MODEL SISTEM DINAMIS TERHADAP ADOPSI MOTOR LISTRIK BERDASARKAN PERSEPSI SOSIAL

Abelya Kurniawan
Teknik Logistik
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
abelyakurniawan@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Abduh Sayid Albana
Teknik Logistik
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
abduhalbana@telkomuniversity.ac.id

3th Granita Hajar
Teknik Logistik
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
granita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor konvensional di Indonesia memberikan dampak signifikan terhadap emisi gas rumah kaca sektor transportasi. Pemerintah Indonesia mendorong percepatan adopsi motor listrik melalui kebijakan subsidi, namun realisasi penggunanya masih jauh dari target nasional 13 juta unit pada tahun 2030. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor ekonomi saja belum cukup, sehingga diperlukan analisis terhadap faktor sosial yang memengaruhi keputusan adopsi. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antar variabel persepsi sosial terhadap tingkat adopsi motor listrik di Indonesia menggunakan pendekatan Sistem Dinamis. Model dibangun melalui tahapan identifikasi variabel, Causal Loop Diagram (CLD), Stock and Flow Diagram (SFD), serta validasi menggunakan MAPE. Variabel utama meliputi populasi, social influence, faktor psikologis, dan indeks harga. Lima skenario kebijakan disimulasikan hingga tahun 2040. Hasil simulasi menunjukkan skenario kombinasi peningkatan subsidi 50% dan social influence menjadi skenario paling efektif dengan rata-rata peningkatan adopsi 33,65% dibandingkan kondisi awal. Namun, target 13 juta unit pada tahun 2030 belum dapat dicapai tanpa penguatan faktor sosial dan kebijakan pendukung lainnya secara berkelanjutan.

Kata kunci: Sistem Dinamus; Adopsi Sepeda Motor Listrik; Persepsi Sosial; Kebijakan Subsidi; Pengaruh Sosial

I. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan sistem yang berperan penting dalam mendukung kegiatan manusia dan mendorong pertumbuhan ekonomi, termasuk di Indonesia [1]. Data Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) menunjukkan bahwa sepeda motor mendominasi jumlah kendaraan bermotor nasional dengan total sekitar 125 juta unit pada tahun 2022 atau sekitar 84,5% dari total seluruh jenis kendaraan. Dominasi ini mencerminkan tingginya ketergantungan masyarakat terhadap kendaraan roda dua dalam mobilitas sehari-hari.

Meskipun memiliki peran vital, sektor transportasi menjadi salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar. Sektor transportasi Indonesia menghasilkan emisi sebesar 81.565 ribu ton CO_2 pada tahun 2023, dengan sepeda motor sebagai kontributor utama [2]. Kondisi ini mendorong pemerintah untuk mempercepat transisi menuju teknologi transportasi rendah emisi sebagai bagian dari strategi nasional, sejalan dengan komitmen dalam Perjanjian Paris 2015 dan target Net Zero Emission pada tahun 2060.

Program percepatan adopsi motor listrik menjadi salah satu upaya utama dalam mengurangi ketergantungan pada kendaraan konvensional. Peraturan Menteri Perindustrian (PERMENPERIN) No. 6 Tahun 2023 menetapkan subsidi pembelian motor listrik sebesar Rp7.000.000 per unit. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) menargetkan 13 juta unit motor listrik beroperasi pada tahun 2030. Data KESDM menunjukkan pertumbuhan populasi motor listrik dari 3.325 unit pada tahun 2020 menjadi 196.061 unit pada tahun 2025. Namun angka tersebut hanya sekitar 1,6% dari total target, menunjukkan kebijakan subsidi belum cukup efektif [3].

Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa faktor ekonomi semata tidak cukup untuk mendorong adopsi motor listrik secara masif. Faktor-faktor sosial seperti pengaruh kelompok referensi, norma subjektif, kepercayaan publik terhadap teknologi baru, serta persepsi masyarakat sekitar terbukti memainkan peran krusial dalam keputusan adopsi teknologi [4]. Hal ini diperkuat oleh temuan terdahulu yang menunjukkan bahwa meskipun nilai willingness to consider (WTC) motor listrik meningkat secara konsisten, pertumbuhannya tetap lambat karena paparan sosial merupakan salah satu mekanisme utama yang menentukan seberapa jauh masyarakat mempertimbangkan motor Listrik [5].

Beberapa penelitian terdahulu menggunakan pendekatan Sistem Dinamis (SD) untuk menganalisis kebijakan subsidi kendaraan listrik. Penelitian terdahulumembandingkan efektivitas subsidi pembelian dan subsidi R&D di Tiongkok [6], sementara penelitian lain menganalisis pasar motor listrik Indonesia dengan menekankan variabel perilaku pribadi [7]. Terdapat penelitian secara khusus membangun model WTC berbasis sistem dinamis dengan empat modul, namun secara eksplisit mengakui keterbatasan dalam memasukkan faktor persepsi sosial secara komprehensif [8]. Ketiga penelitian tersebut memperlihatkan celah penelitian yang signifikan yaitu belum ada studi yang secara khusus mengintegrasikan variabel persepsi sosial ke dalam model sistem dinamis untuk menganalisis tingkat adopsi motor listrik di Indonesia.

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antar variabel persepsi sosial yang memengaruhi tingkat adopsi motor listrik, merancang model sistem dinamik adopsi motor listrik yang merepresentasikan keterkaitan antar variabel persepsi social, melakukan simulasi model untuk menganalisis berbagai skenario kebijakan dan memberikan rekomendasi kebijakan bagi pemerintah berdasarkan hasil simulasi.

II. KAJIAN TEORI

A. Kendaraan Listrik dan Motor Listrik

Kendaraan listrik (EV) menggunakan energi listrik yang disimpan dalam paket baterai isi ulang sebagai sumber tenaga utamanya, menggantikan mesin pembakaran dalam yang menjadi ciri khas kendaraan konvensional. Dalam

konteks transportasi roda dua, sepeda motor listrik terutama menggunakan motor Brushless Direct Current (BLDC) yang dipadukan dengan sistem baterai berbasis litium [9]. Dibandingkan dengan sepeda motor berbahan bakar bensin, sepeda motor listrik menawarkan tingkat kebisingan operasional yang jauh lebih rendah, pengurangan emisi karbon sepanjang siklus hidup, dan biaya operasional jangka panjang yang lebih rendah, meskipun dengan harga pembelian awal yang lebih tinggi [10].

Upaya pemerintah Indonesia untuk mendorong adopsi kendaraan listrik (EV) didasarkan pada strategi transisi energi nasional yang lebih luas, yang mencakup skema subsidi, insentif pajak, dan pengembangan infrastruktur pengisian daya [11]. Namun, karena teknologi ini relatif masih baru, tingkat familiaritas masyarakat masih terbatas, dan pertimbangan sosial serta psikologis sebelum pembelian memainkan peran yang sangat besar dalam membentuk keputusan adopsi [8].

B. Persepsi Sosial dan *Willingness to Consider* (WTC)

Persepsi sosial mengacu pada cara individu mengevaluasi dan menafsirkan pandangan serta perilaku orang lain terkait teknologi atau produk tertentu. Dalam konteks adopsi EV, persepsi sosial erat kaitannya dengan konsep norma subjektif dalam Teori Perilaku Terencana (TPB): sejauh mana individu merasakan tekanan sosial dari teman sebaya, keluarga, atau komunitas yang lebih luas untuk melakukan perilaku tertentu [11].

Kesediaan untuk Mempertimbangkan (WTC) merupakan prasyarat perilaku kritis sebelum niat membeli, yang mewakili tahap di mana konsumen potensial mulai secara aktif mengevaluasi suatu produk sebagai opsi yang layak. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa WTC untuk kendaraan berbahan bakar alternatif terutama didorong oleh mekanisme paparan sosial, termasuk paparan langsung (kontak pribadi dengan pengguna yang sudah ada) dan paparan tidak langsung (media, dari mulut ke mulut, dan kesadaran masyarakat) [4]. Kerangka kerja ini membentuk tulang punggung konseptual dari subsistem pengaruh sosial dalam model saat ini.

C. Sistem Dinamis

Sistem Dinamis (SD) adalah metodologi pemodelan komputasional yang awalnya dikembangkan oleh Jay W. Forrester di Massachusetts Institute of Technology pada tahun 1950-an. Metodologi ini dirancang untuk menangkap perilaku sistem kompleks dan nonlinier yang berkembang seiring waktu melalui loop umpan balik dan penundaan waktu [12]. Sistem dinamis relevanuntuk konteks analisis kebijakan di mana efek kumulatif dan tertunda dari intervensi harus dievaluasi dalam cakupan waktu yang panjang.

Konstruksi pemodelan inti dari sistem dinamis adalah *Causal Loop Diagram* (CLD) dan Stok Flow Diagram (SFD). CLD memetakan hubungan kausal kualitatif di antara variabel sistem, mengidentifikasi struktur *Reinforsing Loop* (umpan balik positif) dan *Balancing Loop* (umpan balik negatif). SFD kemudian menerjemahkan hubungan kualitatif ini menjadi persamaan matematika kuantitatif, membedakan antara variable akumulasi (*stock*), variabel laju (*Flow*), dan variabel bantu (Converter). Simulasi pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak khusus seperti Vensim PLE [13].

Dibandingkan dengan Pemodelan Berbasis Agen (ABM), Sistem dinamis memiliki keunggulan komparatif dalam konteks di mana data tingkat agregat lebih mudah diperoleh dari data perilaku tingkat individu suatu kondisi yang secara akurat menggambarkan pasar EM Indonesia [14]. Sistem dinamis juga lebih unggul dalam mengevaluasi skenario kebijakan jangka panjang dan mengkuantifikasi interaksi sistemik antara insentif ekonomi, norma sosial, dan dinamika pasar.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan sistem dinamis yang disusun dalam delapan fase berurutan antara lain (1) tinjauan pustaka dan identifikasi kesenjangan penelitian; (2) pengumpulan data; (3) identifikasi dan klasifikasi variabel; (4) penyusunan Diagram Lingkaran Kausal; (5) pengembangan Diagram Stok dan Aliran; (6) verifikasi dan validasi model; (7) perancangan skenario kebijakan; dan (8) analisis hasil dan perumusan kesimpulan.

A. Pengumpulan Data

Data penelitian ini diperoleh dari dua kategori utama, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer bersumber dari institusi resmi seperti Badan Pusat Statistik (BPS) untuk populasi sepeda motor konvensional, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) untuk data populasi Sepeda Motor Listrik (SM) periode 2020–2025, serta Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI) dan PERMENPERIN terkait kebijakan subsidi tahun 2023. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari 15 penelitian *peer-reviewed* terdahulu yang mengidentifikasi tiga parameter persepsi sosial dan variabel perilaku dominan, yaitu Pengaruh Sosial, Faktor Psikologis (seperti indeks citra merek), dan Indeks Harga.

Untuk menganalisis aspek ekonomi, penelitian ini melakukan perbandingan biaya siklus hidup (*life cycle cost*) antara sepeda motor konvensional dan sepeda motor listrik. Berdasarkan kriteria kesetaraan segmen, Honda Vario 125 (Rp25.600.000) dipilih sebagai representasi sepeda motor konvensional, sedangkan Gesits G1 (Rp28.000.000) dipilih sebagai representasi dari sepeda motor listrik.

Komponen biaya yang dianalisis dalam perbandingan siklus hidup tersebut mencakup beberapa variabel utama. Komponen ini meliputi harga pembelian awal, biaya operasional yang mengintegrasikan biaya bahan bakar atau listrik serta biaya perawatan, hingga nilai jual kembali (*resale value*). Seluruh perhitungan finansial tersebut kemudian dikalibrasi menggunakan asumsi tingkat penyusutan sebesar 7,08% dan tingkat diskonto sebesar 4,75%.

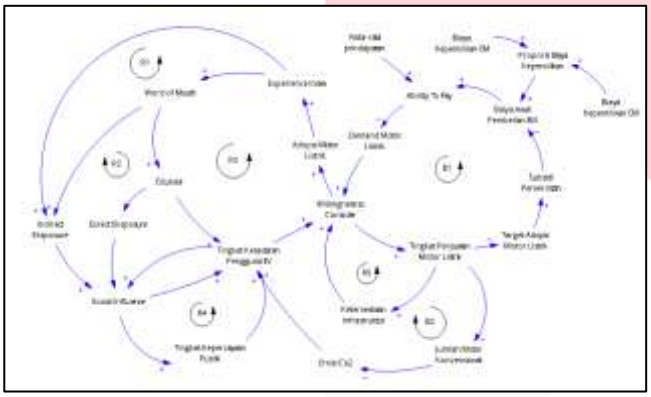
B. Identifikasi Variabel

Variabel-variabel diorganisasikan ke dalam empat sub-sistem: Populasi, Pengaruh Sosial, Faktor Psikologis, dan Indeks Harga (Tabel I). Sub-sistem Populasi memiliki dua variabel stok adopsi motor listrik dan adopsi motor konvensional. Tingkat perubahan keduanya diatur oleh tingkat adopsi (*inflow*) dan tingkat penyusutan (*outflow*), yang didorong oleh ketiga sub-sistem persepsi sosial tersebut.

TABEL 3.1
(IDENTIFIKASI VARIABEL)

Sub-System	Variable	Type
Populasi	Adopsi Motor Listrik	Stock
	Adopsi Motor Konvensional	Stock
Social Influence	Willingness to Consider	Auxiliary
	Direct Exposure	Auxiliary
	Indirect Exposure	Auxiliary
Faktor psikologis	Psychological Factor	Auxiliary
	Citra Merek	Constant
	Persepsi Manfaat	Constant
	Experience Index	Constant
Index Harga	Ability to Pay	Auxiliary
	Proporsi Biaya Kepemilikan	Auxiliary

C. *Causal Loop Diagram*



GAMBAR 3.1
(*CAUSAL LOOP DIAGRAM)*

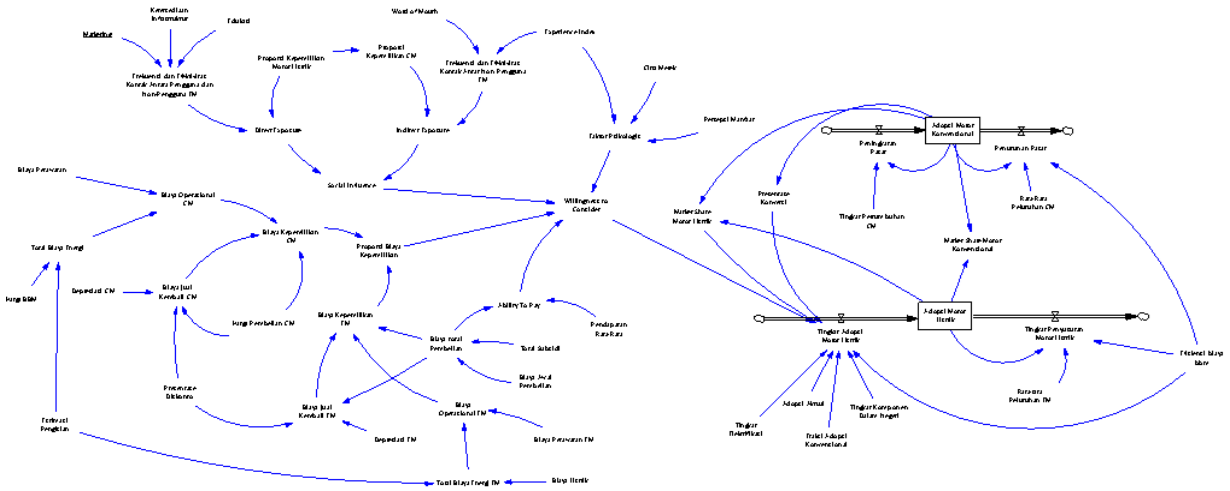
Struktur kausal model didefinisikan sebagai *Causal Loop* Diagram (CLD)yang terdiri dari tujuh loop umpan balik dengan lima *Reinforcing Loops* (R1–R5) and dua *Balancing Loops* (B1–B2) :

- *Reinforcing Loop* 1 : Willingness to Consider (+) → Adopsi Motor Listrik (+) → Experience Index (+)→ Indirect Eksposure (+) → Social Influence (+) → Tingkat Kesadaran Pengguna EV (+) → Willingness to Consider
- *Reinforcing Loop* 2 : Willingness to Consider (+) → Adopsi Motor Listrik (+) → Experience Index (+)→ Word of Mouth (+)→ Indirect Eksposure (+) → Social Influence (+) → Tingkat Kesadaran Pengguna EV (+) → Willingness to Consider
- *Reinforcing Loop* 3: Willingness to Consider (+) → Adopsi Motor Listrik (+) → Experience Index (+)→ Word of Mouth (+)→ Edukasi(+) → Tingkat Kesadaran Pengguna EV (+) → Willingness to Consider
- *Reinforcing Loop* 4 : Tingkat Kesadaran Pengguna EV (+) → Social Influence (+) → Tingkat Kepercayaan Publik (+) → Tingkat Kesadaran Pengguna EV
- *Reinforcing Loop* 5 : Willingness to Consider (+) → Tingkat Penjualan Motor Listrik (+) → Ketersediaan Infrastruktur (+) → Willingness to Consider
- *Balancing Loop* 1 : Willingness to Consider (+) → Tingkat enjualan Motor Listrik (-) → Target Adopsi Motor Listrik (+) → Subsidi Pemerintah (-) → Biaya Awal Pembelian EM (+) → Ability to Pay (+) → Demand Motor Listrik (+) → Willingness to Consider
- *Balancing loop* 2 : Willingness to Consider (+) → Tingkat Penjualan Motor Listrik (-) → Jumlah Motor Konvensional (-) → Emisi Co2 (+) → Tingkat Kesadaran Pengguna EV (+) → Willingness to Consider

D. Stock Flow Diagram

Stock and Flow Diagram (SFD) merupakan representasi kuantitatif dari Causal Loop Diagram (CLD) yang digunakan untuk menggambarkan struktur model secara lebih rinci melalui hubungan antara variabel stock, flow, auxiliary, dan constant. Pada tahap ini, hubungan sebab-akibat yang telah diidentifikasi pada CLD diterjemahkan ke dalam bentuk persamaan matematis sehingga dapat digunakan untuk melakukan simulasi perilaku sistem selama periode penelitian [15].

Model sistem dinamis yang dikembangkan terdiri atas empat sub-sistem utama, yaitu sub-sistem Populasi, Social Influence, Faktor Psikologis, dan Indeks Harga. Keempat sub-sistem tersebut saling terhubung dalam merepresentasikan dinamika adopsi motor listrik di Indonesia. Sub-sistem Populasi menggambarkan perubahan jumlah pengguna motor listrik dan motor konvensional dari waktu ke waktu. Sub-sistem Social Influence merepresentasikan pengaruh interaksi sosial yang terbentuk melalui direct exposure, indirect exposure terhadap persepsi masyarakat. Sub-sistem Faktor Psikologis menggambarkan pengaruh citra merek, persepsi manfaat, dan pengalaman penggunaan dalam membentuk preferensi konsumen. Sementara itu, sub-sistem Indeks Harga merepresentasikan pengaruh biaya kepemilikan, kemampuan membeli (ability to pay), serta kebijakan subsidi pemerintah terhadap keputusan adopsi motor listrik. Stock Flow diagram ada pada gambar 2.



GAMBAR 3.2
(STOCK FLOW DIAGRAM)

Pada model ini, jumlah adopsi motor listrik dan adopsi motor konvensional berperan sebagai variabel stock utama yang mengalami perubahan akibat aliran masuk (inflow) dan aliran keluar (outflow) yang dipengaruhi oleh berbagai faktor sosial, psikologis, dan ekonomi. Interaksi antar variabel tersebut membentuk mekanisme umpan balik yang menentukan perkembangan tingkat adopsi motor listrik dalam jangka panjang. Dengan demikian, model mampu menggambarkan perilaku sistem secara dinamis sekaligus digunakan untuk mengevaluasi dampak berbagai skenario kebijakan yang diterapkan.

Stock and Flow Diagram keseluruhan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada lampiran, sedangkan formulasi matematis yang digunakan untuk membangun model disajikan pada Tabel 3.2

TABEL 3.2
(FORMULASI MATEMATIS)

Sub-sistem	Variabel	Satuan	Formulasi / Nilai
Populasi	Adopsi Motor Listrik	Unit	INTEG(Tingkat Adopsi Motor Listrik − Tingkat Penyusutan Motor Listrik, 3.325)
	Tingkat Adopsi Motor Listrik	Unit/Year	(Tingkat TKDN + RAMP(Efisiensi BBM,2020,2035)) × Fraksi Adopsi × Adopsi Aktual × WTC × Tingkat Elektrifikasi × Persentase Konversi × MAX(0,(1 − Market Share EV))
	Tingkat Penyusutan Motor Listrik	Unit/Year	Adopsi Motor Listrik × Rata-rata Peluruhan EM × Efisiensi BBM
	Adopsi Motor Konvensional	Unit	INTEG(Peningkatan Pasar − Penurunan Pasar, 1,15023e+08)
	Peningkatan Pasar	Unit/Year	Adopsi Motor Konvensional × Tingkat Pertumbuhan CM
	Penurunan Pasar	Unit/Year	Efisiensi BBM × Rata-rata Peluruhan CM × Adopsi Motor Konvensional
Social Influence	Willingness to Consider (WTC)	dmnl	(Ability to Pay + Proporsi Biaya Kepemilikan + Social Influence + Faktor Psikologis) / 4
	Social Influence	dmnl	(Direct Exposure + Indirect Exposure) / 2
	Direct Exposure	dmnl	(Efektivitas Kontak Pengguna-Non Pengguna + Proporsi Kepemilikan Motor Listrik) / 2
	Indirect Exposure	dmnl	(Frekuensi Kontak Antar Non Pengguna + Proporsi Kepemilikan CM) / 2
Faktor Psikologis	Ctra Merek	dmnl	0.02
	Persepsi Manfaat	dmnl	0.05
	Experience Index	dmnl	0.08
Indeks Harga	Proporsi Biaya Kepemilikan	dmnl	Biaya Kepemilikan EM / Biaya Kepemilikan CM
	Ability to Pay	dmnl	f(Biaya Kepemilikan EM, Biaya Kepemilikan CM, Pendapatan Rata-Rata)
	Biaya Kepemilikan EM	Rp	(Biaya Jual Kembali EM + Biaya Operasional EM + Biaya Total Pembelian EM) / 3

	Total Subsidi	Rp	STEP(7.000.000, 2023)
	Biaya Kepemilikan CM	Rp	Biaya Jual Kembali CM + Harga Pembelian CM + Biaya Operasional CM

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi

Dalam kondisi dasar, model memproyeksikan lintasan pertumbuhan yang stabil namun moderat untuk adopsi sepeda motor listrik dari tahun 2026 hingga 2040. Adopsi kumulatif diproyeksikan mencapai 350.226 unit pada tahun 2026 dan meningkat secara bertahap menjadi 5.279.450 unit pada tahun 2040. Meskipun ini mewakili pertumbuhan yang substansial dalam angka absolut, lintasan tersebut jauh di bawah target pemerintah sebesar 13 juta unit untuk tahun 2030. Sebaliknya, adopsi sepeda motor konvensional diproyeksikan akan terus meningkat secara signifikan dari 158 juta unit pada tahun 2026 menjadi sekitar 333 juta unit pada tahun 2040, yang menunjukkan bahwa tanpa intervensi yang lebih agresif, sepeda motor konvensional akan terus mendominasi jalan-jalan Indonesia sepanjang periode

TABEL 4.1
(HASIL SIMULASI ADOPSI MOTOR LISTRIK)
(2026–2040)

Tahun	Adopsi EM (Unit)
2026	350,226
2027	490,859
2028	658,467
2029	855,078
2030	1,082,870
2032	1,641,530
2034	2,355,310
2036	3,248,240
2038	4,231,520
2040	5,279,450

B. Analisis Skenario Kebijakan

Lima skenario kebijakan disimulasikan untuk menilai efek marjinal dari intervensi yang ditargetkan terhadap adopsi EM dibandingkan dengan skenario dasar.

- **Skenario 1 – Peningkatan Subsidi 50%:** Meningkatkan subsidi pembelian pemerintah dari Rp 7.000.000 menjadi Rp 10.500.000 per unit menghasilkan peningkatan adopsi rata-rata sebesar 21,15% dibandingkan dengan baseline selama periode 2026–2040, mencapai 6.435.610 unit pada tahun 2040. Peningkatan ini mencerminkan dampak langsung dari penurunan harga terhadap kemampuan konsumen untuk membayar dan perluasan permintaan yang diakibatkannya.
- **Skenario 2 – Peningkatan Subsidi 75%:** Peningkatan subsidi yang lebih agresif menjadi Rp 12.250.000 per unit menghasilkan volume adopsi absolut tertinggi di antara semua skenario, mencapai 7.246.430 unit pada tahun 2040, atau peningkatan sebesar 36,01% dibandingkan dengan baseline. Temuan ini sejalan dengan Raung dkk. (2025), yang juga mengidentifikasi subsidi pembelian besar sebagai lever adopsi yang paling kuat secara numerik. Namun, skenario ini membawa beban fiskal tertinggi dan mungkin menimbulkan tantangan keberlanjutan bagi pemerintah dalam jangka panjang[16] .
- **Skenario 3 – Peningkatan Pengaruh Sosial:** Peningkatan 50% pada parameter paparan langsung dan tidak langsung yang diimplementasikan melalui ketersediaan infrastruktur yang diperluas, peningkatan investasi pemasaran, dan kampanye edukasi menghasilkan peningkatan adopsi rata-rata sebesar 12,53%. Meskipun besaran absolutnya lebih rendah daripada Skenario 1 dan 2, skenario ini tidak memerlukan pengeluaran subsidi fiskal langsung dan menghasilkan momentum adopsi yang saling memperkuat melalui efek jaringan sosial.
- **Skenario 4 – Faktor Psikologis yang Ditingkatkan:** Peningkatan 50% pada parameter faktor psikologis (citra merek, manfaat yang dirasakan, dan indeks pengalaman) menghasilkan peningkatan adopsi terkecil di antara semua skenario, yaitu rata-rata 3,70%. Temuan ini menunjukkan bahwa, pada tahap perkembangan pasar saat ini, faktor psikologis lebih berfungsi sebagai pendorong dasar daripada pendorong utama adopsi, dan bahwa lever sosial dan finansial jauh lebih berpengaruh.
- **Skenario 5 – Kombinasi Subsidi 50% + Pengaruh Sosial yang Ditingkatkan :** Skenario kombinasi ini menghasilkan peningkatan adopsi rata-rata sebesar 33,65% dan angka adopsi pada tahun 2040 sebesar 7.082.810 unit. Meskipun secara absolut sedikit di bawah Skenario 2, skenario ini dianggap sebagai opsi yang paling seimbang secara strategis: skenario ini mencapai peningkatan adopsi yang hampir setara sambil mendistribusikan beban kebijakan ke saluran finansial dan sosial, sehingga mengurangi risiko fiskal dan membangun momentum adopsi jangka panjang yang berkelanjutan.

TABEL 4.2
(RATA-RATA INCREASE DARI SKENARIO USULAN)

Scenario	Avg. Increase (%)
Skenario 1: +50% Subsidi	**21.15%**
Skenario 2: +75% Subsidi	**36.01%**
Skenario 3: Peningkatan Pengaruh Sosial	**12.53%**
Skenario 4: Peningkatan Faktor Psikologis	**3.70%**
Skenario 5: +50% Subsidi + Pengaruh Sosial	**33.65%**

C. C. Implikasi Kebijakan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa tidak ada satu pun skenario yang mampu mencapai target 13 juta unit motor listrik pada tahun 2030, termasuk skenario dengan peningkatan subsidi yang paling besar. Temuan ini memberikan beberapa implikasi penting bagi pembuat kebijakan di Indonesia. Pertama, hasil tersebut menunjukkan bahwa kebijakan yang saat ini berfokus pada pemberian subsidi belum cukup untuk mencapai target adopsi yang telah ditetapkan. Dengan kata lain, subsidi saja tidak mampu mendorong pertumbuhan penggunaan motor listrik pada tingkat yang dibutuhkan. Kedua, penelitian ini menunjukkan bahwa faktor pengaruh sosial memiliki peran yang penting dalam meningkatkan adopsi motor listrik. Meskipun dampaknya tidak secepat penurunan harga melalui subsidi, pengaruh sosial dapat mendorong semakin banyak masyarakat untuk mengadopsi motor listrik melalui proses saling memengaruhi, seperti rekomendasi dari pengguna lain, peningkatan jumlah pengguna yang terlihat di lingkungan sekitar, serta terbentuknya persepsi positif di masyarakat. Seiring waktu, efek ini dapat berkembang secara berkelanjutan tanpa memerlukan tambahan anggaran pemerintah yang besar setelah norma sosial yang mendukung motor listrik mulai terbentuk..

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Skenario 5, yang menggabungkan peningkatan subsidi dan penguatan pengaruh sosial, memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan Skenario 4 yang hanya berfokus pada faktor psikologis individu. Temuan ini menunjukkan bahwa interaksi sosial antar masyarakat, seperti rekomendasi dari pengguna, pengalaman yang dibagikan kepada orang lain, serta semakin banyaknya motor listrik yang terlihat di lingkungan sekitar, memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap keputusan adopsi dibandingkan sikap atau persepsi individu semata. Kondisi ini sejalan dengan teori difusi inovasi yang menjelaskan bahwa teknologi baru dapat diterima secara luas ketika pengaruh dari sesama pengguna dan norma sosial mulai terbentuk di masyarakat.[4].

Berdasarkan hasil tersebut, beberapa rekomendasi kebijakan dapat diterapkan, yaitu meningkatkan kampanye edukasi dan promosi untuk mendorong penyebaran informasi positif mengenai motor listrik, memperluas pembangunan infrastruktur pengisian daya di lokasi yang mudah terlihat dan diakses masyarakat, mempertahankan subsidi yang disesuaikan dengan perkembangan pasar, serta menerapkan kebijakan secara konsisten dalam jangka panjang karena proses adopsi motor listrik membutuhkan waktu dan tidak dapat meningkat secara signifikan hanya melalui intervensi jangka pendek.

V. KESIMPULAN

Studi ini mengembangkan dan memvalidasi model Dinamika Sistem untuk menganalisis pengaruh persepsi sosial terhadap adopsi motor listrik di Indonesia. Penelitian ini mengatasi keterbatasan studi sebelumnya dengan memasukkan faktor pengaruh sosial secara lebih lengkap bersama faktor ekonomi dan psikologis. Hasil validasi menunjukkan bahwa model mampu menggambarkan pola adopsi motor konvensional dan motor listrik dengan baik, yang ditunjukkan oleh nilai MAPE sebesar 1,63% dan 13,15%. Hal ini menunjukkan bahwa model yang dibangun cukup akurat untuk digunakan dalam analisis dan simulasi kebijakan.

Hasil simulasi dasar menunjukkan bahwa jika kebijakan saat ini tetap dipertahankan, jumlah motor listrik di Indonesia diperkirakan hanya mencapai sekitar 5,28 juta unit pada tahun 2040. Jumlah tersebut masih jauh di bawah target pemerintah, yaitu 13 juta unit pada tahun 2030. Dari lima skenario yang diuji, skenario kombinasi peningkatan subsidi sebesar 50% dan penguatan pengaruh sosial memberikan hasil terbaik dengan peningkatan adopsi rata-rata sebesar 33,65%. Skenario ini dinilai lebih efektif karena tidak hanya mengandalkan dukungan finansial, tetapi juga memanfaatkan peran masyarakat dalam mendorong penggunaan motor listrik.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pengaruh sosial memiliki peran yang lebih besar dibandingkan faktor psikologis individu dalam mendorong adopsi motor listrik pada kondisi pasar Indonesia saat ini. Semakin banyak masyarakat yang menggunakan dan merekomendasikan motor listrik, semakin besar pula peluang masyarakat lain untuk ikut mengadopsinya. Oleh karena itu, upaya membangun persepsi positif dan meningkatkan eksposur masyarakat terhadap motor listrik perlu menjadi fokus utama yang sejalan dengan pemberian insentif ekonomi.

Untuk penelitian selanjutnya, model dapat dikembangkan dengan menambahkan variabel lingkungan seperti emisi karbon dan kualitas udara, memasukkan perkembangan teknologi baterai, menerapkan pendekatan *Agent-Based Modeling* untuk menggambarkan perilaku individu secara lebih rinci, serta memperluas analisis ke tingkat regional agar dapat menangkap perbedaan karakteristik adopsi di berbagai wilayah Indonesia.

REFERENSI

[1] S. Sahara and Y. Saputra, “Pengaruh Transportasi Darat Terhadap Kelancaran Distribusi Logistik,” *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 3, pp. 8794–8800, 2023.

[2] “Badan Pusat Statistik Indonesia,” Penyediaan dan Penggunaan Fisik untuk Emisi GRK Indonesia, 2023. [Online]. Available: https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjI4NyMy/penyediaan-dan-penggunaan-fisik-untuk-emisi-grk-indonesia.html

[3] I. Utami, D. Yoesgiantoro, and N. adi Sasongko, “Implementasi Kebijakan Kendaraan Listrik di Indonesia Untuk Mendukung Ketahanan Energi Nasional,” *J. Ketahanan Energi*, vol. 8, no. September, pp. 49–65, 2024.

[4] J. Struben and J. D. Sterman, “Transition challenges for alternative fuel vehicle and transportation systems,” vol. 35, pp. 1070–1098, 2008, doi: 10.1068/b33022t.

[5] A. R. Adnanta, R. Z. Raung, W. Sutopo, and I. Susila, “Modeling Consumer Willingness to Consider Electric Motorcycles in Indonesia : A System Dynamics Approach,” *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 24, no. 1, pp. 37–62, 2025, doi: 10.25077/josi.v24.n1.p37-62.2025.

[6] Y. Li, C. Liang, F. Ye, and X. Zhao, “Designing

government subsidy schemes to promote the electric vehicle industry: A system dynamics model perspective," *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 167, no. December 2022, p. 103558, 2023, doi: 10.1016/j.tra.2022.11.018.

[7] R. Z. Raung, W. Sutopo, M. Hisjam, and D. Hartono, "Scenario analysis of subsidy policies on electric motorcycle market in Indonesia using system dynamics simulation," *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 32, no. June, p. 101487, 2025, doi: 10.1016/j.trip.2025.101487.

[8] A. R. Adnanta, "Pengembangan Model Penentuan Willingngess to Consider (WTC) Sepeda Motor Listrik di Indonesia Menggunakan System Dynamics," Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2024.

[9] A. Habibie, M. Hisjam, W. Sutopo, and M. Nizam, "Sustainability Evaluation of Internal Combustion Engine Motorcycle to Electric Motorcycle Conversion," *Evergr. Jt. J. Nov. Carbon Resour. Sci. Green Asia Strateg.*, vol. 8, no. 2, pp. 469–476, 2021.

[10] A. Habibie and W. Sutopo, "A Literature Review : Commercialization Study of Electric Motorcycle Conversion in Indonesia," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020. doi: 10.1088/1757-899X/943/1/012048.

[11] R. Agustina, Yuniaristanto, and W. Sutopo, "Factors Influencing Electric Motorcycle Adoption in Indonesia : Comprehensive Psychological , Situational , and Contextual Perspectives," *World Electr. Veh. J.*, vol. 16, pp. 1–21, 2025.

[12] J. D. Sterman, "SYSTEM DYNAMICS: SYSTEMS THINKING AND MODELING FOR A COMPLEX WORLD John," 2002.

[13] P. Liu, M. Atifeh, M. Khorshidnia, and S. G. Taheri, "Sistem Dynamics : an Approach to Modelling Supply Chain Performance Measurement," *Technol. Econ. Dev. Econ.*, vol. 29, no. 4, pp. 1291–1317, 2023.

[14] D. Novizayanti, E. A. Prasetio, M. Siallagan, and S. P. Santosa, "Agent-Based Modeling Framework for Electric Vehicle Adoption Transition in Indonesia," *World Electr. Veh. J.*, pp. 1–17, 2021.

[15] J. D. Sterman, *Business Dynamics System Thinking and Modelling For a Complex World*. United States of America: Jejfrey J. Shelstad, 2000.

[16] N. Mohammadzadeh, S. H. Zegordi, A. H. Kashan, and E. Nikbakhsh, "Optimal government policy-making for the electric vehicle adoption using the total cost of ownership under the budget constraint," vol. 33, pp. 477–507, 2022.