Pengembangan *Dashboard* Informatif Pada Mobil Listrik Berbasis Kano Model dan Integrasi *Human Machine Interface* (HMI) untuk *Battery Management System* (BMS)

1st Siti Yuki Lestari
Teknik Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia
yukilestari@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Silvi Istiqomah
Teknik Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia
silviistiqomah@telkomuniversity.ac.id

3rd Huki Chandra
Teknik Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia
hukichandra@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Seiring meningkatnya kesadaran terhadap keberlanjutan dan efisiensi energi, kendaraan listrik berbasis baterai menjadi alternatif transportasi yang inovatif dan ramah lingkungan. Salah satu komponen penting dalam kendaraan ini adalah *Battery Management System* (BMS), yang membutuhkan antarmuka pengguna untuk menyampaikan informasi teknis secara real-time dan mudah dipahami. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi serta mengklasifikasikan fitur-fitur dashboard informatif yang memengaruhi kepuasan pengguna dengan pendekatan Kano Model, serta mengembangkan fitur pemantauan kondisi baterai guna mendukung efisiensi dan keselamatan berkendara. Sebanyak 17 fitur dashboard dianalisis dan diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori Kano. Hasil analisis menunjukkan tidak ada fitur yang termasuk kategori *Must-be*. Sekitar 29% fitur seperti speedometer dan SOC *gauge* tergolong *One-Dimensional*, yang berdampak pada kepuasan pengguna. Sebanyak 47% dikategorikan *Attractive*, seperti estimasi jarak tempuh dan peta interaktif, sedangkan 18% termasuk *Indifferent*, yaitu fitur yang tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kepuasan. Selain itu, dikembangkan prototipe fitur BMS balancing yang terintegrasi dengan *Human Machine Interface* (HMI). Fitur ini memungkinkan pengguna memantau kondisi sel baterai secara *real-time* agar dapat dikelola lebih efektif. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar pengembangan dashboard kendaraan listrik yang informatif, adaptif terhadap kebutuhan pengguna, serta mendukung transportasi berkelanjutan.

`Kata Kunci—*Human Machine Interface* (HMI), Kano Model, Kendaraan Listrik, *Dashboard*, *Battery Management System* (BMS).

I. PENDAHULUAN

Seiring meningkatnya kesadaran akan keberlanjutan dan upaya perlindungan, perhatian terhadap sumber energi terbarukan semakin meningkat di berbagai sektor, termasuk di bidang transportasi. Dalam upaya mendukung transportasi yang lebih ramah lingkungan, pemerintah Indonesia mendorong penggunaan kendaraan listrik melalui Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Listrik Berbasis Baterai untuk Transportasi Jalan [1]. Kendaraan listrik berbasis baterai *Battery Electric Vehicle* (BEV) menjadi salah satu solusi strategis karena dapat mengurangi emisi karbon, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, serta meningkatkan efisiensi energi dalam sistem transportasi [2]. Namun, untuk memastikan efisiensi dan kinerja optimal kendaraan listrik, diperlukan sistem pendukung yang baik. Salah satu komponen penting yang berperan dalam hal ini adalah *Battery Management System* (BMS). BMS berfungsi untuk memantau kondisi baterai kendaraan, sehingga pengendara dapat memperkirakan jarak tempuh berdasarkan sisa kapasitas daya yang tersedia [3]. Agar informasi dari BMS dapat diterima secara efektif, dibutuhkan sistem antarmuka yang mampu menyampaikan data teknis secara akurat, *real-time*, dan mudah dipahami. Dalam kendaraan listrik, *Human Machine Interface* (HMI) memiliki peran penting dalam memastikan interaksi antara pengendara dan teknologi kendaraan berjalan secara efektif [4]. HMI memungkinkan pengendara mengontrol dan memantau kondisi kendaraan secara *real-time* sehingga mendukung pengambilan keputusan saat berkendara. Salah satu elemen utama dalam HMI adalah *dashboard [5],* yang berfungsi menyajikan informasi penting seperti status pengisian baterai, suhu dan peringatan sistem [6]. Namun, desain *dashboard* pada banyak kendaraan listrik masih belum sepenuhnya mempertimbangkan kebutuhan dan preferensi pengguna. Hal ini berpotensi menurunkan efektivitas interaksi antara pengguna dan sistem kendaraan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistematis yang mampu mengidentifikasi fitur-fitur *dashboard* yang relevan berdasarkan sudut pandang pengguna. Kano Model merupakan metode yang dikembangkan oleh Dr. Noriaki Kano untuk mengidentifikasi kepuasan konsumen dengan mengklasifikasikan atribut produk atau jasa berdasarkan tingkat pemenuhan kebutuhan pelanggan [7]. Model ini mengklasifikasikan fitur ke dalam lima kategori utama, meliputi *Must-be*, *One-dimensional*, *Attractive*, *Indifferent*, dan *Reverse*, serta satu kategori tambahan *Questionable* untuk tanggapan yang tidak konsisten [8]. Berbeda dengan metode teknik seperti *Quality Function Deployment* (QFD), Kano Model lebih berfokus pada persepsi dan harapan pengguna, sehingga cocok digunakan dalam pengembangan antarmuka yang berorientasi pada user experience (UX) [9]. Meskipun beberapa studi telah menyoroti pentingnya desain ergonomis dashboard kendaraan listrik [10], penelitian yang secara langsung mengaitkan fitur *dashboard* dengan tingkat kepuasan pengguna masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi fitur-fitur *dashboard* yang paling berpengaruh terhadap kepuasan pengguna kendaraan listrik tipe BEV dengan menggunakan pendekatan Kano Model. Selain itu, dilakukan pengembangan fitur pemantauan BMS *balancing* yang diintegrasikan dalam *dashboard* melalui sistem HMI. Fitur ini bertujuan membantu pengguna

memahami keseimbangan antar sel baterai, sehingga mendukung efisiensi dan keselamatan penggunaan kendaraan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pengembangan HMI yang lebih informatif dan ramah pengguna, tetapi juga mendukung pencapaian SDGs poin ke-9, yaitu pembangunan infrastruktur yang tangguh dan inovatif.

II. KAJIAN TEORI

A. *Battery Management System* (BMS)

Battery Management System (BMS) merupakan sistem yang mengawasi kinerja baterai, memantau status penyimpanan energi kendaraan listrik dan bergantung pada sensor yang dipasang di dalam baterai untuk melakukan fungsi tersebut [11]. BMS merupakan suatu sistem terpadu yang tidak hanya memantau dan melindungi baterai, tetapi juga meningkatkan performa serta keselamatan dalam berbagai aplikasi. BMS berfungsi sebagai otak yang mengatur berbagai aspek penting dari pengoperasian baterai, menjadikannya komponen vital dalam sistem penyimpanan energi [12]. Beberapa fungsi yang memiliki peran dalam memastikan kinerja optimal baterai pada kendaraan listrik, yaitu:

1. Estimasi *State of Charge* (SOC), menunjukkan seberapa banyak energi yang tersisa di dalam baterai.
2. Estimasi *State of Health* (SOH), mengukur kondisi jangka panjang dari baterai dan menentukan kapasitas aktual dibandingkan dengan kapasitas awalnya.
3. Penyeimbangan Sel (*Cell Balancing*), proses ini diperlukan karena perbedaan internal antar sel (misalnya, impedansi, *self-discharge*, suhu). BMS dapat menerapkan penyeimbangan pasif (*passive balancing*), yaitu dengan membuang energi berlebih sebagai panas, atau penyeimbangan aktif (*active balancing*), yaitu dengan memindahkan energi antar sel untuk menjaga keseimbangan muatan.
4. Perlindungan Termal, sistem memantau suhu dan mengaktifkan pendinginan aktif atau pasif, atau memutus sistem jika suhu ekstrem terdeteksi.
5. Deteksi dan Diagnostik Kesalahan Sensor, ketika sensor arus, tegangan, atau suhu mengalami kerusakan, sistem dapat salah membaca kondisi baterai.

B. *Human Machine Interface* (HMI)

Human Machine Interface (HMI) merupakan sistem yang memungkinkan pengguna mengendalikan dan berinteraksi dengan mesin atau computer [13]. HMI berfungsi untuk meningkatkan kinerja manusia yang andal melalui pengendalian fungsi mesin secara *real-time*. Berikut merupakan beberapa fungsi utama dari HMI (Ardanza dkk., 2019), meliputi:

a. Memantau dan menampilkan data proses secara langsung.
b. Mengawasi dan menyesuaikan kondisi kerja proses langsung dari HMI.
c. Mengelola alarm untuk mendeteksi kesalahan atau masalah selama proses manufaktur.
d. Mengontrol proses agar variabel tetap dalam batas aman.
e. Menyimpan dan meninjau aktivitas terkini, serta memberikan cara unutk mengakses data informasi terbaru dari proses manufaktur.

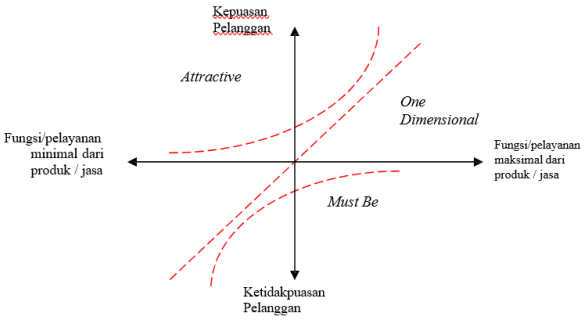
HMI bertujuan untuk mengembangkan antarmuka yang intuitif, efisien dan menyenangkan bagi penggunanya. Hal tersebut mencakup pemahaman mengenai kebutuhan dan preferensi pengguna, serta kemampuan dan batasan dari mesin. Tujuan HMI sederhananya untuk menciptakan interaksi yang baik dan alami antara manusia dan mesin, sehingga meningkatkan efektivitas dan efisiensi interaksi satu sama lain [14].

C. *Dashboard*

Dashboard merupakan komponen penting dalam kendaraan listrik karena menyajikan informasi real-time dari berbagai modul, sehingga pengemudi dapat memantau kondisi kendaraan secara menyeluruh [6]. Berbagai produsen kendaraan listrik merancang *dashboard* dengan pendekatan berbeda, menyesuaikan dengan segmen pasar. Sebagai contoh, Hyundai IONIQ 5 menampilkan *instrument cluster* digital yang modern dan kaya fitur, termasuk indikator pengereman regeneratif dan mode berkendara [15]. Sebaliknya, Wuling Air EV mengusung desain yang lebih sederhana dengan tetap menampilkan informasi dasar seperti kecepatan, status baterai, dan posisi transmisi [16]. Perbandingan ini menunjukkan adanya variasi kebutuhan dan ekspektasi pengguna terhadap fitur dashboard berdasarkan karakteristik kendaraan. Oleh karena itu, dalam merancang sistem *dashboard*, diperlukan pemahaman mendalam terhadap persepsi dan preferensi pengguna. Pendekatan berbasis pengguna menjadi penting agar fitur-fitur yang ditampilkan benar-benar relevan dan mendukung pengalaman berkendara secara optimal.

D. Kano Model

Kano Model merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mengkategorikan kebutuhan pelanggan [17]. Pada tahun 1984, Kano dan timnya dari Universitas Tokyo Rika di Jepang telah mengembangkan sebuah model untuk meningkatkan dan mengembangkan produk maupun layanan, yang dibagi berdasarkan tiga kategori, yaitu must-be, one-dimensional, dan attractive [18]. Dalam penerapannya, model ini digunakan pada tahap identifikasi kebutuhan pengguna untuk memberikan parameter kebutuhan yang lebih akurat [19] sehingga proses perancangan layanan dapat lebih sesuai dengan ekspektasi pelanggan secara sistematis.



GAMBAR 1
Model Diagram Kano

Berikut adalah penjelasan dari beberapa jenis kebutuhan dalam Kano Model yang menggambarkan berbagai aspek kepuasan pelanggan:

a. *Attractive* (kebutuhan ekspektasi): Fitur atau layanan yang melampaui ekspektasi pelanggan, memberikan kepuasan tinggi ketika ada, tetapi tidak menyebabkan ketidakpuasan jika tidak ada.
b. *One dimensional* (kebutuhan kinerja): Fitur atau layanan ini memiliki pengaruh langsung terhadap kepuasan pelanggan. Semakin baik kinerjanya, semakin tinggi pula tingkat kepuasan yang dirasakan pelanggan.
c. *Must be* (kebutuhan dasar): Fitur atau layanan yang dianggap wajib ada. Apabila tidak ada akan membuat pelanggan sangat tidak puas. Namun, performa yang lebih tinggi dari standar tidak banyak menambah kepuasan.
d. *Indifferent* (Kebutuhan Netral): Fitur atau layanan ini tidak berdampak besar pada kepuasan pelanggan. Kehadirannya atau ketiadaannya tidak memengaruhi tingkat kepuasan.
e. *Reverse* (Kebutuhan Berlawanan): Fitur atau layanan yang justru tidak diinginkan pelanggan. Ketidakhadirannya akan meningkatkan kepuasan.
f. *Questionable* (Kebutuhan yang Dipertanyakan): Fitur ini sulit dipahami. Respons pelanggan terhadap fitur ini seringkali tidak konsisten, sehingga evaluasi lebih lanjut diperlukan untuk memahaminya.

Untuk mengklasifikasikan atribut tersebut, Kano Model menggunakan dua jenis pertanyaan, meliputi fungsional dan disfungsional. Hasil dari jawaban responden dikombinasikan dan dipetakan ke dalam kategori melalui tabel evaluasi kano. Proses ini membantu dalam mengidentifikasi fitur mana yang paling berdampak terhadap kepuasan pelanggan dan fitur mana yang tidak perlu diprioritaskan.

TABEL 1
Evaluasi Kano

Kebutuhan Konsumen		**Disfungsional**				
		Suka	**Seharusnya**	**Netral**	**Dapat di-toleransi**	**Tidak Suka**
Fungsional	Suka	Q	A	A	A	O
	Seharusnya	R	I	I	I	M
	Netral	R	I	I	I	M
	Dapat ditoleransi	R	I	I	I	M
	Tidak Suka	R	R	R	R	Q

Kemudian, penentuan kategori utama untuk setiap atribut dilakukan menggunakan metode *if–then* berdasarkan formula dari *Blauth*:

a. Jika jumlah (O + A+ M) lebih besar dari (I + R + Q), maka kategori diambil dari nilai maksimum di antara (O, A, M).
b. Jika jumlah (O + A + M) lebih kecil dari (I + R+ Q), maka kategori diambil dari nilai maksimum di antara (I, R, Q).
c. Jika jumlah (O + A + M) sama dengan (I + R + Q), maka kategori diambil dari nilai maksimum di antara semua kategori Kano.

TABEL 2
Hasil Evaluasi

Product Requirement	**A**	**O**	**M**	**I**	**R**	**Q**	**Total**	***Category***
Kebutuhan 1	x%	x%	x%	x%	x%	x%	x%	Kategori
Kebutuhan 2	x%	x%	x%	x%	x%	x%	x%	Kategori
Kebutuhan 3	x%	x%	x%	x%	x%	x%	x%	Kategori

Sebagai tahap selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai *Better-Worse* untuk melakukan analisis terhadap data yang telah dikumpulkan dan memberikan interpretasi hasil. Nilai *better* didapatkan dengan menjumlahkan atribut A dan O, lalu membaginya dengan total respons (A, O, M, I). Sedangkan nilai *worse* dihitung dengan menjumlahkan atribut O dan M, kemudian membaginya dengan total respons. Rumus perhitungan sebagai berikut:

$$Better = \frac{A + O}{A + O + M + I} \quad (1)$$

$$Worse = \frac{O + M}{A + O + M + I} \quad (2)$$

Nilai *better* menunjukkan sejauh mana tingkat kepuasan pelanggan meningkat ketika atribut layanan diberikan, ditandai dengan nilai positif. Sebaliknya, nilai *worse* menggambarkan besarnya penurunan tingkat kepuasan jika atribut layanan tidak disediakan, ditunjukkan dalam nilai negatif.

E. Kajian Penelitian Terkait

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas pengembangan desain *dashboard* pada kendaraan listrik, baik dari sisi ergonomi maupun pengalaman pengguna. Salah satu studi menunjukkan bahwa desain *dashboard* yang ergonomis berkontribusi terhadap peningkatan kenyamanan dan keselamatan pengemudi [10]. Selain itu, pendekatan berbasis persepsi pengguna seperti Kano Model mulai diterapkan dalam pengembangan fitur *dashboard*. Penelitian yang dilakukan oleh [20] dan [5] membuktikan efektivitas model ini dalam mengidentifikasi kebutuhan dan preferensi pengguna terhadap tampilan HMI kendaraan listrik. Namun, sebagian besar studi tersebut masih berfokus pada preferensi pengguna secara umum, tanpa meninjau kebutuhan terhadap informasi teknis yang lebih mendalam, seperti kondisi keseimbangan sel baterai (*cell balancing*) pada sistem *Battery Management System* (BMS). Padahal, fitur ini memiliki peran penting dalam mendukung efisiensi dan keamanan kendaraan listrik, serta penting untuk dipahami oleh pengguna melalui tampilan *dashboard*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menjawab dua kebutuhan utama, yaitu mengidentifikasi fitur-fitur *dashboard* yang paling relevan berdasarkan persepsi pengguna melalui pendekatan Kano Model dan merancang fitur tambahan berupa pemantauan *cell balancing* yang terintegrasi dalam HMI, guna meningkatkan pemahaman pengguna terhadap kondisi teknis baterai secara *real-time*.

III. METODE

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yang terstruktur untuk merancang dan mengembangkan prototipe *dashboard* informatif berbasis *Human Machine Interface* (HMI) pada kendaraan listrik. Tahap awal dimulai dengan studi literatur untuk memahami konsep HMI, *dashboard* kendaraan listrik, *Battery Management System* (BMS), serta

metode Kano Model. Setelah itu, dilakukan identifikasi masalah dengan fokus pada kebutuhan pengguna dalam penyajian informasi teknis dari sistem BMS. Data dikumpulkan melalui *Focus Group Discussion* (FGD) dan kuesioner Kano Model, yang berisi pertanyaan fungsional dan disfungsional untuk mengelompokkan atribut fitur ke dalam kategori seperti *Must-be*, *One-dimensional*, *Attractive*, dan *Indifferent*. Analisis dilanjutkan dengan metode *blauth formula* dan *better-worse* untuk menentukan prioritas fitur. Berdasarkan hasil tersebut, dikembangkan prototipe berfidelitas menengah menggunakan aplikasi Figma. Tahap akhir berupa validasi prototipe dilakukan melalui wawancara dengan pengguna dan ahli di bidang baterai untuk memastikan kesesuaian fitur secara teknis maupun kebutuhan pengguna.

A. Sumber Data

Data dalam penelitian ini diperoleh dari dua jenis sumber, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui observasi, *Focus Group Discussion* (FGD), serta penyebaran kuesioner kepada pengguna aktif kendaraan listrik. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari literatur, jurnal ilmiah, dan referensi lainnya yang relevan dengan topik penelitian, khususnya mengenai penerapan metode Kano Model, HMI, dan BMS.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode Kano Model. Langkah-langkah penelitian mencakup identifikasi atribut fitur *dashboard* berdasarkan masukan pengguna, penyusunan kuesioner Kano, analisis hasil kuesioner untuk klasifikasi fitur, dan pengembangan prototipe berdasarkan fitur-fitur yang diprioritaskan. Dengan pendekatan ini, penelitian bertujuan untuk menghasilkan rancangan *dashboard* yang mampu menyajikan informasi secara lebih relevan, mudah dipahami, dan sesuai dengan ekspektasi pengguna mobil listrik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal dalam penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi fitur-fitur yang dianggap penting dalam tampilan *dashboard* kendaraan listrik. Proses ini dilakukan melalui studi literatur serta *Focus Group Discussion* (FGD) untuk mengetahui keinginan pengguna secara langsung melalui pendekatan *Voice of Customer* (VoC). FGD dilakukan dengan melibatkan pengguna mobil listrik sebanyak 4-6 orang sebagai partisipan. Dari hasil tersebut, diperoleh 17 atribut yang dianggap relevan dan berkaitan langsung dengan tampilan serta fungsi *dashboard*. Atribut-atribut inilah yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses analisis pada tahap selanjutnya, yaitu penyusunan kuisioner Model Kano yang disajikan pada lampiran.

TABEL 3
Atribut-Atribut *Dashboard* Berdasarkan FGD

NO. ATRIBUT	ATIBUT
1	Speedometer
2	Power/Charge Gauge
3	SOC Gauge (State of Charge)
4	Distance to Empty
5	Odometer
6	Status Transmisi
7	Indikator Pengereman Regeneratif
8	Voltase dan Arus Baterai
9	Mode Berkendara
10	Indikator Peringatan
11	Suhu Udara Luar
12	Trip Meter
13	Kecepatan Motor (Motor Speed)
14	LCD Display Kendaraan
15	Peta Interaktif
16	Notifikasi Degradasi Baterai
17	Peringatan Anomali Pengisian

Langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah menyebarkan kuisioner yang disusun berdaasrkan 17 atribut hasil FGD sebelumnya. Kuisioner ini menggunakan pendekatan Kano Model, di mana setiap atribut terdiri dari 2 pertanyaan, yaitu Fungsional (jika fitur tersedia) dan disfungsional (jika fitur tidak tersedia). Responden memberikan penilaian berdasarkan 5 pilihan jawaban yang mengikuti struktur pertanyaan dalam Kano Model. Setelah data terkumpul, kombinasi jawaban fungsional dan disfungsional dari setiap atribut diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori, yaitu *Must-b*e (M), *One-dimensional* (O), *Attractive* (A), *Indifferent* (I), *Reverse* (R) dan *Questionable*. Klasifikasi ini dilakukan menggunakan *Blauth Formula*, yang digunakan untuk menentukan prioritas pengembangan atau perbaikan fitur berdasarkan tanggapan dan preferensi responden. Hasil klasifikasi menunjukkan jenis persepsi terhadap masing-masing atribut, apakah fitur tersebut dianggap wajib, menarik, biasa saja, atau bahkan tidak diharapkan.

TABEL 4
Hasil Pengolahan Data Model Kano

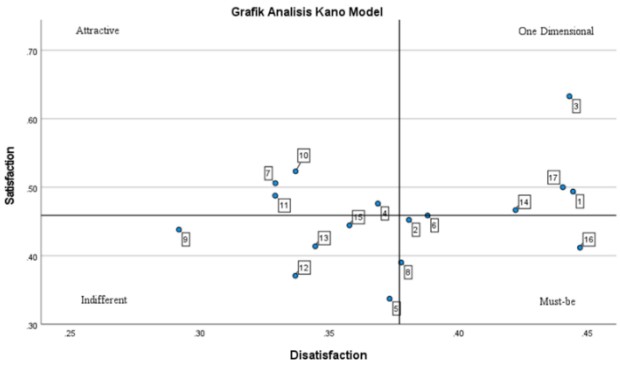
No. Atribut	A	O	M	I	R	Q	A+O+M	I+R+Q	Grade
1	17	23	13	28	11	8	53	47	O
2	18	20	12	34	11	5	50	50	O
3	25	25	10	19	12	9	60	40	O
4	24	16	15	29	9	7	55	45	A
5	15	13	18	37	11	6	46	54	I
6	23	16	17	29	6	9	56	44	A
7	22	21	7	35	8	7	50	50	A
8	12	20	11	39	13	5	43	57	I
9	24	15	11	39	7	4	50	50	A
10	26	19	10	31	8	6	55	45	A
11	26	14	13	29	12	6	53	47	A
12	21	12	18	38	8	3	51	49	A
13	15	21	9	42	9	4	45	55	I
14	22	20	18	30	5	5	60	40	A
15	21	15	14	31	10	9	50	50	A
16	11	24	14	36	9	6	49	51	I
17	20	22	15	27	10	6	57	43	O

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Satisfaction (Better)* dan *Dissatisfaction (Worse)* untuk masing-masing atribut. Nilai *Better* menunjukkan sejauh mana kepuasan meningkat jika fitur tersedia, sedangkan *Worse* menunjukkan seberapa besar ketidakpuasan jika fitur tersebut tidak tersedia. Perhitungan dilakukan berdasarkan proporsi kategori A, O, M, I dibandingkan dengan total jawaban yang valid. Analisis ini bertujuan untuk memberikan gambaran kuantitatif tentang pengaruh setiap fitur terhadap pengalaman pengguna.

TABEL 5
Hasil Perhitungan *Better-Worse*

NO. ATRIBUT	ATIBUT	Satisfaction	Disatisfaction
1	Speedometer	0,49	-0,44
2	Power/Charge Gauge	0,45	-0,38
3	SOC Gauge (State of Charge)	0,63	-0,44
4	Distance to Empty	0,48	-0,37
5	Odometer	0,34	-0,37
6	Status Transmisi	0,46	-0,39
7	Indikator Pengereman Regeneratif	0,51	-0,33
8	Voltase dan Arus Baterai	0,39	-0,38
9	Mode Berkendara	0,44	-0,29
10	Indikator Peringatan	0,52	-0,34
11	Suhu Udara Luar	0,49	-0,33
12	Trip Meter	0,37	-0,34
13	Kecepatan Motor (Motor Speed)	0,41	-0,34
14	LCD Display Kendaraan	0,47	-0,42
15	Peta Interaktif	0,44	-0,36
16	Notifikasi Degradasi Baterai	0,41	-0,45
17	Peringatan Anomali Pengisian	0,5	-0,44

Untuk mempermudah interpretasi, hasil perhitungan *Better-Worse* divisualisasikan dalam grafik dua dimensi. Sumbu X menunjukkan nilai *Satisfaction (Better)*, sedangkan sumbu Y menunjukkan nilai *Dissatisfaction (Worse)*. Posisi atribut dalam grafik menunjukkan tingkat prioritas pengembangannya. Fitur dengan nilai *Better* tinggi dan *Worse* rendah dianggap paling potensial untuk meningkatkan kepuasan. Misalnya, SOC *Gauge* memiliki nilai *Better* tertinggi (0,63) dan *Worse* signifikan (-0,44), menandakan pentingnya fitur ini bagi pengguna. Sebaliknya, fitur seperti Trip Meter dan Odometer memiliki nilai rendah pada kedua sisi, yang menunjukkan pengaruhnya terhadap kepuasan relatif kecil dan kurang prioritas untuk dikembangkan. Analisis ini membantu memetakan fitur mana yang layak diprioritaskan, karena memberikan gambaran kuantitatif mengenai seberapa besar kontribusi masing-masing atribut terhadap kepuasan atau ketidakpuasan pengguna. Untuk memberikan gambaran visual yang lebih jelas, hasil perhitungan divisualisasikan dalam bentuk grafik dua dimensi. Visualisasi ini membantu mengidentifikasi fitur-fitur yang paling berpengaruh terhadap kepuasan dan ketidakpuasan pengguna secara lebih intuitif.



GAMBAR 2
Grafik Visualisasi *Better-Worse*

Setelah dilakukan seluruh tahapan analisis, diperoleh beberapa atribut yang menunjukkan ketidaksesuaian klasifikasi antara metode *Blauth Formula* dan *Better-Worse.* Tabel 6 menyajikan perbedaan klasifikasi pada beberapa atribut yang menunjukkan adanya pergeseran persepsi pengguna jika ditinjau secara kualitatif (kategori) maupun kuantitatif (nilai pengaruh kepuasan). Pergeseran ini memberikan wawasan penting dalam merancang prioritas fitur secara lebih akurat dan responsif terhadap kebutuhan pengguna.

TABEL 6
Perbandingan Hasil Klasifikasi *Blauth Formula* dan *Better-Worse*

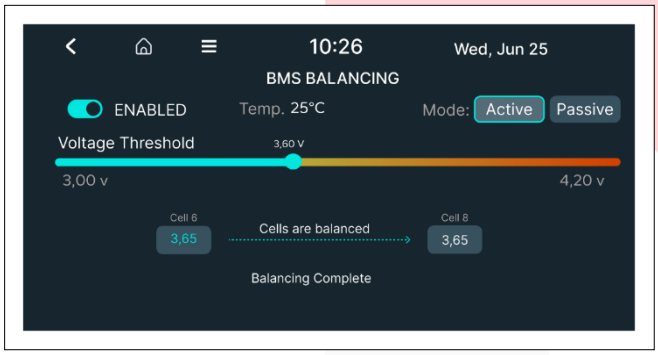
No. Atribut	Atribut	Kategori	
		Blauth Formula	***Better-Worse***
1	Status Transmisi	A	O
2	Voltase dan Arus Baterai	I	M
3	Mode Berkendara	A	I
4	Trip Meter	A	I
5	LC *Display* Kendaraan	A	O
6	Peta Interaktif	A	I
7	Notifikasi Degradasi Baterai	I	M

Pada tabel terlihat bahwa beberapa atribut seperti Voltase dan Arus Baterai serta Notifikasi Degradasi Baterai mengalami pergeseran dari kategori *Indifferen*t menjadi *Must-be* saat dianalisis secara kuantitatif. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun fitur tersebut tidak dianggap menarik secara eksplisit, ketidakhadirannya sangat berdampak pada ketidakpuasan pengguna. Oleh karena itu, atribut-atribut ini tetap perlu dipertimbangkan dalam pengembangan prototipe.

Berdasarkan hasil analisis grafik *Better-Worse* dan Tabel 6, fitur seperti SOC *Gauge* dan *Distance to Empty* tetap menjadi prioritas utama karena menunjukkan kombinasi nilai *satisfaction* yang tinggi serta *dissatisfaction* yang signifikan. Fitur-fitur ini punya pengaruh besar terhadap kepuasan, jadi bisa diprioritaskan untuk dikembangkan. Sementara itu, fitur seperti *Trip Meter* dan *Odometer* masuk ke kategori *Indifferent*, karena tidak terlalu berpengaruh terhadap kepuasan pengguna. Dari hasil tersebut, dikembangkan prototipe *dashboard* yang menampilkan fitur pemantauan

kondisi baterai secara *real-time*, termasuk proses *BMS balancing*. Dengan fitur ini, pengguna bisa melihat voltase tiap sel baterai dan tahu kapan proses *balancing* sedang berjalan atau sudah selesai. Harapannya, fitur ini bisa bantu pengguna menjaga performa baterai.

GAMBAR 3
Tampilan awal prototipe *dashboard* mobil listrik.



GAMBAR 4
Tampilan fitur pemantauan BMS *Balancing*

GAMBAR 5
Tampilan *dashboard* Hyundai Ioniq 5

Semua fitur dalam prototipe dikembangkan berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan pengguna melalui metode Kano Model, bukan sekadar inspirasi visual dari desain kendaraan listrik yang sudah ada. Sebagai pembanding, dashboard Hyundai Ioniq 5 yang ditampilkan pada Gambar 5 memiliki tampilan modern dan fungsional, namun dari sisi fitur manajemen baterai masih terdapat beberapa keterbatasan. Misalnya, informasi yang ditampilkan terbatas pada status SOC, estimasi jarak tempuh, dan indikator CHG/PWR, tanpa adanya tampilan interaktif saat proses pengisian daya atau informasi terkait kondisi baterai jangka panjang. Prototipe yang dikembangkan melengkapi kekurangan tersebut dengan fitur tambahan seperti indikator arus dan tegangan, informasi degradasi baterai, serta mode pemantauan dan pengaturan *balancing* sel baterai yang dapat diakses pengguna secara langsung melalui HMI. Dengan demikian, prototipe ini menawarkan nilai tambah berupa transparansi dan kontrol terhadap aspek teknis baterai, yang belum tersedia pada sistem *dashboard* kendaraan listrik eksisting.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan fitur-fitur *dashboard* kendaraan listrik berbasis baterai (BEV) berdasarkan persepsi pengguna menggunakan pendekatan Kano Model. Dari 17 fitur yang dianalisis, sebagian besar masuk ke dalam kategori *Attractive* dan *One-Dimensional*, yang menunjukkan potensi untuk meningkatkan kepuasan pengguna. Fitur seperti SOC *Gauge*, *Speedometer*, dan *Distance to Empty* menjadi fitur prioritas berdasarkan nilai *satisfaction* dan *dissatisfaction* yang cukup tinggi. Hasil analisis ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan fitur prioritas dalam pengembangan *dashboard* Informatif. Untuk mendukung pengembangan lebih lanjut, dibuat prototipe tampilan *dashboard* yang menampilkan pengaturan fitur *BMS balancing*. Fitur ini ditambahkan berdasarkan kebutuhan pengguna supaya bisa memantau dan mengatur kondisi sel baterai secara langsung. Harapannya, hasil dari penelitian ini bisa jadi masukan dalam pengembangan *dashboard* kendaraan listrik yang lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna.

REFERENSI

[1] U. U. Wahyuningsih, "Pengembangan Desain Produk Sepeda Motor Listrik Menggunakan Metode Pengintegrasian Kano Model dalam Quality Function Deployment (QFD)," *KILAT*, vol. 12, no. 1, pp. 49–63, May 2023, doi: 10.33322/kilat.v12i1.1893.

[2] M. S. Hossain Lipu *et al.*, "Intelligent algorithms and control strategies for battery management system in electric vehicles: Progress, challenges and future outlook," *J Clean Prod*, vol. 292, p. 126044, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126044.

[3] U. Wahyudi, R. Setiadi, W. Sumbodo, and F. Arif Budiman, "RANCANG BANGUN MEDIA PEMBELAJARAN BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (BMS)," *KoPeN: Konferensi Pendidikan Nasional*, vol. 3, no. 2, pp. 241-249., 2021.

[4] Z. Chen and B. Liu, "Design Method of Personalized HMI for Automobile Dashboard," vol. 41, p. 104, 2022, doi: 10.54941/ahfe1001786.

[5] H. Zhang, Y. Sun, J. Tang, G. Jin, W. Liu, and Z. He, "Design Strategy of Vehicle HMI VR Prototyping Tool Based on Kano Model," 2023, doi: 10.54941/ahfe1003393.

[6] G. Scott, S. Vunakece, D. Vosawale, M. Assaf, and U. Mehta, "A Flexible Dashboard Panel System for Electric Vehicle," *WSEAS Transactions on Electronics*, vol. 10, pp. 33–39, 2019, [Online]. Available: https://www.usp.ac.fj/

[7] J. Budhiana and A. Z. Wahida, "Penggunaan Metode Integrasi Importance Performance Analysis (IPA) dan Metode Kano dalam Mengukur Tingkat Kepuasan Pasien," *Jurnal Ilmiah SANTIKA*, vol. 9, no. 2, Dec. 2019.

[8] P. Madzík, P. Budaj, D. Mikuláš, and D. Zimon, "Application of the Kano Model for a Better Understanding of Customer Requirements in Higher Education—A Pilot Study," *Adm Sci*, vol. 9, no. 1, p. 11, Jan. 2019, doi: 10.3390/admsci9010011.

[9] A. Rampal, A. Mehra, R. Singh, A. Yadav, K. Nath, and A. S. Chauhan, "Kano and QFD analyses for autonomous electric car: Design for enhancing customer contentment," *Mater Today Proc*, vol. 62, pp. 1481–1488, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.02.154.

[10] E. Muslim, B. N. Moch, R. A. Lestari, G. Shabrina, and R. Ramardhiani, "Ergonomic design of electric vehicle instrument panel: A study case on Universitas Indonesia's national electric car," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, May 2019. doi: 10.1088/1757-899X/508/1/012109.

[11] J. Song, G. He, J. Wang, and P. Zhang, "Shaping future low-carbon energy and transportation systems: Digital technologies and applications," *iEnergy*, vol. 1, no. 3, pp. 285–305, Sep. 2022, doi: 10.23919/IEN.2022.0040.

[12] R. H. Saputra, A. M. J. Marindra, M. A. Nursyeha, and D. K. A. Fariyani, "Performance Degradation Evaluation of a Lithium-Ion Battery from Multiple SoC Measurements," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 52–58, Mar. 2023, doi: 10.15294/jte.v14i2.40226.

[13] H. P. Singh and P. Kumar, "Developments in the human machine interface technologies and their applications: a review," *J Med Eng Technol*, vol. 45, no. 7, pp. 552–573, Oct. 2021, doi: 10.1080/03091902.2021.1936237.

[14] D. Mourtzis, J. Angelopoulos, and N. Panopoulos, "The Future of the Human–Machine Interface (HMI) in Society 5.0," *Future Internet*, vol. 15, no. 5, p. 162, Apr. 2023, doi: 10.3390/fi15050162.

[15] Hyundai Motor Company, *Owner's Manual IONIQ5*. 2024. Accessed: Mar. 03, 2025. [Online]. Available: https://ownersmanuals2.com/d/95753/hyundai-ioniq-5-2024-owners-manual

[16] SGMW Motor Indonesia, *Panduan Pemilik Wuling Air EV*. SGMW Motor Indonesia, 2022.

[17] B. Bilgili, A. Erciş, and S. Ünal, "Kano model application in new product development and customer satisfaction (adaptation of traditional art of tile making to jewelries)," *Procedia Soc Behav Sci*, vol. 24, pp. 829–846, 2011, doi: 10.1016/j.sbspro.2011.09.058.

[18] T. Materla, E. A. Cudney, and D. Hopen, "Evaluating factors affecting patient satisfaction using the Kano model," *Int J Health Care Qual Assur*, vol. 32, no. 1, pp. 137–151, Feb. 2019, doi: 10.1108/IJHCQA-02-2018-0056.

[19] J. Chen, Z. Li, W. Wang, Y. Wang, and Z. He, "Research on a Service Touchpoint Design Model Driven by Smart Technology Based on Kano–Failure Modes and Effects Analysis," *Sensors*, vol. 24, no. 23, Dec. 2024, doi: 10.3390/s24237854.

[20] N. Fajar, M. A. Wibisono, and E. D. Kusuma, "Need Identification on Android-Based Neighborhood Electric Vehicle Dashboard View Using The Kano Model," *Jurnal Sistem Teknik Industri*, vol. 23, no. 2, pp. 167–177, Jul. 2021, doi: 10.32734/jsti.v23i2.6388.