpose	7	6	7	5	6	7
	Fasilitas otimatis	8	7	7	6	7	8
	Fasilitas komputerisasi	9	8	8	7	8	9
	Fasilitas terpadu	9	9	9	8	9	10
Perangkat lunak manusia (H)	Kemampuan operasi	3	3	3	1	2	3
	Menyiapkan kemampuan	4	4	4	2	3	4
	Kemampuan memperbaiki	5	4	4	3	4	5
	Kemampuan mereproduksi	6	6	6	5	6	7
	Kemampuan beradaptasi	7	7	8	6	7	8
	Meningkatkan kemampuan	8	8	8	7	8	9
	Kemampuan berinovasi	9	9	9	8	9	10
Perangkat lunak organisasi (O)	Membiasakan fakta	2	3	2	1	2	3
	Menjelaskan fakta	4	4	4	2	3	4
	Menentukan fakta	4	4	4	3	4	5
	Memanfaatkan fakta	6	7	6	5	6	7
	Memahami fakta	8	7	8	6	7	8
	Membangkitkan fakta	8	9	8	7	8	9
	Menilai fakta	10	9	9	8	9	10
Perangkat lunak informasi (I)	Kerangka kerja untuk berusaha bertahan	3	3	3	1	2	3
	Kerangka kerja mencari mitra	3	4	3	2	3	4
	Kerangka kerja pengembangan	5	5	5	3	4	5
	Kerangka kerja protek (membatasi)	6	6	7	5	6	7
	Kerangka kerja stabilisasi (bertahan)	8	8	7	6	7	8
	Kerangka kerja yang memperlihatkan prospek	9	9	9	7	8	9
	Kerangka kerja yang memimpin	10	10	10	8	9	10
Perangkat lunak lingkungan (E)	Kemampuan beradaptasi mengelola lingkungan	2	3	2	1	2	3
	Kemampuan mengelola dampak lingkungan	3	3	3	2	3	4
	Kemampuan mengurangi kerugian lingkungan	4	4	4	3	4	5
	Kemampuan menilai potensi dampak lingkungan ekosistem	5	6	6	5	6	7
	Kemampuan melakukan pengendalian potensi dampak	7	7	7	6	7	8
	Kemampuan menghilangkan/ mengeliminasi penyebab	8	8	8	7	8	9
	Berkontribusi terhadap lingkungan (ekonomi, sosial dan	8	8	9	8	9	10

Berdasarkan nilai yang diperoleh dari derajat shopistication dari Tabel 3. dilanjutkan dengan menghitung nilai Menilai State-of-the-art (SOTA). Prosedur penilaian SOTA adalah dengan

menggunakan kriteria umum untuk setiap komponen teknologi yang telah disarankan sebagai kriteria spesifik yang dapat dikuantifikasikan kemudian kriteria tersebut dikembangkan. Rating SOTA dapat ditunjukkan dengan persamaan (9) sampai dengan (13) :

Rating State-of- the-art komponen technoware item i

$$ST_i = \frac{1}{10} \left[ \frac{\sum_k t_{ik}}{k_t} \right] \quad k = 1, 2, \dots k_t \quad (9)$$

Rating State-of- the-art komponen humanware kategori j

$$SH_j = \frac{1}{10} \left[ \frac{\sum_l h_{jl}}{l_h} \right] \quad l = 1, 2, \dots l_h \quad (10)$$

Rating State-of- the-art komponen inforware

$$SI = \frac{1}{10} \left[ \frac{\sum_m f_m}{m_f} \right] \quad m = 1, 2, \dots m_f \quad (11)$$

Rating State-of- the-art komponen orgaware

$$SO = \frac{1}{10} \left[ \frac{\sum_n o_n}{n_o} \right] \quad n = 1, 2, \dots n_o \quad (12)$$

Rating State-of- the-art komponen enviroware

$$SE = \frac{1}{10} \left[ \frac{\sum_p e_p}{p_e} \right] \quad p = 1, 2, \dots p_e \quad (13)$$

Tabel 5. Nilai SOTA Bengkel

SOTA	E	S	L
ST <sub>i</sub>	0.63	0.60	0.60
SH <sub>k</sub>	0.60	0.59	0.60
SI	0.60	0.61	0.59
SO	0.63	0.64	0.63
SE	0.53	0.56	0.56

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai kontribusi THIO menggunakan jumlah nilai terkecil dengan hasil perkalian antara SOTA dan selisih nilai upper dan nilai lower. Hasilnya kemudian dibagi dengan 9 sehingga kontribusi komponen di tingkat SOTA persamaan (14) sampai dengan (18).

$$T = \frac{1}{9} [LT + ST(UT - LT)] \quad (14)$$

$$H = \frac{1}{9} [LH + SH(UH - LH)] \quad (15)$$

$$I = \frac{1}{9} [LI + SI(UI - LI)] \quad (16)$$

$$O = \frac{1}{9} [LO + SO(UO - LO)] \quad (17)$$

$$E = \frac{1}{9} [LE + SE(UE - LE)] \quad (18)$$

Where, LT = technoware lower level; UT = technoware upper level; LH = humanware lower level; UH = humanware upper level; LI = inforware lower level; UI = inforware upper level; LO = orgaware lower level; UO = orgaware upper level; LE = enviroware lower level; UE = enviroware upper level.

Tabel 6. Nilai Kontribusi THIOE

Nilai Kontribusi	E						S						L					
	LL	UL	SoA	Normal	Bobot	Nilai Kontribusi	LL	UL	SoA	Normal	Bobot	Nilai Kontribusi	LL	UL	SoA	Normal	Bobot	Nilai Kontribusi
T	3	9	0.63	0.75	0.20	0.94	3	9	0.60	0.73	0.20	0.94	3	9	0.60	0.73	0.20	0.94
H	3	9	0.60	0.73	0.20	0.94	3	9	0.59	0.72	0.20	0.94	3	9	0.60	0.73	0.20	0.94
I	2	10	0.60	0.76	0.20	0.95	3	9	0.61	0.74	0.20	0.94	2	9	0.59	0.68	0.20	0.93
O	3	10	0.63	0.82	0.20	0.96	3	10	0.64	0.83	0.20	0.96	3	10	0.63	0.82	0.20	0.96
E	2	8	0.53	0.57	0.20	0.90	3	8	0.56	0.64	0.20	0.92	2	9	0.56	0.66	0.20	0.92

Koefisien Kontribusi Teknologi (TCC) dinyatakan pada rumus (1)

$$TCC = T^{\beta_t} \times H^{\beta_h} \times I^{\beta_i} \times O^{\beta_o} \times E^{\beta_e} \quad (1)$$

Di mana:

T = nilai kontribusi komponen technoware;

$\beta_t$  = nilai intensitas kontribusi komponen technoware;

H = nilai kontribusi komponen humanware;

$\beta_h$  = nilai intensitas kontribusi komponen humanware;

I = nilai kontribusi komponen inforware;

$\beta_i$  = nilai intensitas kontribusi komponen inforware;

O = nilai kontribusi komponen orgaware;

$\beta_o$  = nilai intensitas kontribusi komponen orgaware;

E = nilai kontribusi komponen envioware;

$\beta_e$  = nilai intensitas kontribusi komponen envioware.

Hasil perhitungan TCC untuk ketiga bengkel terdapat pada Tabel 7. Ketiga bengkel berada pada angka rata-rata 0,7. Nilai TCC dibentuk dari nilai perkalian Nilai Kontribusi dipangkatkan dengan intensitas kontribusi atau bobot (dari Tabel 6.) yang diperkalikan untuk setiap komponen teknologi sebagaimana pada Tabel 7 kolom TCC.

Tabel 7. Hasil perhitungan TCC

Bengkel	T	H	I	O	E	TCC
E	0.94	0.94	0.95	0.96	0.90	0.723
S	0.94	0.94	0.94	0.96	0.92	0.733
L	0.94	0.94	0.93	0.96	0.92	0.722

#### 4. Pembahasan

Pentingnya evaluasi teknologi dapat didefinisikan sebagai proses untuk memahami teknologi, mengukur kinerjanya, dan menganalisisnya. Evaluasi teknologi penting dilakukan karena [19], diharapkan dapat mengoptimalkan investasi yang akan menghasilkan nilai tambah sebagaimana tujuan dan strategi perusahaan, selain itu dapat

digunakan untuk memperbaiki teknologi evaluasi kinerja teknologi dengan memudahkan proses identifikasi kekurangan atau ketidaksesuaian dengan kebutuhan bisnis dan memperbaiki proses, dan juga penting sebagai bentuk adaptasi guna merespon perubahan dalam lingkungan bisnis yang dinamis dengan cepat.

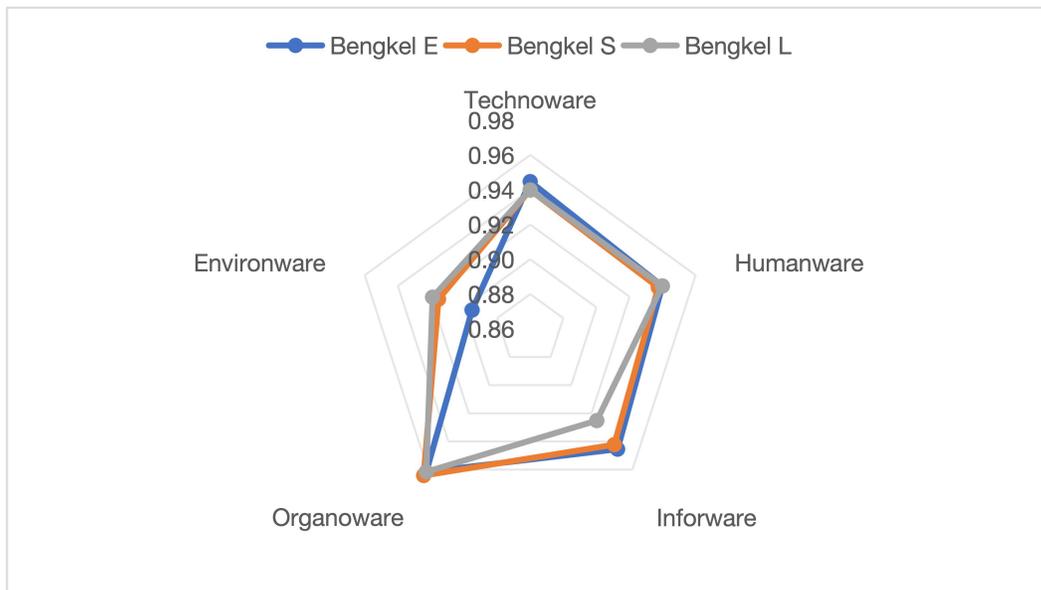
Hasil evaluasi kontribusi teknologi pada Tabel 7. memperlihatkan bahwa nilai T, H, I, O dan E merujuk pada intensitas kontribusi setiap komponen teknologi terhadap TCC. Fungsi perkalian untuk TCC memiliki sifat-sifat berikut yang tampaknya menjelaskan situasi praktis tertentu dengan cukup baik. Fungsi TCC menunjukkan bahwa T, H, I, O, E harus benar-benar bukan nol jika semua proses menggunakan semua komponen teknologi. Hal ini sesuai dengan postulat bahwa tidak ada aktivitas transformasi yang mungkin terjadi tanpa kelima komponen.

Hasil dari pengukuran kontribusi teknologi yang dimiliki oleh ketiga bengkel yang sudah melakukan praktik daur ulang dan bersedia untuk tetap melayani daur ulang limbah baterai adalah pada angka 0,7. Apabila mengacu pada Tabel 8. mengenai klasifikasi nilai TCC dan tipe teknologi, ketiga bengkel tersebut masuk dalam klasifikasi sangat bagus dengan tipe teknolog termasuk modern. Gambar 4. menunjukkan perbedaan performansi setiap bengkel. Nampak bahwa Bengkel E memiliki nilai tinggi pada komponen Technoware, Humanware, Inforware dan Organoware, namun paling rendah diantara ketiga bengkel untuk komponen Environware. Bengkel L, memiliki kinerja paling rendah pada komponen Inforware. Sementara Bengkel S, nampak sangat menguasai pada semua komponen.

Tabel 8. Klasifikasi Nilai TCC dan Tipe Teknologi [20]

Jangkauan TCC	Klasifikasi Nilai TCC	Tipe Teknologi
$0 < TCC \leq 0,1$	Sangat rendah	Tradisional
$0,1 < TCC \leq 0,3$	Rendah	Tradisional
$0,3 < TCC \leq 0,5$	Standar	Semi Modern
$0,5 < TCC \leq 0,7$	Bagus	Semi Modern
$0,7 < TCC \leq 0,9$	Sangat bagus	Modern
$0,9 < TCC \leq 1,0$	Benar-benar canggih	Modern

Gambaran kesiapan secara umum dari ketiga bengkel dapat dilihat pada Gambar 5. Secara umum tampak bahwa komponen Inforware dan Enviroware, merupakan komponen yang paling rendah di antara komponen evaluasi teknologi lainnya. Komponen inforware yang perlu diperbaiki adalah bagaimana para pelaku informal tersebut lebih mengembangkan usaha untuk memperluas atau memperbesar mitra kerja. Sedangkan pada komponen enviroware hal yang perlu ditingkatkan adalah kemampuan beradaptasi mengelola lingkungan dan berkontribusi terhadap lingkungan, ekonomi, dan sosial.

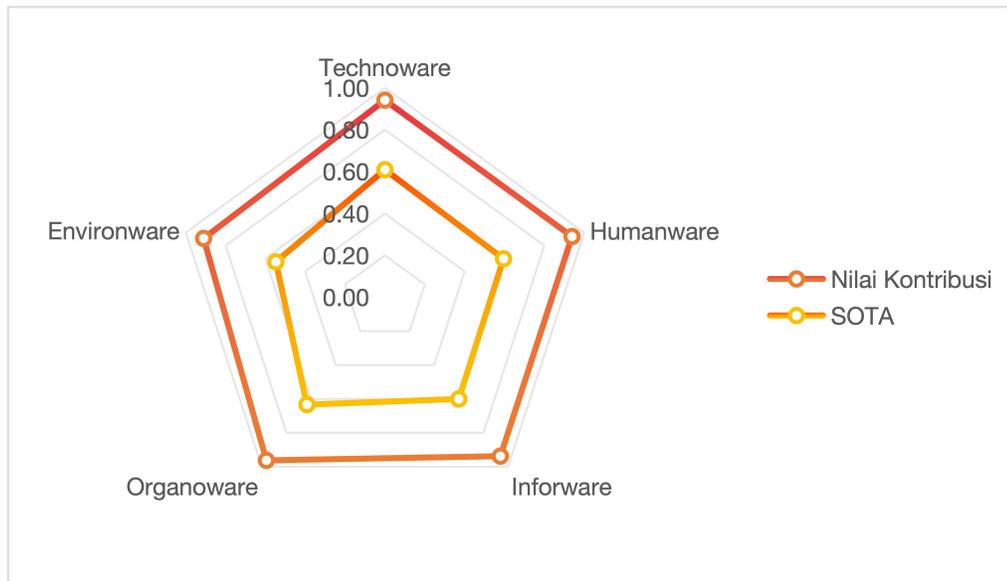


Gambar 4. Radar Chart Nilai Kontribusi Komponen Tiga Bengkel

Tabel 9. Usulan Peningkatan Kontribusi Teknologi Pelaku Informal Pengdaur Ulang Baterai

Usulan	Komponen Inforware: Pengembangan Usaha dan Mitra Kerja	Komponen Environware: Adaptasi dan Kontribusi Lingkungan, Ekonomi, & Sosial
Pembuat Kebijakan	Perlu memperluas akses informasi terkait peluang kemitraan, pasar, dan regulasi usaha kepada pelaku informal melalui pelatihan, sosialisasi, dan teknologi digital.	Menyusun regulasi dan insentif bagi pelaku informal yang mengadopsi praktik ramah lingkungan, seperti pengurangan limbah, penggunaan bahan baku lokal berkelanjutan, dan pengelolaan sumber daya secara efisien.
	Memfasilitasi platform digital atau sistem informasi bisnis yang memungkinkan pelaku informal mencari dan berkomunikasi dengan calon mitra, baik dari sesama pelaku usaha maupun perusahaan besar dan lembaga keuangan.	Pemerintah daerah dapat menyediakan ruang publik, fasilitas pengelolaan daur ulang, dan edukasi terkait pengelolaan lingkungan di area usaha pelaku informal.
	Pemerintah sebaiknya mendorong kolaborasi kementerian, pemanufaktur dan pelaku informal yang lebih maju, dan juga perusahaan besar melalui program matchmaking usaha dan fasilitasi legalitas layanan yang dilakukan pelaku informal.	Mendorong pelibatan komunitas, LSM, dan sektor swasta dalam pembinaan adaptasi lingkungan melalui program pelatihan, workshop, serta penghargaan bagi usaha yang aktif berkontribusi pada ekonomi hijau dan inisiatif sosial.
	Kebijakan deregulasi agar proses perizinan, akses pendanaan, dan pelaporan usaha lebih sederhana, sehingga mendorong pelaku informal naik kelas dan mendapatkan mitra kerja yang lebih luas.	Mendukung kolaborasi lintas sektor (ekonomi, sosial, lingkungan) agar pelaku usaha informal dapat menjalin relasi dengan stakeholder lokal dan meningkatkan kepedulian sosial di lingkungan usahanya.
Pemanufaktur	Pemanufaktur dapat membuka peluang kemitraan dengan pelaku usaha informal sebagai jaringan distribusi, tenaga pemasaran, atau co-creation produk.	Menedukasi dan mendukung penerapan praktik ramah lingkungan (eco-friendly operation) serta mendorong pelaku mitra informal untuk menggunakan teknologi tepat guna dalam pengelolaan limbah.
	Menyediakan dukungan berupa pelatihan bisnis, digital marketing, pengelolaan keuangan sederhana, serta pengetahuan terkait branding dan pengembangan produk yang sesuai kebutuhan pasar.	Membantu pengembangan produk bernilai tambah dengan memanfaatkan bahan baku lokal dan daur ulang, sekaligus memperkuat branding sebagai usaha yang berkontribusi sosial dan lingkungan.
	Mendukung digitalisasi dan integrasi data antara pemanufaktur dengan mitra informal, baik melalui platform marketplace ataupun aplikasi khusus untuk memberdayakan mitra kerja.	Mendorong kegiatan tanggung jawab sosial perusahaan melalui pelibatan pelaku usaha informal dalam program edukasi, pengelolaan komunitas, dan pemberdayaan ekonomi lokal.

Kesiapan kontribusi teknologi dari para pelaku informal diharapkan akan bersinergi dengan target percepatan perpindahan dari kendaraan berbahan bakar minyak menuju kendaraan listrik. Kesiapan kontribusi teknologi akan meningkatkan optimisme bagi pelaku informal lain.



Gambar 5. Radar Chart dari Nilai Kontribusi dan SOTA THIOE

## 5. Kesimpulan

### Pengkajian kontribusi teknologi dan kontribusi potensi dampak lingkungan yang dimiliki beberapa bengkel di Yogyakarta

Hasil pengkajian kontribusi teknologi DIY masuk pada klasifikasi teknologi sangat bagus dan tipe teknologi modern. Kontribusi potensi dampak lingkungan yang dimiliki beberapa bengkel

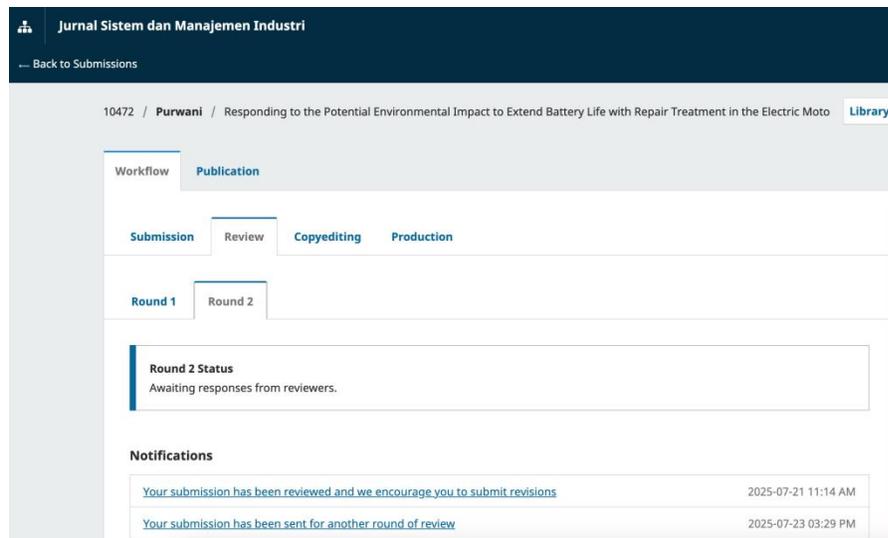
## 6. Rencana ke Depan

Setelah semua sistem produk siap. Akan dilanjutkan dengan life cycle inventory analysis dan life cycle impact assessment.

## 7. Daftar Luaran Wajib dan Tambahan

Jenis luaran wajib adalah artikel yang telah submit pada Jurnal pada Sinta 2, yaitu Jurnal Sistem dan Manajemen Industri yang dikelola oleh Teknik Industri Universitas Serang Raya. Kami telah submit pada 27 April 2025, revisi pertama pada 21 Juli 2025. Alhamdulillah sudah memperoleh LoA yang dinyatakan diterima namun baru akan terbit pada **Volume 9**

No 2 Bulan Desember Tahun 2025. **Gambar 7.** adalah tampilan layar dari OJS Jurnal JSMI



Gambar 7. Tampilan layar OJS Jurnal JSMI

## 8. Kendala

Beberapa kendala yang kami hadapi adalah

- Dari beberapa sampel yang kami perkirakan merupakan pelaku daur ulang baterai ternyata bukan. Dan beberapa ternyata mensubkontrakkan lagi pekerjaan daur ulang kepada salah satu bengkel dari sampel kami.
- Kesulitan untuk mempublikasikan artikel kami. Kami mencoba submit ke Operations and Supply Chain Management: An International Journal (OSCM) Jurnal Q2 yang dikelola oleh Lab. of Logistics and Supply Chain Mgmt., Dept. of Industrial Engineering, ITS Surabaya, Indonesia, namun **ditolak**. Kemudian kami submit ke Jurnal Optimasi Sistem Industri Jurnal Q3 yang dikelola oleh Teknik Industri Universitas Andalas Padang Sumatera Barat, kami submit sejak 29 Maret 2025 tidak ada respon sehingga kami withdraw kemudian kami submit ke JSMI pada 27 April 2025, dan Insya Allah akan publish pada Desember 2025

## 9. Daftar Pustaka

- [1] C. Indonesia, "Populasi Motor Listrik di Indonesia Nyaris 75 Ribu Unit," *CNN Indonesia*, p. N/A, 2024. [Online]. Available: <https://www.cnnindonesia.com/otomotif/20240126131720-603-1054724/populasi-motor-listrik-di-indonesia-nyaris-75-ribu-unit>
- [2] D. Andi and A. S. Perwitasari, "Penjualan Motor Listrik Bersubsidi Mulai Bertenaga di Kuartal I-2024," *KONTAN.CO.ID*, Apr. 20, 2024.
- [3] D. Andi and H. K. Dewi, "Kemenperin: Penjualan Motor Listrik Bersubsidi Sudah 60,1% dari Target," *KONTAN.CO.ID*, 2024. [Online]. Available:

- <https://industri.kontan.co.id/news/kemenperin-penjualan-motor-listrik-bersubsidi-sudah-601-dari-target>
- [4] Presiden RI, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup*. 1997, pp. 1–59.
- [5] Presiden RI, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2019 Tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (battery electric vehicle) untuk Transportasi Jalan*. 2019, pp. 1–22.
- [6] Kementerian Perindustrian RI, *Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia No 27 Tahun 2020*. 2020, pp. 1–92.
- [7] A. Temporelli, M. L. Carvalho, and P. Girardi, “Life cycle assessment of electric vehicle batteries: An overview of recent literature,” *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 11, 2020, doi: 10.3390/en13112864.
- [8] Melissa Bowler and M. Bowler, “Battery Second Use : A Framework for Evaluating the Combination of Two Value Chains,” *All Dissertations*, no. May, pp. 1–32, 2014.
- [9] F. Vu and M. Rahic, “Exploring EV Battery Secondary life Business models and Reverse logistic perspectives,” 2019, [Online]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1280483>
- [10] M. Pagliaro and F. Meneguzzo, “Lithium battery reusing and recycling: A circular economy insight,” *Heliyon*, vol. 5, no. 6, p. e01866, 2019, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01866.
- [11] L. Canals Casals, B. Amante García, and L. V. Cremades, “Electric vehicle battery reuse: Preparing for a second life,” *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 10, no. 2Special Issue, pp. 266–285, 2017, doi: 10.3926/jiem.2009.
- [12] A. Pandey, S. Patnaik, and S. Pati, “Available technologies for remanufacturing, repurposing, and recycling lithium-ion batteries: an introduction,” *Nano Technology for Battery Recycling, Remanufacturing, and Reusing*, pp. 33–51, 2022, doi: 10.1016/B978-0-323-91134-4.00020-0.
- [13] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, “Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kelautan Republik Indonesia No. 1 tahun 2021,” *Kementrian LHK RI*, vol. 1, p. 312, 2021.
- [14] Annie Purwani, Siti Mahsanah Budijati, and Hayati Mukti Asih, “Life cycle assessment pengelolaan baterai bekas motor listrik pada pelaku informal,” Yogyakarta, Aug. 2024.
- [15] U. Nations and E. A. S. C. F. A. A. T. Pacific, “A Framework For Technology-Based Development Technology Content Assessment,” 1989.
- [16] S. Shokohyar, S. Mansour, and B. Karimi, “A model for integrating services and product EOL management in sustainable product service system (S-PSS),” *J Intell Manuf*, vol. 25, no. 3, pp. 427–440, 2014, doi: 10.1007/s10845-012-0694-x.
- [17] S. Farhad, R. K. Gupta, G. Yasin, and T. A. Nguyen, *Nano Technology for Battery Recycling, Remanufacturing, and Reusing*. Elsevier, 2022. [Online]. Available: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- [18] H. Cao and P. Folan, “Product life cycle: The evolution of a paradigm and literature review from 1950-2009,” *Production Planning and Control*, vol. 23, no. 8, pp. 641–662, 2012, doi: 10.1080/09537287.2011.577460.
- [19] United Nation, “Technology Atlas Project Tokyo Programme on Technology for Development in Asia and the Pacific A FRAMEWORK FOR TECHNOLOGY-BASED DEVELOPMENT TECHNOLOGY CONTENT ASSESSMENT ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR ASIA AND THE PACIFIC UNITED NATIONS,” Mar. 1989.
- [20] G. Soehadi *et al.*, “Technology content assessment for Indonesia-cable based tsunameter development strategy using technometrics model,” *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, vol. 7, no. 1, pp. 15–29, Jun. 2023, doi: 10.30656/jsmi.v7i1.5748.

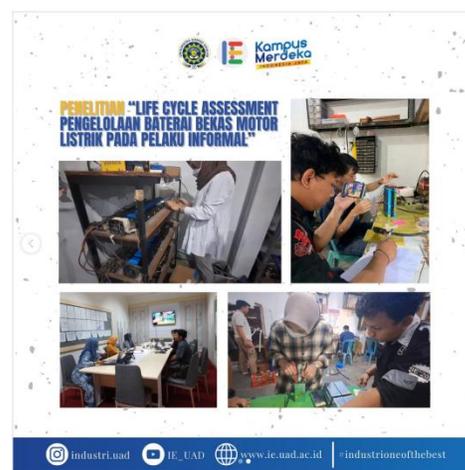
## 10. Anggaran Terpakai

Penggunaan dana penelitian

No	Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol	Biaya Satuan	Total
1.	Penyebaran angket TCC	28	(OH) Orang/Hari	28	Rp145,000	Rp 4.060.000
2.	FGD Persiapan identifikasi component TCC	2	PAKET	2	Rp1,500,000	Rp 3.000.000
3.	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	1	PAKET	1	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000
4.	Biaya Publikasi Artikel di Jurnal Nasional	1	PAKET	1	Rp2,800,000	Rp 2.800.000
5.	ATK (Pembuatan angket dan penggandaan)	30	UNIT	30	Rp 10000	Rp 300.000
6.	ATK (sovenir)	30	UNIT	30	Rp 30.000	Rp 900.000
7.	Pengolah Data : penentuan intensitas value; penentuan nilai sophisticated; penentuan nilai SOTA, nilai kontribusi, nilai TCC; intepretasi hasil	4	(OB) Orang/Bulan	4	Rp 650.000	Rp 2.600.000
8.	Honorium Narasumber	2	(OP) Orang/Paket	2	Rp600,000	Rp 1.200.000
9.	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	4	(OB) Orang/Bulan	4	Rp 1.035.000	Rp 4.140.000
<b>Jumlah</b>						<b>12.165.000</b>

## 11. Lampiran

Bagian ini berisi tentang berbagai dokumentasi yang dilakukan selama penelitian mulai dari foto, video, dan atau dokumentasi lainnya.





Tahun Pelaksanaan: 2023/2024 - Peran: dosen - ANNE PURWANI

Dashboard Penelitian Pengabdian

Judul Kegiatan: Life cycle assessment pengelolaan baterai bekas motor listrik pada pelaku informal

Show 5 entries

No	Tanggal	Kegiatan	Persentase	Total Berkas	Aksi
1	Minggu, 04 Februari 2024	Pengadaan material penelitian (baterai bekas LFP dan NiMH) Pemeriksaan kesehatan kedua baterai tersebut	10%	0	✓
2	Senin, 04 Maret 2024	Studi literatur dan menyusun artikel	20%	0	✓
3	Senin, 05 Februari 2024	Pengamatan dan penyusunan Bill of Material proses Repair dan Reuse	5%	0	✓
4	Senin, 12 Februari 2024	Pengumpulan referensi	10%	0	✓
5	Rabu, 01 Mei 2024	Pengambilan data remanufaktur untuk LFP	10%	1	✓

Showing 1 to 5 of 5 entries

**Formulir Evaluasi Capaian**

**BORANG LUARAN RISETMU BATCH VII**

**a. Skema Penelitian yang diikuti:**

Penelitian Fundamental Reguler II

**b. Luaran Wajib Penelitian (sesuai panduan):**

1. Satu artikel di jurnal nasional terakreditasi SINTA 2
2. \_\_\_\_\_

**c. Capaian Penelitian/Pengabdian kepada Masyarakat (wajib dipilih salah satu):**

1. <25%
2. 25% - 50%
3. 51% - 75%
4. >75%

**d. Target Publikasi Luaran wajib**

1. Jurnal 1

- a. Nama Penulis : Annie Purwani, Siti Mahsanah Budijati, Hayati Mukti Asih, Tatbita Titin Suhariyanto, Chaerun Nisa
- b. Nama Jurnal : Jurnal Sistem dan Manajemen Industri (JSMI)
- c. Penerbit Jurnal : Jurusan Teknik Industri Universitas Serang Raya
- d. Judul Artikel : **Responding to the potential environmental impact to extend battery life : Preliminary study of informal actors' readiness**
- e. Lembaga Pengindeks : DOAJ, Sinta, Dimensions, Googlescholar, Index Copernicus, OpenAIRE.
- f. Quartil : - (Sinta 2)
- g. Status : **Accepted**  
(Draft, Submitted, Under Review, Accepted, Published)

2. Jurnal 2

- a. Nama Penulis : .....
  - b. Nama Jurnal : .....
  - c. Penerbit Jurnal : .....
  - d. Judul Artikel : .....
  - e. Lembaga Pengindeks : .....
  - f. Quartil : .....
  - g. Status : .....
- (Draft, Submitted, Under Review, Accepted, Published)

**e. Kendala (apabila luaran wajib belum tercapai)**

Masih menunggu proses review, semoga bisa segera muncul hasilnya.

**f. Luaran Tambahan (diisi jika ada target luaran tambahan)**

Kemajuan pencapaian luaran tambahan:

1. Produk inovasi berupa hasil Kekayaan Intelektual/KI Paten/Paten sederhana/Desain industri
  - a. Nama Inventor : .....
  - b. Nama Pemilik Paten/Paten sederhana: .....
  - c. Nomer Pendaftaran : .....
  - d. Tanggal Pendaftaran : .....
  - e. Status (*Draft*, *Terdaftar*) : .....
2. Produk inovasi berupa hasil Kekayaan Intelektual/KI Hak cipta yang bernilai komersial
  - a. Nama Pencipta : .....
  - b. Nama Pemilik Hak Cipta : .....
  - c. Nomer Pendaftaran : .....
  - d. Tanggal Pendaftaran : .....
  - e. Status (*Draft*, *Granted*) : .....
3. Buku
  - a. Nama Penulis : .....
  - b. Nama Penerbit Buku : .....
  - c. Nomer ISBN : .....
  - d. Tanggal terbit : .....
  - e. Status : .....

(Draft, Terkirim ke Penerbit, *Published*)
4. Publikasi di media massa  
Link berita/artikel:
  1. ....
  2. ....

Yogyakarta, 2 Mei 2025

Ketua Peneliti,



(Annie Purwani)

NIPM 19711016 199601 011 0784707

Mengetahui,  
Ketua LPPM



(Prof. Ir. Anton Yudhana, S.T., M.T., Ph.D. )

NIPM 19760808 200108 111 0886951