Analisis Pendalaman Ide untuk Pengembangan Produk *Electric Motorcycle* berbasis Data *Online* dan Dinamika Tren Paten Menggunakan *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) dan *Time-Series Dynamic Analysis*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Nama : Syaqila Nurazizah Faradibba
No. Mahasiswa : 22522225

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 8 Agustus 2026



Syaqila Nurazizah Faradibba

22522225

SURAT BUKTI PENELITIAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4100, 4101
F. (0274) 895007
E. fti@uii.ac.id
W. fti.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor: 028/Ka.Lab.Datmin/70/Lab.Datmin/VIII/2026

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Kami yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa mahasiswa dengan keterangan sebagai berikut :

Nama	:	Syaqila Nurazizah Faradibba
No. Mhs	:	22522225
Dosen Pembimbing	:	Dr. Dwi Adi Purnama, S.T.

Telah selesai melaksanakan penelitian yang berjudul "Analisis Pendalaman Ide untuk Pengembangan Produk Electric Motorcycle berbasis Data Online dan Dinamika Tren Paten Menggunakan Latent Dirichlet Allocation (LDA) dan Time-Series Dynamic Analysis" di Laboratorium Data Mining, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia tercatat mulai tanggal 1 Juli sampai dengan tanggal 1 Agustus 2026.

Demikian surat keterangan kami keluarkan, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 12 Agustus 2026

Kepala Laboratorium
Data Mining



Dr. Dwi Adi Purnama, S.T.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Analisis Pendalaman Ide untuk Pengembangan Produk *Electric Motorcycle* berbasis Data *Online* dan Dinamika Tren Paten Menggunakan *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) dan *Time-Series Dynamic Analysis*

TUGAS AKHIR

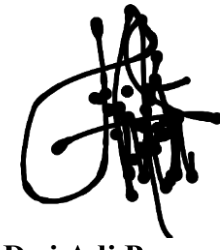
Disusun Oleh :

Nama : Syaqila Nurazizah Faradibba

No. Mahasiswa : 22522225

Yogyakarta, 12 Agustus 2026

Dosen Pembimbing



(Dr. Dwi Adi Purnama, S.T)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Analisis Pendalaman Ide untuk Pengembangan Produk *Electric Motorcycle* berbasis Data *Online* dan Dinamika Tren Paten Menggunakan *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) dan *Time-Series Dynamic Analysis*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Syaqila Nurazizah Faradibba
No. Mahasiswa : 22522225

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 24 - Agustus - 2026

Tim Penguji

Dr. Dwi Adi Purnama, S.T.	
Ketua	
Dr. Joko Sulistio, S.T., M.Sc., M.T	
Anggota I	
Sayyidah Maulidatul Afraah, S.T., M.T.	
Anggota II	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.
NIK. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahiim. Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua yang saya sayangi, Ibunda tercinta Milda Syafitri, S.Pd., M.Pd. dan papa saya Almarhum Abdul Karim Amda yang senantiasa memberikan cinta, restu, doa, dukungan, dan pengorbanan tiada henti, hingga akhirnya saya dapat menyelesaikan studi di kota pertama yang baru saya kunjungi ini.

MOTTO

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."
(QS Al-Baqarah [2] : 286)

"*We're more than what we're made to think, time to believe*"
(NCT Dream)

"Justru saat kita berani menghadapi hal-hal yang paling kita takuti, di situlah proses tumbuh dewasa terjadi."
(Maudy Ayunda)

KATA PENGANTAR

Bismillahirahmanirrahim. Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, karunia, dan kemudahan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "**Analisis Pendalaman Ide untuk Pengembangan Produk *Electric Motorcycle* berbasis Data *Online* dan Dinamika Tren Paten Menggunakan *Latent Dirichlet Allocation (LDA)* dan *Time-Series Dynamic Analysis***". Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat, dan seluruh umatnya yang senantiasa mengikuti ajaran dan menjalankan perintah-Nya.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan jenjang Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia. Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh berbagai bantuan, arahan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Sri Kusumadewi, S,Si., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan arahan dan dukungan dalam pelaksanaan kegiatan akademik selama program ini berlangsung.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan dukungan, arahan, serta kebijakan yang mendukung untuk kelancaran pelaksanaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Dwi Adi Purnama, S.T., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang dengan penuh kesabaran dan perhatian dalam memberikan bimbingan, kritik, serta saran yang membangun selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Ibunda tercinta, Milda Syafitri ,S.Pd.,M.Pd selaku orang tua tunggal penulis yang menjadi sosok paling kuat dalam setiap langkah perjalanan penulis. Terima kasih atas setiap doa yang tidak pernah putus. Jika tidak ada do'a yang beliau langitkan setiap harinya, mungkin penulis tidak akan sampai di titik ini. Tidak ada kata yang cukup untuk menggambarkan besarnya cinta, pengorbanan, waktu, tenaga, dan keringat yang telah beliau berikan untuk kehidupan penulis. Semua yang telah beliau lakukan mungkin tidak akan pernah mampu penulis balas sepenuhnya.
5. Almarhum Abdul Karim Amda yaitu ayahanda penulis. Terimakasih telah menjadi papa yang baik serta segala hal yang diberikan bisa dikatakan sangat lebih dari cukup selama 11 tahun mengisi status "kepala keluarga" dalam kartu keluarga yang sama. Semoga beliau bisa beristirahat dengan tenang dan ditempatkan di sisi terbaik-Nya. *Aamiin ya Rabb*.
6. Seluruh anggota keluarga dari bunda yaitu Mansyur *Family* yang telah memberikan dukungan moril dengan sepenuh hati.
7. Kak Ai, Kak Iwad, dan Bang Fadhil selaku saudara sambung penulis dan terimakasih sudah pernah menjadi bagian dari hidup penulis walaupun cukup singkat dan di depan nanti hubungannya tidak pernah ada kata dekat kembali, kalian senantiasa berada di dalam hati dan ingatan penulis.
8. Bu Rere, Kak Wiwi, Kak Ega *and family* yang sudah penulis anggap seperti keluarga sendiri. Terimakasih atas segala dukungan yang telah kalian berikan.
9. Seluruh sahabat seperjuangan penulis yang selalu ada saat suka maupun duka dilewati bersama. Penulis ucapkan terimakasih banyak kepada Aya, Wava, Yeni, Dzihni, Leda, Anin, Zia, Nanad dan teman-teman akrab penulis yang tidak dapat disebutkan satu per-satu yang selalu membersamai penulis selama masa perkuliahan. Kalian selalu bisa

menjadi teman belajar dan bermain yang menyenangkan. Semoga di masa depan pun kita masih bisa bersilaturahmi satu sama lain.

10. Amanda yaitu satu-satunya teman se-kos penulis paling akrab dan selalu ada saat dibutuhkan bahkan disaat raga ini sedang sakit serta Hasna yaitu teman akrab sekaligus tempat curhat penulis yang sudah awet sedari maba. Terimakasih sudah mewarnai hari-hari penulis selama di Jogja dan semoga apapun langkah ke depan yang akan kalian ambil selalu dilancarkan.
11. Seluruh pihak yang juga tidak dapat disebutkan satu per-satu yang pernah ada di kehidupan penulis yang senantiasa memberikan bantuan serta konstribusi selama masa perkuliahan penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan belum dapat dikatakan sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan penuh kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai bahan evaluasi dan perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap bahwa segala proses, usaha, dan pembelajaran yang dituangkan dalam Tugas Akhir ini tidak hanya menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis, tetapi juga dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pembaca maupun pihak-pihak yang berkepentingan. Semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi sesuatu yang bernilai dan bermanfaat, meskipun masih jauh dari kesempurnaan. Semoga Allah SWT juga senantiasa memberikan kebaikan, keberkahan, kemudahan, serta ridha-Nya dalam setiap langkah yang ditempuh.

Sleman, 8 Agustus 2026



Syaqila Nurazizah Faradibba

22522225

ABSTRAK

Sektor transportasi merupakan salah satu penyumbang utama emisi gas rumah kaca, sehingga Indonesia menargetkan pengurangan emisi sebesar 31,89% pada 2030 melalui adopsi kendaraan listrik. Meskipun motor listrik memiliki potensi besar, pengembangannya masih menghadapi tantangan teknologi dan infrastruktur. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi topik teknologi dominan pada motor listrik, menganalisis perkembangan teknologi antarperiode, serta merumuskan rekomendasi arah pengembangan produk di masa depan. Penelitian menggunakan 549.110 dokumen paten global periode 2010–2025 yang diperoleh melalui *Google Patents* menggunakan *Google BigQuery* dan dibagi menjadi lima periode berdasarkan peristiwa global. Metode yang digunakan meliputi *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) untuk pemodelan topik, *coherence score* untuk menentukan jumlah topik optimal, serta *time-series dynamic analysis* dengan normalisasi *min-max* untuk menganalisis perkembangan teknologi. Analisis bigram dan trigram digunakan untuk memperdalam rekomendasi pengembangan produk. Hasil penelitian mengidentifikasi 36 topik prioritas yang dikelompokkan ke dalam tujuh tema teknologi utama, dengan lima tema yang dianalisis lebih lanjut, yaitu desain elektromagnetik motor magnet permanen, desain struktur mekanik dan *housing*, sistem kendali dan manajemen daya, integrasi sistem dan modul baterai, serta infrastruktur energi kendaraan listrik. Hasil analisis menunjukkan adanya pergeseran inovasi dari pengembangan komponen menuju integrasi sistem dan ekosistem kendaraan listrik. Kerangka arah pengembangan teknologi dirumuskan berdasarkan tren teknologi yang teridentifikasi, dengan analisis bigram dan trigram digunakan untuk memberikan pendetailan pada aspek teknis yang berkembang pada setiap tema.

Kata Kunci: *Electric Motorcycle*, Tren Teknologi, Analisis Paten*, Latent Dirichlet Allocation* (LDA), *Time-Series Dynamic Analysis*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **ii**
SURAT BUKTI PENELITIAN ..... **iii**
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **iv**
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI ..... **vii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **viii**
MOTTO ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
ABSTRAK ..... **x**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 7
1.3 Tujuan Penelitian 7
1.4 Manfaat Penelitian 8
1.5 Batasan Penelitian 8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **10**
2.1 Kajian Literatur 10
2.2 Landasan Teori 17
2.2.1 Kendaraan Listrik (*Electric Vehicle*) 17
2.2.2 Motor Listrik (*Electric Motorcycle*) 18
2.2.3 Dokumen Paten 18
2.2.4 *Google Patents* 19
2.2.5 *Google Cloud* 19
2.2.6 *Scrapping* 20
2.2.7 *Text Mining* 20
2.2.8 Pembobotan TF-IDF 22
2.2.9 *Topic Modeling* 23
2.2.10 *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) 24
2.2.11 *Topic Coherence* 26
2.2.12 *Time Series-Dynamic Analysis* 27
2.2.13 Prinsip *Technology Life Cycle* (TLC) 28
2.2.14 Periodisasi Perkembangan Teknologi Motor Listrik (2010–2025) 28
BAB III METODE PENELITIAN **34**
3.1 Objek Penelitian 34
3.2 Subjek Penelitian 35
3.3 Jenis dan Sumber Data 36
3.4 Metode Pengumpulan Data 37
3.5 Metode Pengolahan Data 39
3.5.1 Tahapan *Cleaning* (Pembersihan) 40
3.5.2 Tahapan *pre-processing* 40
3.5.3 Pembobotan TF-IDF 40
3.6 Metode Analisis Data 41
3.6.1 Penentuan Jumlah Topik Optimal (*Coherence Score*) 41
3.6.2 Pemodelan Topik dengan LDA 41
3.6.3 Analisis *Time Series* dan Dinamika Tren 42

3.7 Alur Penelitian 42
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA..... 46
4.1 Pengumpulan Data 46
4.1.1 Hasil *Scrapping* per Periode 46
4.1.2 Hasil Pembersihan Data (*Cleaning*) 46
4.2 Pengolahan Data 47
4.2.1 Pra-Pemrosesan Data (*Pre-processing*) 47
4.2.2 Pembobotan TF IDF (*Term Frequency Invers Document Frequency*)..... 54
4.2.3 Pemodelan Topik dengan LDA 56
4.2.4 *Time Series- Dynamic Analysis* 80
BAB V PEMBAHASAN DAN REKOMENDASI..... 85
5.1 Identifikasi dan seleksi Topik Prioritas Teknologi Motor Listrik..... 85
5.2 Analisis Hasil Dinamika Tren Paten Motor Listrik (2010-2025) 88
5.3 Rekomendasi Arah Pengembangan Teknologi Motor Listrik 91
5.3.1 Framework Rekomendasi Penlitian 91
5.3.2 Pendalaman Teknis Tema Topik Teknologi Terpilih 94
5.3.2.1 Tema Topik “Desain Elektromagnetik Motor Magnet Permanen”..... 94
5.3.2.2 Tema Topik “Desain Struktur Mekanik dan Housing kendaraan listrik”98
5.3.2.3 Tema Topik “Sistem kendali dan Manajemen daya kendaraan listrik”101
5.3.2.4 Tema Topik “Integrasi sistem dan Modul baterai” 103
5.3.2.5 Tema Topik “Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik” 105
BAB VI PENUTUP..... 115
6.1 Kesimpulan 115
6.2 Saran..... 117
DAFTAR PUSTAKA..... 118
LAMPIRAN 123

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur 12
Tabel 3. 1 Jenis Motor Listrik menggunakan *Keyword* 34
Tabel 4. 1 Data Mentah (*Raw Data*) 46
Tabel 4. 2 Data Final 47
Tabel 4. 3 Hasil *Case Folding* 48
Tabel 4. 4 Hasil *Remove Punctuation and Number* 49
Tabel 4. 5 Hasil *Tokenizing* 50
Tabel 4. 6 Hasil *Stopwords Removal* 51
Tabel 4. 7 Hasil *Lemmatization* 53
Tabel 4. 8 Contoh Data Pembobotan TF-IDF 54
Tabel 4. 9 Perhitungan TF 54
Tabel 4. 10 Perhitungan DF 55
Tabel 4. 11 Perhitungan TF-IDF 55
Tabel 4. 12 Jumlah Topik Optimal Semua Periode 57
Tabel 4. 13 Jumlah Topik Prioritas Setiap Periode 61
Tabel 4. 14 Hasil Pemodelan Topik dengan LDA 62
Tabel 4. 15 Hasil Rata-Rata Normalisasi Data 81
Tabel 4. 16 Klasifikasi Pola Tren Tema Topik Teknologi 83
Tabel 5. 1 Tema Topik Teknologi Terpilih 87
Tabel 5. 2 Pemetaan Tindakan Pengembangan Teknologi Motor Listrik 109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tren Emisi CO2 Sektor Transportasi Global (2000–2024) 1
Gambar 1. 2 Perubahan Emisi Global Berdasarkan Berbagai Sektor..... 2
Gambar 1. 3 *Fishbone Diagram* 4
Gambar 2. 1 Situs *Google Patents*..... 19
Gambar 2. 2 *BigQuery from Google Cloud*..... 20
Gambar 2. 3 Konsep LDA 24
Gambar 2. 4 Visualisasi LDA..... 25
Gambar 3. 1 Tampilan pencarian *Google Patents*..... 37
Gambar 3. 2 Tahapan *Scrapping Google Patents*..... 38
Gambar 3. 3 Data dalam Format CSV 39
Gambar 3. 4 Data dalam Format Excel..... 39
Gambar 3. 5 Perintah Pembobotan TF-IDF..... 40
Gambar 3. 6 Kode perintah *Min-Max Normalization*..... 42
Gambar 3. 7 Kode Perintah Penentuan Topik Prioritas..... 42
Gambar 3. 8 Alur Penelitian 43
Gambar 4. 1 Grafik *Coherence Score* Periode 1-5 57
Gambar 4. 2 Visualisasi *Topic Modeling* Periode 1 58
Gambar 4. 3 Visualisasi *Topic Modeling* Periode 2 58
Gambar 4. 4 Visualisasi *Topic Modeling* Periode 3 59
Gambar 4. 5 Visualisasi *Topic Modeling* Periode 4 59
Gambar 4. 6 Visualisasi *Topic Modeling* Periode 5 60
Gambar 4. 7 Grafik Perkembangan Inovasi Teknologi Motor Listrik (2010-2025) 82
Gambar 5. 1 Perkembangan Teknologi Motor Listrik Periode 1-5 88
Gambar 5. 2 *Framework* Rekomendasi Penelitian 92
Gambar 5. 3 *Mind Map* “Desain Elektromagnetik Motor Magnet Permanen” 95
Gambar 5. 4 *Mind Map* “Desain Struktur Mekanik dan *Housing* kendaraan listrik”..... 98
Gambar 5. 5 *Mind Map* “Sistem kendali dan Manajemen daya kendaraan listrik”..... 102
Gambar 5. 6 *Mind Map* “Integrasi sistem dan Modul baterai”..... 104
Gambar 5. 7 *Mind Map* “Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik” 106

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor transportasi masih menjadi penyumbang utama emisi gas rumah kaca di dunia. Berdasarkan data historis (World Bank, 2024), emisi karbon dioksida dari sektor transportasi global menunjukkan tren peningkatan jangka panjang, dari 5.781.100 metrik ton pada tahun 2000 hingga mencapai puncaknya di angka 8.287.000 metrik ton pada tahun 2019. Meskipun sempat mengalami penurunan tajam pada tahun 2020 menjadi 7.097.100 metrik ton akibat pembatasan mobilitas global semasa pandemi COVID-19, namun volume emisi kembali melonjak pasca-pandemi dan menyentuh angka 8.299.200 metrik ton pada tahun 2024.



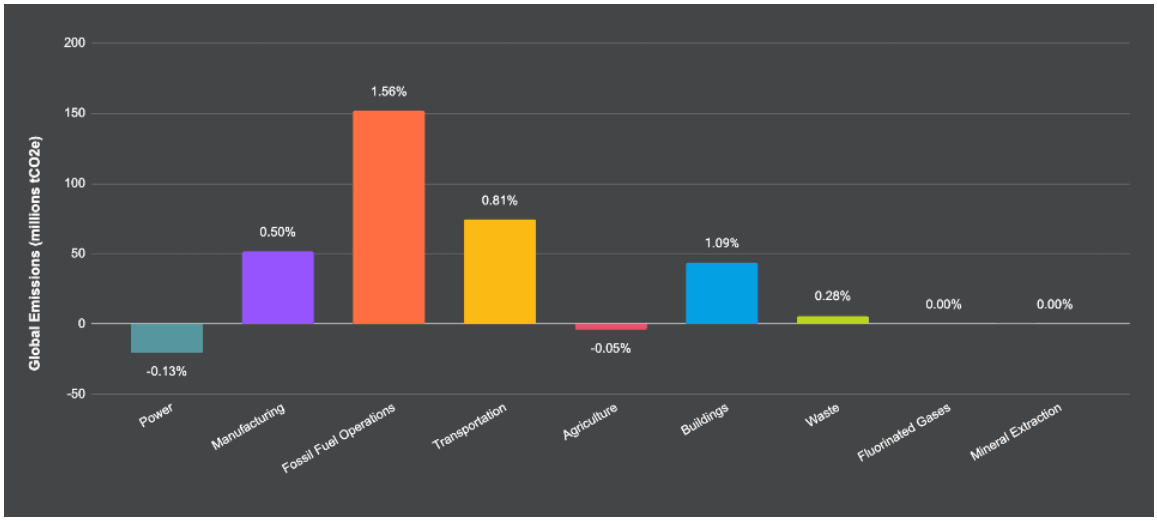
Gambar 1. 1 Tren Emisi CO2 Sektor Transportasi Global (2000–2024)

Sumber: (World Bank, 2024)

Berdasarkan *Global Carbon Budget (2025)*, emisi CO_2 global masih tinggi karena penggunaan bahan bakar fosil tetap mendominasi meskipun energi terbarukan terus berkembang, sementara pertumbuhan emisi global dalam satu dekade terakhir hanya melambat menjadi sekitar 0,3% per tahun dan diperkirakan masih terus meningkat seiring bertambahnya kebutuhan energi, sehingga sisa anggaran karbon untuk membatasi kenaikan suhu global hingga 1,5°C diperkirakan hanya cukup untuk sekitar empat tahun pada tingkat emisi saat ini. Hal ini menunjukkan perlunya percepatan transisi menuju

energi bersih serta pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil (Friedlingstein et al., 2026) .

Meskipun volumenya terus meningkat, analisis global menunjukkan adanya perlambatan laju pertumbuhan emisi dari waktu ke waktu, dari lebih dari 2,5% per tahun pada 2009–2014 menjadi di bawah 1% pada 2014–2024 dan sekitar 0,4% pada 2025 (IEA, 2026). Namun, perlambatan tersebut belum menunjukkan penurunan emisi secara global karena pada tahun 2025 negara-negara berkembang lainnya masih menjadi penyumbang kenaikan emisi terbesar, sementara China mengalami penurunan emisi dan negara-negara maju cenderung stabil atau menurun setelah memperhitungkan faktor cuaca (IEA, 2026). Hal ini diperkuat oleh data (Climate Trace, 2025) yang menunjukkan bahwa emisi sektor transportasi global (batang berwarna kuning) meningkat sebesar 0,81% pada tahun 2025 dibandingkan tahun sebelumnya, sehingga sektor ini menjadi salah satu sektor yang mengalami peningkatan emisi yang cukup signifikan, bersama dengan sektor operasi bahan bakar fosil (migas/batu bara) sebesar 1,56% dan manufaktur sebesar 0,50%.



Gambar 1. 2 Perubahan Emisi Global Berdasarkan Berbagai Sektor

Sumber: (Climate Trace, 2025)

Kondisi ini menunjukkan bahwa tantangan pengurangan emisi global masih besar, terutama karena peningkatan emisi di negara-negara berkembang. Adapun di Indonesia, emisi dari sektor transportasi juga meningkat 21% menjadi 715 juta ton CO_2 (IESR, 2024), dan masih menjadi sumber polusi terbesar kedua dengan 202 juta ton CO_2 (IESR, 2025) serta masih tingginya ketergantungan pada BBM impor mencapai 90%. Melalui dokumen *Enhanced Nationally Determined Contribution* (ENDC RI, 2022), Indonesia

menargetkan pengurangan emisi sebesar 31,89% secara mandiri atau 43,20% dengan dukungan internasional pada 2030, sejalan dengan target *Net-Zero Emission* (NZE) tahun 2060.

Secara global, upaya penanganan krisis iklim melalui Perjanjian Paris (*Paris Agreement*) dan diterjemahkan oleh *International Energy Agency* ke dalam Skenario NZE 2050. Regulasi ini mendorong negara-negara membuat kebijakan lebih tegas, termasuk rekomendasi *International Energy Agency (*IEA) bahwa pada 2030 sekitar 78% penjualan kendaraan roda dua dan tiga baru harus listrik, dan menjadi 100% pada 2050 (mayoritas negara maju karena melakukan transisi lebih cepat) (IEA, 2025). Target *Net-Zero Emission* (NZE) untuk setiap negara tidak seragam sehingga memiliki lini waktu yang berbeda karena hal ini dipengaruhi oleh pertumbuhan industri dan penyesuaian ekonomi yang besar. Seperti di Indonesia, pemeritah telah menargetkan penjualan 400.000 kendaraan listrik pada 2025, tetapi hingga April 2025 realisasinya baru 63.000 unit (Kurniawan, 2025). Survei (PwC Indonesia, 2025) menunjukkan 68% pengguna kendaraan listrik justru mempertimbangkan pindah kembali ke motor atau mobil bensin (ICE) karena khawatir waktu pengisian daya yang lama, umur baterai, jarak tempuh yang pendek, hingga biaya perawatan. Meski begitu, ada juga dorongan positif dari sebagian masyarakat, seperti meningkatnya kesadaran akan lingkungan, keinginan mengurangi polusi udara dan suara, serta kebutuhan mobilitas yang lebih hemat energi. Faktor-faktor sebelumnya tentu menunjukkan bahwa, meskipun masih ada tantangan teknis dan infrastruktur, minat masyarakat mulai beralih ke arah mobilitas yang lebih rendah emisi.

Untuk mencapai target dekarbonisasi dan memanfaatkan perubahan minat masyarakat tersebut, segmen yang strategis untuk dikembangkan adalah motor listrik. Menurut (Global EV Outlook, 2025), populasi motor listrik dunia sudah melebihi 270 juta unit pada 2023. Pada tahun 2025 saja, sekitar 9,8 juta unit motor listrik baru tercatat secara global dan pada 4 bulan pertama di 2026, Penjualan motor listrik roda dua di seluruh dunia mencapai 2,3 juta unit dan naik 16,1%, yang mana angka ini menunjukkan bahwa pasar diperkirakan akan menyentuh rekor tertinggi baru (MotorCycles Data, 2026). Seperti di negara berkembang misalnya Indonesia, menurut AISI (Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia), penjualan motor listrik dalam lima tahun terakhir naik hingga 400% menjadi 55,06 ribu unit pada 2025. Hal ini menunjukkan bahwa motor listrik dinilai lebih sesuai dengan kebutuhan mobilitas harian masyarakat yang tinggal di wilayah padat penduduk. Selain itu, tingginya penggunaan kendaraan roda dua dan

Indonesia termasuk negara konsumtif yang membuat adopsi motor listrik berpotensi berlangsung lebih cepat, sehingga dapat memberikan dampak yang lebih besar dalam mengurangi emisi karbon dibandingkan jenis kendaraan listrik lainnya.

Selain jumlahnya yang sangat besar, motor listrik juga membutuhkan inovasi teknis karena ruang untuk memasang komponen sangat terbatas. Kondisi ini mendorong perkembangan teknologi seperti baterai berkapasitas tinggi, motor BLDC (*Brushless Direct Current Motor*) yang lebih kecil, dan sistem manajemen baterai (BMS) yang makin ringkas. Tingkat kompleksitas tersebut membuat data paten motor listrik sangat cocok digunakan untuk menganalisis topik-topik teknologi yang sedang berkembang. Meskipun motor listrik memiliki potensi besar dalam mendukung dekarbonisasi sektor transportasi, proses adopsi dan pengembangan teknologinya masih menghadapi berbagai tantangan atau hambatan. Maka, untuk memetakan akar penyebab permasalahan tersebut disajikan dalam bentuk *fishbone diagram* pada Gambar 1.1 sebagai berikut.



Gambar 1. 3 *Fishbone Diagram*

Sumber: hasil pengolahan data penulis

Berdasarkan Gambar 1.1, tantangan dalam mempercepat adopsi dan inovasi motor listrik dapat dikelompokkan menjadi enam faktor utama, yaitu ekonomi, lingkungan, manusia, pasar (*market*), regulasi, dan teknologi. Faktor ekonomi meliputi ketergantungan beberapa negara terhadap BBM impor, perubahan harga minyak dunia yang tidak stabil, serta harga motor listrik yang masih relatif lebih tinggi dibandingkan motor konvensional. Faktor lingkungan berkaitan dengan meningkatnya emisi CO_2 dari sektor transportasi dan

polusi udara yang mendorong kebutuhan akan kendaraan rendah emisi, serta adanya target *Net-Zero Emission* yang menuntut percepatan peralihan menuju transportasi yang lebih berkelanjutan. Faktor manusia mencakup kecenderungan masyarakat yang masih memilih motor berbahan bakar bensin, kurangnya pemahaman mengenai teknologi dan keselamatan kendaraan listrik, serta kekhawatiran terhadap keamanan baterai dan gangguan pada sistem kelistrikan. Faktor pasar berkaitan dengan masih dominannya motor berbahan bakar bensin, terbatasnya pilihan model motor listrik di beberapa negara, dan pasar motor listrik bekas yang belum berkembang secara optimal. Faktor regulasi meliputi kebijakan insentif kendaraan listrik yang belum konsisten, perbedaan standar uji kelayakan kendaraan listrik, serta proses perizinan pembangunan infrastruktur pengisian daya yang masih dapat menghambat pengembangan kendaraan listrik. Sementara itu, faktor teknologi mencakup keterbatasan jarak tempuh baterai, kompleksitas dalam merancang dan mengintegrasikan berbagai komponen motor listrik, serta performa dan daya tahan baterai yang masih perlu ditingkatkan.

Keenam faktor tersebut saling berkaitan dan secara bersama-sama memengaruhi percepatan adopsi motor listrik. Namun, dalam penelitian ini difokuskan atau dititik beratkan pada faktor teknologi karena perkembangan teknologi dapat secara langsung diarahkan melalui inovasi dan pengembangan produk, terutama untuk meningkatkan performa, efisiensi, keamanan, dan kenyamanan motor listrik. Selain itu, perkembangan teknologi dapat ditelusuri melalui aktivitas inovasi yang terdokumentasi dalam dokumen paten. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk menganalisis tren inovasi teknologi motor listrik secara global menggunakan data paten, sehingga dapat diketahui teknologi yang menjadi fokus utama inovasi serta bagaimana perkembangannya dari waktu ke waktu.

Salah satu karakteristik motor listrik yang mendorong kebutuhan inovasi adalah keterbatasan ruang dalam penempatan berbagai komponen, sehingga produsen perlu mengintegrasikan sejumlah sistem dalam ruang yang relatif sempit. Kondisi tersebut mendorong perkembangan teknologi pada baterai lithium-ion, motor listrik, sistem manajemen energi, dan kecerdasan buatan (AI). Perkembangan kendaraan listrik juga berlangsung semakin cepat seiring dengan adanya dorongan regulasi lingkungan yang turut mengubah standar industri dari berbasis mekanik menjadi "*computer on wheels*" (Eisler, 2022). Investasi global kini banyak mengalir ke baterai, motor listrik, dan perangkat elektronik. Selain itu, AI semakin berperan dalam sistem kendaraan listrik,

salah satunya melalui pemanfaatannya pada Battery Management System (BMS) untuk memantau kondisi baterai dan mengatur daya secara optimal (Han et al., 2025). Perkembangan tersebut juga mendorong munculnya inovasi melalui penggabungan teknologi yang tercermin dalam kelas B60 yang berkaitan dengan kendaraan dan sistem transportasi, G06 yang berkaitan dengan komputasi dan pengolahan data, serta H01 yang berkaitan dengan komponen dan sistem kelistrikan (Lee, 2020). Dengan perkembangan teknologi yang berlangsung cepat, pemahaman terhadap arah evolusi teknologi menjadi penting agar negara berkembang tidak hanya berperan sebagai pasar, tetapi juga memiliki kemampuan untuk mengembangkan teknologi secara mandiri.

Dalam memahami perkembangan inovasi tersebut, diperlukan sumber data yang mampu menggambarkan aktivitas pengembangan teknologi secara objektif dan dalam skala besar. Penelitian mengenai inovasi kendaraan listrik sebelumnya masih banyak bergantung pada survei tradisional atau analisis manual yang memiliki keterbatasan cakupan dan membutuhkan waktu yang relatif lama (R. Hu et al., 2022). Selain itu, sebagian penelitian masih bersifat statis sehingga belum mampu menangkap perubahan tren teknologi yang berkembang dengan cepat (Sun & Ju, 2023). Salah satu sumber data yang dapat digunakan untuk mengatasi keterbatasan tersebut adalah data paten global. Dokumen paten tidak hanya berfungsi sebagai dokumen perlindungan hukum terhadap suatu invensi, tetapi juga memuat informasi teknis mengenai teknologi yang dikembangkan, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi perkembangan inovasi teknologi (Tan & Li, 2021). Dengan cakupan dokumen yang besar dan beragam, data paten dapat memberikan gambaran yang lebih objektif mengenai arah pengembangan teknologi motor listrik.

Namun, volume dan kompleksitas dokumen paten global yang tinggi menyebabkan proses identifikasi topik teknologi secara manual menjadi kurang efektif, sehingga diperlukan metode seperti *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) untuk menemukan topik-topik teknologi utama dengan *unsupervised learning* (R. Hu et al., 2022). Setelah topik teknologi diperoleh melalui pemodelan LDA, analisis *time series* dan dinamika tren dapat digunakan untuk melihat bagaimana perkembangan masing-masing topik berubah dari satu periode ke periode berikutnya. Pendekatan tersebut memungkinkan penelitian tidak hanya mengidentifikasi teknologi yang berkembang, tetapi juga melihat perubahan dan dinamika perkembangan teknologi tersebut dari waktu ke waktu.

Meskipun pemodelan topik sudah pernah digunakan pada data paten seperti penelitian (Ma et al., 2022), serta pada data media sosial sesuai penelitian (Purnama et al., 2025), kajian yang secara khusus menganalisis data paten global motor listrik dengan mempertimbangkan pembagian periode waktu dan dinamika perkembangan topiknya masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengombinasikan metode *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) dan *Time Series-Dynamic Analysis* untuk mengidentifikasi serta memetakan perkembangan topik teknologi pada data paten global motor listrik dari waktu ke waktu. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai arah evolusi teknologi motor listrik serta menjadi masukan bagi pengembangan produk dan inovasi di masa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah adalah penjelasan singkat dan jelas mengenai isu yang ingin diselesaikan dalam penelitian yang akan menjadi fokus utama peneliti dan merupakan kelanjutan langsung dari latar belakang masalah. Berdasarkan uraian latar belakang yang ada, maka dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Topik teknologi apa saja yang paling dominan pada motor listrik saat ini berdasarkan data paten global menggunakan metode LDA (yaitu *Latent Dirichlet Allocation*) ?
2. Bagaimana pola dan tren pertumbuhan teknologi motor listrik dari tahun ke tahun berbasis data *Time Series-Dynamic analysis* ?
3. Bagaimana rekomendasi untuk menentukan arah ide pengembangaan teknologi motor listrik di masa depan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Addapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan topik teknologi yang paling dominan pada motor listrik saat ini berdasarkan hasil pengelompokan data paten global menggunakan metode LDA (*Latent Dirichlet Allocation*).
2. Mengetahui tren pertumbuhan teknologi motor listrik dari tahun ke tahun berbasis data *Time Series-Dynamic analysis.*
3. Mendapatkan rekomendasi untuk menentukan arah ide pengembangan teknologi motor listrik di masa depan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Bagi industri otomotif
    1) Membantu perusahaan otomotif mengambil keputusan R&D (Riset dan Pengembangan) berdasarkan data, sehingga mudah melihat teknologi mana yang sedang naik.
    2) Memudahkan perusahaan melihat peluang teknologi baru yang belum banyak digarap pesaing dunia sehingga perusahaan lokal dapat masuk ke pasar yang tepat dan sesuai, bukan hanya mengikuti tren.
b. Bagi dunia akademik
    1) Menambah wawasan baru terkait kombinasi teknologi informasi dan dunia otomotif.
    2) Menjadi referensi atau acuan untuk prediksi arah perkembangan teknologi kendaraan listrik di masa yang akan datang.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan dan pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan secara daring (*online*)
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa dokumen paten yang diperoleh dari situs data paten yang resmi yaitu *Google Patent* yang dapat diakses secara publik.
3. Data paten yang diambil dibatasi dari 2010-2025, dan dikelompokkan menjadi 5 periode, dengan aturan waktu sebagai berikut:
    - 20 Juli 2010 - 9 Desember 2012
    - 10 Desember 2012 - 4 Agustus 2016
    - 5 Agustus 2016- 4 Desember 2019
    - 5 Desember 2019 - 5 Mei 2023
    - 6 Mei 2023- 31 Desember 2025
4. Analisis paten dilakukan pada skala global dan tidak dibatasi pada satu negara tertentu.

5. Objek penelitian ini berfokus pada salah satu jenis EV yaitu motor listrik secara umum.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan telaah terhadap penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian dan umumnya menggunakan referensi dalam lima tahun terakhir agar tetap aktual. Seperti pada penelitian (Purnama et al., 2025) yang memanfaatkan 171.643 tweet periode 2014–2023 untuk menganalisis persepsi publik terhadap kendaraan listrik menggunakan LDA, analisis sentimen, dan time-series analysis. Hasilnya menunjukkan bahwa faktor seperti baterai, harga, kenyamanan fasilitas, serta dukungan promosi menjadi faktor penting yang memengaruhi adopsi kendaraan listrik.

Pada aspek pengembangan teknologi kendaraan listrik, (Xia et al., 2025), (R. Hu et al., 2024), (Bridgelall, 2023), (Ma et al., 2022), dan (Sun & Ju, 2023) menggunakan data paten serta metode *text* mining, LDA, dan *patent analysis* untuk mengidentifikasi tren inovasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi baterai, sistem pengisian daya, manajemen energi, *fast charging, wireless charging*, serta kolaborasi inovasi menjadi fokus utama dalam perkembangan industri kendaraan listrik.

Beberapa penelitian juga menunjukkan efektivitas metode LDA dalam mengekstraksi informasi dari data teks berskala besar. (Batool & Byun, 2024) dapat mengidentifikasi 10 topik utama dari 1.994 abstrak artikel ilmiah menggunakan automated LDA dengan optimasi *coherence score*. (Royani et al., 2024) mengombinasikan LDA dan SVM untuk menganalisis opini pengguna *platform streaming* dan memperoleh akurasi klasifikasi sebesar 88%. Sementara itu, (Mutmainah et al., 2023) menggunakan kombinasi BiLSTM dan LDA pada 244.098 ulasan aplikasi telemedicine dengan akurasi sentimen mencapai 95%.

Penerapan LDA pada data media sosial dan ulasan pengguna juga dilakukan oleh (Abdurrazzaq, 2023), (Astuti & Cahyono, 2023), (Uthirapathy & Sandanam, 2022), serta (Sharma et al., 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode LDA mampu mengidentifikasi topik-topik utama dari data teks dalam jumlah besar, sedangkan kombinasi dengan metode klasifikasi seperti BERT menghasilkan performa analisis sentimen yang tinggi.

Selain itu, penelitian (Saputra & Andajani, 2024) serta (Gunawan et al., 2022) mengkaji faktor yang memengaruhi minat masyarakat Indonesia terhadap kendaraan listrik menggunakan pendekatan tradisional yaitu melalui penyebaran kuesioner.

Hasilnya menunjukkan bahwa dukungan sosial, norma moral, manfaat ekonomi, dan insentif pemerintah mendorong adopsi kendaraan listrik, sedangkan harga yang tinggi, keterbatasan infrastruktur pengisian daya, dan kekhawatiran terhadap baterai masih menjadi hambatan utama.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

Penulis	**Objek Penelitian**	**Data Driven**				**Metode Analisis**				***Dynamic Modeling/ Time Series Analysis* (Yes/No)**
		Tradisional	**Media Sosial**	***Scientific Literature (Scopus)***	**Data Paten**	***Topic modeling* (LDA)**	***Machine Learning***	***Patent Analysis***	**Analisis Statistik**	
(Purnama et al., 2025)	*Electric Vehicle* umum		✓ (Twitter)			✓	✓ (D-PII-IPA)		✓	Yes
Xia et al. (2025)	*Electric Vehicle* umum				✓		✓		✓ (GeoDetector)	Yes
Hu et al. (2024)	*Electric Vehicle* (Khusus Mobil listrik)				✓	✓	✓		✓ (VAR)	No
Batool & Byun (2024)	Literatur Ilmiah (Covid-19)			✓		✓	✓ (Word2Vec, NMF)			No

Penulis	**Objek Penelitian**	**Data Driven**				**Metode Analisis**				***Dynamic Modeling/ Time Series Analysis* (Yes/No)**
		Tradisional	**Media Sosial**	***Scientific Literature (Scopus)***	**Data Paten**	***Topic modeling* (LDA)**	***Machine Learning***	***Patent Analysis***	**Analisis Statistik**	
Royani et al. (2024)	*Platform digital* (Layanan *streaming)*		✓ (twitter)			✓	✓ (SVM)			No
(Saputra & Andajani, 2024)	*Electric Vehicle* (khusus mobil listrik)	✓ (kuesioner)							✓	No
Mutmainah et al. (2023)	*Platform* Digital (App Telemedicine)		✓ (*Google* Play Store)			✓	✓ (BiLSTM)	✓		No
Bridgelall (2023)	*Electric Vehicle*				✓		✓ (NLP)	✓		No

Penulis	**Objek Penelitian**	**Data Driven**				**Metode Analisis**				***Dynamic Modeling/ Time Series Analysis* (Yes/No)**
		Tradisional	**Media Sosial**	***Scientific Literature (Scopus)***	**Data Paten**	***Topic modeling* (LDA)**	***Machine Learning***	***Patent Analysis***	**Analisis Statistik**	
	(Khusus Mobil listrik)									
Abdurrazzaq (2023)	*Platform* Digital (App MyPertamina)		✓ (*Google Play Store*)			✓				No
Astuti & Cahyono (2023)	*Platform* Digital (Berita detik.com)		✓ (twitter)			✓				No
Sun & Ju (2023)	*Electric Vehicle* umum				✓				✓ (Ekonometrika)	No

Penulis	**Objek Penelitian**	**Data Driven**				**Metode Analisis**				***Dynamic Modeling/ Time Series Analysis* (Yes/No)**
		Tradisional	**Media Sosial**	***Scientific Literature (Scopus)***	**Data Paten**	***Topic modeling* (LDA)**	***Machine Learning***	***Patent Analysis***	**Analisis Statistik**	
Uthirapathy & Sandanam (2022)	Perubahan Iklim		✓ (Twitter)			✓	✓ (BERT)			No
(Sharma et al., 2022)	Literatur Ilmiah (Tren *Smart city*)			✓		✓				No
Ma et al. (2022)	*Electric Vehicle* (khusus mobil listrik)				✓		✓ (*Clustering*)	✓	✓ (statistik deskripstif)	No
(Gunawan et al., 2022)	*Electric Vehicle* umum	✓ (Kuesioner)							✓	No

Penulis	**Objek Penelitian**	**Data Driven**				**Metode Analisis**				***Dynamic Modeling/ Time Series Analysis* (Yes/No)**
		Tradisional	**Media Sosial**	***Scientific Literature (Scopus)***	**Data Paten**	***Topic modeling* (LDA)**	***Machine Learning***	***Patent Analysis***	**Analisis Statistik**	
Kebaruan Penelitian	*Electric Motorcycle*				✓ (*Google Patents*)	✓	✓	✓	✓	Yes

Berdasarkan penelitian terdahulu sudah banyak beberapa penelitian yang membahas dan menggunakan terkait pemodelan topik menggunakan metode LDA (*Latent Dirichlet Allocation*) untuk mengekstraksi topik, menganalisis tren, dan memahami pola inovasi dari berbagai sumber data seperti paten, media sosial, dan ulasan pengguna. Sebagian besar studi penelitian sebelumnya hanya berfokus pada satu sumber data saja dan belum menggabungkan data paten global dengan perubahan tren paten dari waktu ke waktu untuk melihat perkembangan teknologi motor listrik melainkan Sebagian besar berfokus pada kendaraan listrik secara umum atau mobil listrik saja. Selain itu, hanya sedikit studi yang memadukan analisis deret waktu (*time series-dynamic analysis*) dengan hasil pemodelan topik yang menjelaskan inovasi teknis berkembang dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, pembaruan penelitian yang penulis lakukan adalah terkait penggabungan antara metode LDA, dan *Time Series Analysis* terhadap dokumen paten global sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih utuh mengenai arah pengembangan produk motor listrik dan dinamika inovasi teknologi yang paling dominan dari waktu ke waktu.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori memuat berbagai istilah, konsep, dan teori yang berhubungan dengan topik penelitian, yang disusun berdasarkan acuan dari jurnal bereputasi ataupun buku. Berikut merupakan landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini.

2.2.1 Kendaraan Listrik (*Electric Vehicle*)

Kendaraan listrik (*Electric Vehicle*) adalah kendaraan yang menggunakan energi listrik dari baterai isi ulang sebagai sumber tenaga penggerak utama, sehingga menghasilkan emisi yang lebih rendah dan suara yang lebih senyap dibandingkan kendaraan berbahan bakar fosil (Persada et al., 2026), meskipun masih memiliki keterbatasan berupa jarak tempuh yang relatif lebih pendek dan waktu pengisian baterai yang lebih lama dibandingkan kendaraan konvensional. Menurut (Lipu et al., 2022), performa kendaraan listrik sangat bergantung pada teknologi baterai lithium-ion dan sistem *Battery Management System* (BMS) yang mengatur penyaluran energi, memantau kondisi baterai, serta menjaga keamanan dan umur pakai baterai meskipun masih menghadapi tantangan seperti waktu pengisian yang lama, penurunan performa, dan risiko keselamatan. Selain itu, teknologi seperti *Vehicle-to-Grid* (V2G), pemanfaatan energi terbarukan, dan *smart grid* membuat EV berperan sebagai penyimpan energi terdistribusi yang dapat membantu menstabilkan jaringan listrik (Hemavathi & Shinisha, 2022).

2.2.2 Motor Listrik (*Electric Motorcycle*)

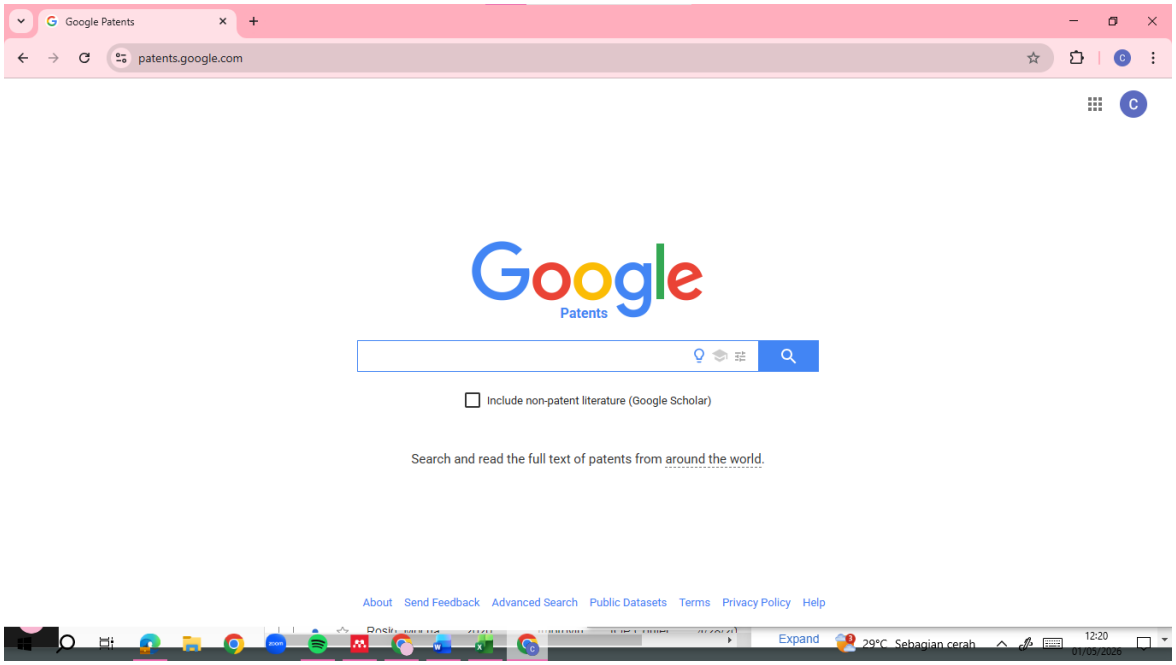
Sepeda motor listrik adalah kendaraan roda dua yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak dan baterai sebagai sumber energi dengan posisi berkendara mengangkang (*straddle*) (Challoob et al., 2024). *Electric motorcycle* menawarkan keunggulan berupa tidak menghasilkan emisi gas buang saat digunakan, biaya perawatan yang lebih rendah karena memiliki lebih sedikit komponen yang bergerak, serta membantu mengurangi polusi udara dan suara. Selain itu, struktur mekanisnya yang lebih sederhana meminimalkan jumlah komponen yang cepat aus, sehingga biaya perawatan cenderung lebih rendah. Komponen utama sepeda motor listrik (Lipu et al., 2022), yaitu meliputi: (1) baterai traksi (biasanya lithium-ion) untuk menyimpan energi listrik; (2) motor penggerak, seringnya *Brushless* DC (BLDC) atau *Permanent Magnet Synchronous Motor* (PMSM); (3) *Battery Management System* (BMS) yang memonitor kondisi baterai seperti suhu, tegangan, dan arus; serta (4) *Vehicle Control Unit* (VCU) yang mengatur aliran daya dan strategi pengereman regenerative.

2.2.3 Dokumen Paten

Paten merupakan dokumen hukum dan teknis yang berisi informasi tentang suatu invensi, kepemilikan hak, serta perlindungan eksklusif yang diberikan kepada inventor atau pemegang paten (Hemmungs Wirtén, 2019), di mana sebagai imbalan atas pengungkapan teknologi kepada publik secara memadai, pemegang paten memperoleh hak eksklusif untuk membuat, menggunakan, menjual, atau melisensikan invensinya serta mencegah pihak lain memanfaatkannya selama masa perlindungan yang umumnya berlaku hingga 20 tahun. Dokumen paten juga menjadi sumber informasi teknis yang kaya karena berisi penjelasan lengkap mengenai teknologi baru yang didaftarkan dan menjadi bagian dari sistem informasi paten global (Jiang & Goetz, 2025). Dokumen paten bisa diakses secara gratis di web resmi di berbagai belahan dunia, dan salah satu web gratis yang sering digunakan adalah *Google patents*. Adapun struktur dokumen paten bersifat terstandar yang relatif kompleks dibandingkan tulisan umum, biasanya mencakup data publikasi, judul, informasi bibliografis tentang pemohon dan inventor, klasifikasi paten, sitiran *prior art*, abstrak, latar belakang, uraian rinci invensi beserta gambar, serta bagian klaim yang menjelaskan secara tepat batas perlindungan hukum suatu invensi sehingga memerlukan penggunaan bahasa yang sangat teliti (Jiang & Goetz, 2025).

2.2.4 *Google Patents*

Google Patents merupakan platform pencarian paten global seperti web *Google* dengan halaman https://patents.*Google*.com/ yang disediakan gratis oleh *Google* dan memanfaatkan teknologi pencariannya (Noruzi et al., 2014), sehingga pengguna dapat menelusuri dokumen paten dari berbagai kantor paten dunia dengan pengalaman pencarian yang mirip pencarian web biasa namun berfokus pada informasi paten dan juga bisa di *download* secara gratis. Adapun dokumen paten yang disediakan dalam *Google patens* berasal dari negara Amerika, China, Jepang, Korea, Rusia, dan masih banyak lagi. Keseluruhan negara tersebut memiliki kata kunci seperti US (Amerika), CN (China), (JP) Jepang, KR (Korea), RU (Rusia), dan sebagainya. Situs *Google patents* merupakan situs yang bermanfaat dan berguna dalam mengakses dokumen patent karena juga tersedia terjemahan otomatis sehingga mempermudah dalam memahami isi dokumen serta bisa menjadi bahan evaluasi untuk riset dan perkembangan teknologi lintas negara.

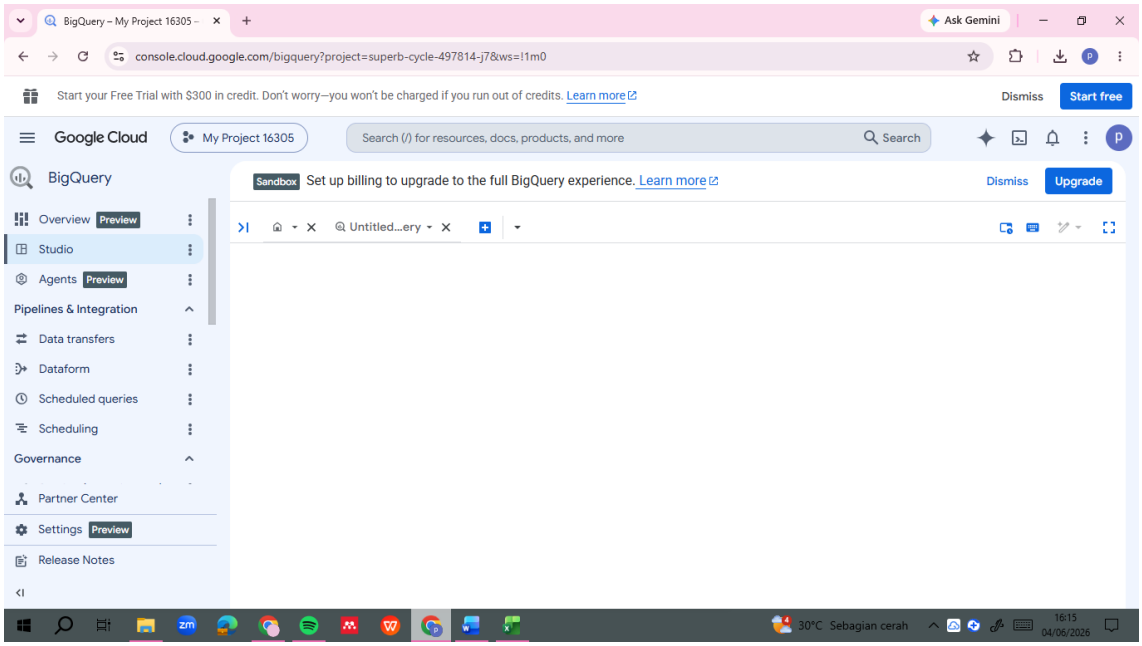


Gambar 2. 1 Situs *Google Patents*

2.2.5 *Google Cloud*

Google Cloud Platform (GCP) adalah layanan komputasi awan milik *Google* yang menyediakan fasilitas komputasi, penyimpanan, dan analitik data berskala besar, sehingga pengguna dapat mengolah Big Data tanpa perlu memiliki server sendiri dengan sistem pembayaran sesuai penggunaan (*pay-as-you-use*) (Berisha et al., 2022). Layanan seperti *Cloud Storage, Dataflow, Data Fusion, Pub/Sub, Dataproc*, dan terutama *BigQuery* saling terhubung sehingga proses penyimpanan, pemindahan, hingga analisis

data dapat dilakukan lebih cepat dan efisien (Lieponienė, 2023). *BigQuery* dirancang untuk menganalisis data dalam skala *terabyte* hingga *petabyte* secara cepat menggunakan SQL standar (ANSI SQL), dengan dukungan arsitektur kolumnar dan pemrosesan paralel masif yang meningkatkan efisiensi pengolahan data (Soma, 2022). *BigQuery* juga terintegrasi dengan berbagai layanan *Google* seperti *Cloud Storage* dan *Google Drive* serta mendukung *machine learning* melalui *BigQuery* (Berisha et al., 2022).



Gambar 2. 2 *BigQuery from Google Cloud*

2.2.6 *Scrapping*

Scrapping adalah proses mengambil data atau dokumen semi-terstruktur dari internet, yang umumnya berasal dari halaman *website* berbasis HTML atau XHTML. Proses ini dilakukan dengan menganalisis isi halaman untuk memperoleh informasi tertentu yang kemudian dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai kebutuhan atau bidang lainnya (Anggraeni, 2019).

2.2.7 *Text Mining*

Text mining merupakan bagian dari data mining yang fokus mengolah teks tidak terstruktur untuk mengambil informasi penting dan menemukan pola yang berguna dari kumpulan dokumen, serta dipandang sebagai proses intensif untuk mendapatkan pengetahuan melalui berbagai teknik analisis terhadap data teks (Findawati & Rosid, 2020). Menurut (Prawira et al., 2024), *text mining* merupakan proses pengolahan data teks yang dimulai dari pengumpulan data, dilanjutkan dengan *pre-processing* untuk

membersihkan dan menyiapkan data, kemudian transformasi teks, analisis pola, serta interpretasi hasil guna menghasilkan informasi yang bermanfaat untuk berbagai kebutuhan seperti pengelompokan, pengkategorian, pemodelan, dan analisis topik di bidang keamanan, ilmu sosial, bisnis, dan pemasaran. *Pre-processing* dalam *text* mining merupakan tahap penting untuk menghapus kata-kata yang tidak relevan, data yang salah, tidak valid, berkualitas rendah, serta menangani data yang hilang (*missing data*), sehingga menghasilkan data yang lebih bersih dan meningkatkan kualitas hasil analisis secara keseluruhan (Qomariyah et al., 2019). Adapun pada proses *pre-processing* terdiri dari beberapa proses yakni sebagai berikut:

a. *Case Folding*

   Case folding merupakan tahapan awal *pre-processing* yang bertujuan menyeragamkan bentuk huruf dalam dokumen dengan mengubah seluruh karakter menjadi huruf kecil (*lowercase*) (Rosid et al., 2020), sehingga dapat mengurangi ketidakkonsistenan penulisan akibat perbedaan penggunaan huruf kapital dan meningkatkan kinerja model dengan mencegah terjadinya penggandaan makna pada kata yang sebenarnya sama tetapi berbeda penulisannya.

b. Remove Punctuation

   Remove Punctuation adalah proses menghapus tanda baca seperti titik, koma, atau simbol lainnya dari teks untuk mengurangi gangguan dan meningkatkan kualitas data, sehingga analisis bisa lebih fokus pada kata-kata penting, bentuk teks menjadi lebih sederhana, dan performa model terutama dalam tugas klasifikasi teks dapat meningkat (Hickman et al., 2022).

c. Stopwords Removal

   Tahapan *stopwords* dilakukan untuk menghapus kata-kata yang tidak memberikan makna penting dalam suatu kalimat, sehingga kata-kata tersebut perlu dibuang (Parasati et al., 2020). Contohnya *term*asuk penghapusan kata sambung, kata depan, kata ganti, maupun kata lain yang tidak relevan dengan analisis yang sedang dilakukan (Salam et al., 2018).

d. Tokenizing

   Tokenizing adalah proses memecah teks menjadi bagian-bagian kecil berupa kata, yang disebut token (Manurung et al., 2022). Jika suatu karakter pertama bukan tanda pemisah seperti titik (.), koma (,), spasi, atau simbol pemisah lainnya, maka

karakter tersebut akan digabungkan dengan karakter setelahnya untuk membentuk satu token (Salam et al., 2018).

e. *Lemmatization*

Lemmatization merupakan proses yang mirip dengan *stemming* yang menyatukan berbagai bentuk perubahan suku kata dan mengubahnya kembali ke bentuk dasarnnya atau disebut "Lemma". Proses ini melihat konteks kaidah bahasa sehingga setiap kata memiliki variasi seperti bentuk jamak, lampau, atau kata berimbuhan dapat dianggap sebagai bentuk yang sama ketika dianalisis sehingga lebih mudah mengenali pola topik yang ada (Maulidah, 2023).

Dalam proses *text mining*, setelah teks selesai melalui tahap *pre-processing*, diperlukan metode untuk mengubahnya ke dalam bentuk angka agar dapat dianalisis lebih lanjut. Salah satu teknik representasi teks yang banyak digunakan pada tahap ini adalah TF-IDF.

2.2.8 Pembobotan *TF-IDF*

Pembobotan *Term Frequency–Inverse Document Frequency* (TF-IDF), menurut (Matira & Setiawan, 2023) merupakan metode dalam *text mining* yang menggabungkan dua konsep yaitu *term frequency* (TF) yang menunjukkan seberapa sering sebuah kata muncul dalam dokumen, dan *inverse document frequency* (IDF) yang merupakan kebalikan dari jumlah dokumen yang memuat kata tersebut dan metode ini berfungsi untuk mengubah teks menjadi data terstruktur sekaligus memilih kata-kata yang paling penting sebagai fitur analisis. Proses pembobotan ini dimulai dari menghitung frekuensi kemunculan kata, di mana semakin sering kata tersebut muncul, semakin besar nilai yang mewakili isi dokumen.

Berikut terdapat beberapa formula yang digunakan pada TF (*Term Frequency*) (Simatupang & Utomo, 2019):

1. TF biner (*binary TF*) merupakan metode pembobotan yang memberikan nilai 1 apabila suatu kata atau *term* muncul di dalam dokumen, dan memberikan nilai 0 apabila kata tersebut tidak muncul.
2. TF murni (*raw TF*) adalah metode pembobotan berdasarkan jumlah kemunculan suatu *term* dalam dokumen. Sebagai contoh, jika sebuah kata muncul sebanyak lima kali, maka nilai TF untuk kata tersebut adalah 5.
3. TF logaritmis (*logarithmic TF*) digunakan untuk mengurangi pengaruh dominasi kata yang memiliki frekuensi kemunculan sangat tinggi dalam dokumen. Metode

ini membantu menyeimbangkan bobot *term* sehingga dokumen dengan kemunculan kata berulang tidak terlalu mendominasi hasil analisis. Persamaan TF logaritmis adalah sebagai berikut:

$$tf_{t,d} = \begin{cases} \log f_{t,d} + 1 & jika\ f_{t,d} > 0 \\ 0 & jika\ kata\ tidak\ muncul \end{cases}$$

Keterangan :

t = Jumlah kata

d = Dokumen

$tf_{t,d}$ = *Term Frequency*

$f_{t,d}$ = Total kata yang ada dalam dokumen

4. TF normalisasi merupakan metode pembobotan yang dilakukan dengan membandingkan frekuensi kemunculan suatu *term* terhadap nilai frekuensi maksimum *term* yang terdapat dalam dokumen.

$$TF = 0.5 + 0.5 \times \left[\frac{tf}{maxtf}\right]$$

Pembobotan menggunakan TF-IDF membantu menentukan tingkat kepentingan suatu kata dan digunakan dalam tahap analisis selanjutnya karena data teks yang telah diproses perlu diubah menjadi bentuk numerik (Simatupang & Utomo, 2019).

2.2.9 *Topic Modeling*

Konsep *topic modeling* (pemodelan topik) terdiri dari tiga unsur utama yaitu kata, dokumen, dan *corpus* (Blei et al., 2003). Menurut Blei, kata adalah bagian paling dasar dari data teks, dokumen adalah susunan kata yang membentuk sebuah teks, sedangkan *corpus* adalah kumpulan dari berbagai dokumen. Sementara itu, "topik" dapat dipahami sebagai pola tetap dari sekumpulan kata. Secara sederhana, setiap dokumen dalam sebuah *corpus* mengandung campuran beberapa topik, dan proporsinya ditentukan oleh kata-kata yang muncul di dalam dokumen tersebut (Blei et al., 2003).

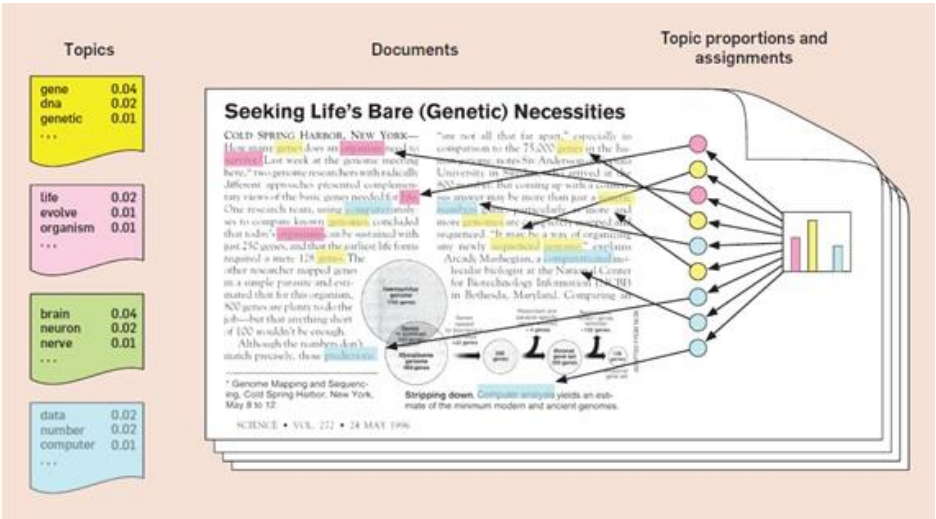
Pada dasarnya, *topic modeling* bekerja dengan mengelompokkan kata-kata yang sering muncul bersama menjadi satu topik, dan satu dokumen bisa berisi beberapa topik sekaligus dengan tingkat kemungkinan atau probabilitas yang berbeda (Putra & Kusumawardani, 2017). Secara pemahaman manusia, dokumen-dokumen adalah sesuatu yang dapat dilihat secara langsung. Namun, topik, penyebaran topik dalam dokumen, dan pengelompokan kata ke dalam topik tertentu tidak terlihat secara jelas. Karena itu, *topic*

modeling digunakan untuk menemukan topik-topik yang terkandung dalam dokumen serta kata-kata yang membangun setiap topik tersebut (Blei, 2012).

2.2.10 *Latent Dirichlet Allocation* (LDA)

Latent Dirichlet Allocation (LDA) adalah model probabilistik yang diperkenalkan oleh (Blei et al., 2003) dan metode ini menjadi salah satu teknik *topic modeling* yang paling populer karena dapat menemukan tema dalam kumpulan dokumen dengan baik dan mendukung proses pelatihan secara *online* (Blei, 2012). Menurut Blei, istilah Istilah *latent* merujuk pada informasi yang tidak terlihat langsung dalam data, *Dirichlet* menggambarkan distribusi probabilitas penyebaran topik dalam dokumen dan kata dalam topik, sedangkan *allocation* menunjukkan proses pengalokasian topik ke dokumen serta kata ke dalam suatu topik tertentu.

Melalui pendekatan Bayesian, LDA membentuk distribusi topik pada setiap dokumen dan membagi kata-kata ke berbagai topik sehingga dokumen dapat berisi banyak topik dan tiap topik terdiri dari sejumlah kata, sementara struktur seperti hubungan antara kata dan topik, antara topik dan dokumen, serta penentuan topik untuk setiap kata tetap bersifat tersembunyi (latent) dan sebagai metode *unsupervised learning*, LDA mampu mengidentifikasi tema-tema yang tersembunyi tanpa perlu pelabelan manual, sehingga metode ini sangat sesuai digunakan untuk menganalisis kumpulan dokumen dalam jumlah besar (Albalawi et al., 2020). Konsep *topic modeling* dengan metode LDA menurut Blei, disajikan pada gambar 2.3 berikut.

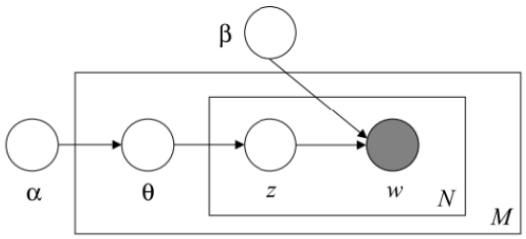


Gambar 2. 3 Konsep LDA

Sumber: (Blei, 2012)

Cara kerja konsep model LDA dimulai dengan asumsi bahwa jumlah topik telah ditentukan sejak awal, sebagaimana ditunjukkan pada ilustrasi yang menampilkan deretan topik di sisi kiri. Setelah itu, untuk setiap dokumen dalam kumpulan data, model secara acak memilih distribusi topik dokumen (terlihat pada grafik distribusi di sisi kanan), lalu untuk setiap kata di dalam dokumen, model pertama-tama memilih satu topik secara acak berdasarkan distribusi tersebut dan kemudian memilih satu kata secara acak berdasarkan distribusi kata pada topik yang dipilih, yaitu distribusi yang mencakup seluruh kosakata dan digambarkan melalui pemilihan warna pada lingkaran (Blei, 2012).

Bentuk representasi metode LDA disediakan menggunakan *plate notation* sebagai berikut.



Gambar 2. 4 Visualisasi LDA

Sumber : (Setijohatmo et al., 2020).

Berdasarkan visualisasi diatas sesuai dengan penelitian (Setijohatmo et al., 2020), LDA memiliki tiga level utama. Pada level *corpus* terdapat parameter α dan β, di mana α mengatur distribusi topik dalam suatu dokumen semakin besar nilainya, semakin banyak topik yang muncul sedangkan β mengatur penyebaran kata dalam setiap topik, dengan nilai β yang tinggi menghasilkan topik yang berisi lebih banyak kata dan nilai β rendah menghasilkan topik yang lebih spesifik. Pada level dokumen terdapat variabel θ yang menggambarkan distribusi topik dalam dokumen tertentu, di mana nilai θ yang besar menunjukkan dokumen membahas banyak topik dan nilai θ kecil menunjukkan dokumen lebih fokus pada topik tertentu. Pada level kata (N), variabel Z_n menunjukkan topik yang diberikan pada kata tertentu, sementara W_n merupakan kata itu sendiri yang terkait dengan topik yang muncul dalam dokumen (Blei et al., 2003) .

LDA juga dirumuskan seperti berikut (Setijohatmo et al., 2020).:

$$\boldsymbol{p(w,z,\vartheta,\varphi|\alpha,\beta) = p(\varphi|\beta)p(\vartheta|\alpha)p(z|\vartheta)p(w|\varphi_k)}$$

Dalam praktiknya, LDA tidak dapat langsung digunakan karena variabel Z, θ, dan φ bersifat tersembunyi atau tidak diketahui. Selain itu, mencari hubungan antara variabel z

dan kata w juga sulit, karena satu kata bisa terkait dengan dua topik atau lebih. Jika kita mencoba memperkirakan p(Z|W), maka akan muncul permasalahan sebagai berikut:

$$\boldsymbol{p}\left(\overrightarrow{\boldsymbol{z}} \mid \overrightarrow{\boldsymbol{w}}\right) = \frac{\boldsymbol{p}\left(\overrightarrow{\boldsymbol{z}}, \overrightarrow{\boldsymbol{w}}\right)}{\boldsymbol{p}\left(\overrightarrow{\boldsymbol{w}}\right)} = \frac{\prod_{i=1}^{W} \boldsymbol{p}(\boldsymbol{zi}, \boldsymbol{wi})}{\prod_{i=1}^{W} \sum_{k=1}^{K} \boldsymbol{p}(\boldsymbol{zi} = \boldsymbol{k}, \boldsymbol{wi})}$$

Secara umum, LDA menghasilkan beberapa topik yang menggambarkan isi keseluruhan korpus, di mana setiap topik memiliki ciri khas tersendiri dan dapat dipahami secara terpisah (Albalawi et al., 2020). Melalui pendekatan berbasis probabilitas, metode ini menghubungkan dokumen, topik, dan kata sehingga mampu menunjukkan pola tersembunyi yang tidak tampak langsung dalam teks. Dengan menggunakan probabilitas antara hubungan dokumen dengan topik dan topik dengan kata, LDA dapat secara otomatis membangun struktur topik laten dalam kumpulan dokumen (Putra & Kusumawardani, 2017). Oleh karena itu, LDA tidak hanya mengelompokkan dokumen berdasarkan kemiripan tema, tetapi juga menyediakan model yang kuat dan terstruktur untuk memahami isi teks secara lebih mendalam.

2.2.11 *Topic Coherence*

Dalam pemodelan LDA, penentuan jumlah topik yang paling optimal dilakukan dengan melihat nilai *coherence score* pada setiap topik. Topik yang memiliki nilai *coherence score* tertinggi dianggap sebagai topik terbaik karena menunjukkan keterkaitan kata yang lebih baik di dalam topik tersebut (Fernanda, 2021). *Coherence score* sendiri merupakan ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas model dalam menghasilkan kumpulan topik yang saling berhubungan, sehingga semakin tinggi nilai *coherence score*, maka semakin baik kualitas model yang dihasilkan (Narendra, 2022). Perhitungan *topic coherence* juga dapat dilakukan menggunakan rumus tertentu (Qomariyah et al., 2019) adalah sebagai berikut :

$$\boldsymbol{coherence}(\boldsymbol{V}) = \sum_{(\boldsymbol{vi},\boldsymbol{vj}) \in \boldsymbol{V}} \boldsymbol{score}\,(\boldsymbol{vi}, \boldsymbol{vj}, \boldsymbol{\varepsilon})$$

$$\boldsymbol{core}\,(\boldsymbol{vi}, \boldsymbol{vj}, \boldsymbol{\varepsilon}) = \log \frac{\boldsymbol{D}(\boldsymbol{vi}, \boldsymbol{vj}) + \boldsymbol{\varepsilon}}{\boldsymbol{D}(\boldsymbol{vj})}$$

Keterangan:

V = sekumpulan kata yang menjelaskan topik

ε = faktor pemulusan yang menjamin bahwa skor akan kembali menjadi bilangan *real* (asli)

$D(v_i, v_j)$ = jumlah kata v_i dan v_j, i dan j sebagai pembeda dalam urutan kata (misal = kata ke-1 menggunakan v_i dan kata ke-2 menggunakan v_j)

$D(v_j)$ = jumlah kemunculan kata v_j

Menurut (Stevens et al., 2012), nilai ε biasanya ditetapkan sebesar 1 untuk menghindari perhitungan log (0), sehingga tidak memberikan pengaruh pada nilai *topic coherence*. Namun, penggunaan nilai $\varepsilon \leq 1$, misalnya 10^{-12}, dapat menghasilkan performa *topic coherence* yang lebih baik karena mampu menurunkan skor pada kata-kata yang tidak memiliki keterkaitan dengan topik.

2.2.12 *Time Series-Dynamic Analysis*

Time Series analysis merupakan metode analisis yang digunakan untuk memahami bagaimana suatu variabel berubah dari waktu ke waktu dengan melihat keterkaitan antar-data yang saling bergantung (Shumway & Stoo, 2016). *Time Series dynamic analysis* adalah pendekatan yang memakai pemahaman bahwa data yang dicatat secara berkala memiliki hubungan antarperiode, sehingga nilai pada waktu sebelumnya dapat memengaruhi nilai pada waktu selanjutnya atau analisis hubungan sebab-akibat antar periode dan efek dinamika waktu tersebut dengan secara lebih eksplisit dengan membuat model keadaan suatu sistem yang berubah dari waktu ke waktu. Menurut Shumway, pendekatan analisis deret waktu muncul untuk menjawab persoalan keterkaitan antara amtematis dan statistik. Selain itu, pendekatan ini juga menekankan pentingnya memahami bagaimana kejadian pada hari ini dapat memengaruhi apa yang terjadi pada hari berikutnya,

Time Series terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu analisis deret waktu (*Time Series analysis*) dan peramalan deret waktu (*Time Series forecasting*) (Maysofa & Umam Syaliman, 2023). Shumway mengatakan bahwa proses peramalan berdasarkan data *Time Series* melinatkan beberapa langkah penting dan umumnya terdiri dari pola utama yaitu: (1) Tren (*Trend*) yaitu perubahan data dalam jangka panjang yang menunjukkan arah naik atau turun; (2) Musiman (*Seasonality*) yaitu fluktuasi yang berulang pada periode waktu tertentu; (3) Siklus (*Cyclicality*) yaitu perubahan yang tidak teratur dan terjadi pada interval waktu yang tidak tetap, biasanya dipengaruhi faktor ekonomi atau industri; (4) *Noise* yaitu variasi acak yang tidak dapat diprediksi dan tidak mengikuti pola apa pun.

2.2.13 Prinsip *Technology Life Cycle* (TLC)

Technology Life Cycle (TLC) merupakan kerangka konseptual yang digunakan untuk menggambarkan perkembangan suatu teknologi, mulai dari tahap kemunculan hingga mencapai kondisi jenuh atau mengalami penurunan. Dalam proses tersebut, teknologi melewati beberapa tahap yang ditandai oleh perubahan aktivitas inovasi dan tingkat adopsinya. Menurut (Haupt et al., 2007), TLC terdiri atas empat tahap utama, yaitu : (1) *emerging*, yaitu tahap awal ketika teknologi mulai muncul dengan aktivitas inovasi yang masih rendah; (2) *growth*, yaitu tahap pertumbuhan yang ditandai dengan meningkatnya jumlah paten dan aktivitas penelitian; (3) *maturity*, yaitu tahap kematangan ketika teknologi telah banyak diterapkan dalam produk atau proses dan aktivitas inovasinya cenderung stabil; serta (4) *saturation*, yaitu tahap kejenuhan ketika perkembangan inovasi mulai melambat dan teknologi berpotensi memasuki tahap penurunan. (Taylor & Taylor, 2012) menjelaskan bahwa setiap tahap TLC memiliki karakteristik yang berbeda berdasarkan pola aktivitas inovasi, tingkat persaingan, dan tingkat adopsi teknologi di industri. Oleh karena itu, TLC dapat digunakan untuk mengidentifikasi posisi suatu teknologi dalam siklus perkembangannya melalui berbagai indikator bibliometrik, seperti jumlah paten, jumlah sitasi, dan distribusi *assignee*.

2.2.14 Periodisasi Perkembangan Teknologi Motor Listrik (2010–2025)

Untuk menganalisis dinamika tren paten secara *time series*, penelitian ini membagi rentang waktu 2010–2025 menjadi lima periode berdasarkan peristiwa global yang terbukti memengaruhi percepatan atau perubahan arah inovasi motor listrik. Berikut adalah rincian peristiwa yang mendasari setiap periode:

- Periode 1 (20 Juli 2010 – 9 Desember 2012) : Era Kenaikan Paten dan Standarisasi Global Kendaraan Listrik Modern
    a. *Zero Motorcycles* memperoleh paten *Z-Force Battery Interconnect System* dari USPTO (20 Juli 2010): Salah satu tonggak penting perkembangan teknologi motor listrik terjadi pada 20 Juli 2010 ketika Zero Motorcycles memperoleh paten *Z-Force Battery Interconnect System* dari USPTO. Paten ini memperkenalkan metode baru untuk menghubungkan sel baterai menggunakan anyaman tembaga yang dipasang secara mekanis tanpa proses pengelasan atau penyolderan, sehingga baterai menjadi lebih tahan terhadap getaran, memiliki hambatan listrik yang lebih rendah, dan

menggunakan sistem pendinginan udara yang lebih sederhana (TIPO, 2024). Inovasi ini juga menandai awal fase pertumbuhan teknologi motor listrik, karena sebelum tahun 2010 jumlah paten masih relatif sedikit, sedangkan setelahnya aktivitas inovasi dan jumlah paten mulai meningkat secara signifikan (Roadracing World Publicing, 2010).

b. UNECE *Work Programme* (22 Juni 2011) : Pada 22 Juni 2011, *United Nations Economic Commission for Europe* (UNECE) melalui forum WP.29 secara resmi menetapkan kendaraan listrik, termasuk sistem penyimpanan energi listrik (baterai) dan e-mobilitas, sebagai prioritas utama dalam pengembangan regulasi teknis global (UN GTRs).

c. Regulasi UN R100 untuk Perbaikan Teknis (23 Juli 2012): sebagai standarisasi keselamatan global yang mencakup berbagai pengujian keselamatan pada sistem penyimpanan energi isi ulang (REESS), seperti uji getaran, perubahan suhu ekstrem, benturan mekanis, ketahanan terhadap api, serta perlindungan dari korsleting, pengisian berlebih, pengosongan berlebih, dan suhu tinggi. Selain itu, regulasi tersebut juga memperkenalkan berbagai definisi teknis penting terkait baterai dan tingkat pengisian daya (*state of charge*).

d. Proposal dan Adopsi Perluasan UN R100 ke Kategori L (7 Maret 2012 – 9 Desember 2012): Proposal resmi untuk memperluas cakupan UN Regulation No. 100 agar mencakup kendaraan kategori L, seperti sepeda motor listrik, skuter listrik, dan kendaraan roda tiga, diajukan kepada GRSP (*Working Party on Passive Safety)*. Proposal ini menjadi dokumen resmi pertama di tingkat global yang secara khusus membahas standar keselamatan baterai untuk kendaraan roda dua dan roda tiga berbasis listrik, sehingga menjadi langkah penting dalam pengembangan regulasi keselamatan motor listrik.

- <u>Periode 2 (9 Desember 2012 – 4 Agustus 2016) : Era Komersialisasi & Implementasi *Battery Swapping*</u>

a. Paten *swapping Droste* (*priority date*) (7 Maret 2013): Paten *battery swapping* yang diajukan oleh Peter C. Droste pada 7 Maret 2013 merupakan salah satu inovasi awal yang membahas teknologi penukaran baterai otomatis pada kendaraan listrik. Paten ini mengusulkan sistem yang

memungkinkan baterai habis dilepas dari bagian bawah kendaraan dan diganti secara otomatis dengan baterai yang telah terisi penuh saat kendaraan melewati stasiun penukaran. Inovasi tersebut dikembangkan untuk mengatasi lamanya waktu pengisian daya, kemudian dipublikasikan pada 14 Januari 2016 dan memperoleh perlindungan paten di Eropa.

b. *Project LiveWire* diluncurkan (*prototype*) (19 Juni 2014): Tahun 2014 menjadi salah satu tonggak penting dalam perkembangan motor listrik. Pada tahun tersebut, Harley-Davidson memperkenalkan prototipe motor listrik pertamanya, LiveWire, yang menandai masuknya produsen motor konvensional besar ke era kendaraan listrik dan memperkuat posisi motor listrik dalam industri otomotif (Fleming, 2014). Pada tahun yang sama, Zero Motorcycles juga memperoleh STNK pertama untuk motor listriknya di Indonesia, yang menjadi langkah awal dalam mendukung adopsi kendaraan listrik di Indonesia (Saragih, 2014).

c. Komersialisasi Teknologi *Swapping* pada Kendaraan roda dua (25 Juli 2015- 4 Agustus 2016): Pada periode 2015–2016, Gogoro mulai mengirimkan motor listrik kepada pelanggan sekaligus membangun lebih dari 30 stasiun penukaran baterai (*GoStation*) di Taipei sebagai proyek percontohan bersama pemerintah kota. Keberhasilan program ini membuktikan bahwa sistem *battery swapping* dapat diterapkan secara terintegrasi dengan infrastruktur perkotaan dan kemudian menjadi acuan di berbagai kota di Asia dan Eropa. Pada tahun 2016, melalui peluncuran *Gogoro Open Program*, jaringan penukaran baterai mulai dibuka untuk pihak ketiga dan diperluas ke berbagai kota, termasuk Berlin. Pada periode yang sama, konsep *Battery as a Service* (BaaS) juga mulai terbukti layak secara komersial karena pengguna cukup berlangganan layanan energi tanpa harus membeli baterai, sehingga *battery swapping* semakin dikenal sebagai solusi pengisian energi yang cepat, praktis, dan efisien bagi motor listrik (Weintraub, 2016).

- <u>Periode 3 (5 Agustus 2016- 4 Desember 2019) : Era Digitalisasi dan Kecerdasan Buatan pada *Electric Vehicle*</u>

  a. Kemunculan Paten "*Control Moment Gyroscope"* (CMG) (17 Maret 2017): Pada 17 Maret 2017, yang merupakan tanggal *priority date* paten teknologi

CMG (*Control Moment Gyroscope*) untuk kendaraan *self-balancing*, dimulai perkembangan baru dalam industri motor listrik yang tidak lagi hanya berfokus pada sistem penggerak (propulsi), tetapi juga pada penerapan teknologi kecerdasan dan keseimbangan otomatis untuk meningkatkan stabilitas kendaraan.

b. Kemunculan MOTOROiD di Tokyo Motor Show (12 Oktober 2017): *Yamaha Motor Company* memperkenalkan konsep motor listrik MOTOROiD pada Tokyo Motor Show sebagai demonstrasi teknologi masa depan. Motor ini mampu berdiri sendiri tanpa penyangga, mengenali pemiliknya menggunakan teknologi kecerdasan buatan (*artificial intelligence*/AI), serta menjaga keseimbangan secara otomatis melalui *Active Mass Center Control System*. Peluncuran MOTOROiD menjadi tonggak penting karena menunjukkan salah satu penerapan AI yang terintegrasi dalam pengembangan motor listrik (Iwata, 2017).
c. Regulasi UN GTR 20 (3 Mei 2018): Regulasi ini mengatur standar keselamatan untuk sistem penyimpanan energi (baterai) kendaraan listrik, termasuk aspek perlindungan sengatan listrik, keselamatan baterai saat digunakan dan pasca tabrakan menjadi pondasi bagi standar nasional berbagai negara.
d. Komersialisasi produk *LiveWire* (7 Januari 2019): pada ajang *Consumer Electronics Show* (CES) 2019 di Las Vegas, Harley-Davidson memperkenalkan motor listrik pertamanya, *LiveWire,* yang menawarkan performa tinggi serta dilengkapi fitur *H-D Connect* untuk memantau kondisi baterai, sisa jarak tempuh, dan lokasi kendaraan melalui *smartphone*. Peluncuran ini menjadi tonggak penting karena menandai masuknya Harley-Davidson ke pasar motor listrik sekaligus menunjukkan semakin kuatnya transisi industri sepeda motor menuju era elektrifikasi (Wren, 2019).
e. Damon *Motorcycles* Memperkenalkan Sistem Peringatan Cerdas Berbasis AI (10 Juli & 4 Desember 2019): Pada 10 Juli 2019, perusahaan rintisan asal Kanada, Damon Motorcycles, memperkenalkan motor listrik pintar *Hypersport Pro* pada ajang *TechCrunch Sessions: Mobility* di San Jose, California. Motor ini dilengkapi sistem keselamatan berbasis kecerdasan

buatan (AI) bernama *Advanced Warning System for Motorcycles* (AWSM) yang telah dipatenkan (Damon Motorcycles, 2019). Selanjutnya, pada 4 Desember 2019, Damon mengumumkan spesifikasi lengkap Hypersport Pro menjelang peluncurannya di *Consumer Electronics Show* 2020. Kehadiran motor ini menjadi salah satu tonggak penting dalam perkembangan motor listrik karena termasuk pelopor penerapan AI untuk meningkatkan keselamatan berkendara, dengan kemampuan mendeteksi hingga 64 objek di sekitar kendaraan dan memberikan peringatan dini kepada pengendara melalui getaran pada stang.

- Periode 4 (5 Desember 2019 - 5 Mei 2023): Era Pandemi Global dan Percepatan Adopsi *Electric Vehicle*
    a. Pandemi Covid-19 (11 Maret 2020- 5 Mei 2023): Pandemi Covid-19 diawali dengan ditemukannya kasus pertama virus corona di Wuhan, China, pada 31 Desember 2019 dan secara resmi dinyatakan sebagai pandemi oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pada 11 Maret 2020. Pandemi ini mengubah pola mobilitas masyarakat di berbagai negara, yang cenderung mengurangi penggunaan transportasi umum dan beralih ke kendaraan pribadi. Di Indonesia, kondisi tersebut turut mendorong peningkatan adopsi motor listrik seiring tingginya kebutuhan masyarakat terhadap transportasi. Era pandemi kemudian berakhir setelah WHO mencabut status darurat kesehatan global pada 5 Mei 2023.
    b. Regulasi UN-GTR No. 21 (DEVP) (11 November 2020): Pada 11 November 2020, UNECE melalui forum WP.29 mengadopsi UN GTR No. 21 tentang *Determination of Electrified Vehicle Power* (DEVP), yang kemudian resmi dimasukkan ke dalam *Global Registry* pada 18 Januari 2021. Regulasi ini menetapkan standar global untuk mengukur total tenaga kendaraan listrik dan hibrida, terutama kendaraan yang menggunakan lebih dari satu motor.
    c. Kemunculan Prototipe Motor Listrik MotoE oleh Ducati (21 Desember 2021): Di tengah pandemi Covid-19, Ducati memperkenalkan prototipe motor listrik balap pertamanya, V21L, yang mulai digunakan sebagai motor resmi tunggal pada ajang FIM Enel MotoE World Cup musim 2023. Peluncuran ini menjadi tonggak penting karena menandai keterlibatan salah

satu produsen sepeda motor besar dalam pengembangan kendaraan listrik melalui ajang balap sebagai sarana pengujian teknologi untuk motor listrik komersial di masa depan. Kondisi ini menunjukkan bahwa transisi industri menuju elektrifikasi tetap berlangsung dan bahkan semakin cepat meskipun berada di tengah pandemi (HT Auto Desk, 2022).

d. Regulasi Euro 5 (1 Januari 2020 & 1 Januari 2021): Regulasi ini menetapkan batas emisi yang lebih ketat terhadap hidrokarbon, karbon monoksida, nitrogen oksida (NOx), dan partikulat (PM), sehingga mendorong produsen mempercepat pengembangan dan produksi motor listrik sebagai alternatif kendaraan yang lebih ramah lingkungan.

- Periode 5 (6 Mei 2023- 31 Desember 2025): Era Kematangan Teknologi *Electric Vehicle* dan Peningkatan Persaingan Global

  a. Regulasi UN R155 (26 Januari 2024): Kelompok Kerja Kendaraan Terhubung dan Otomatis (GRVA) di bawah United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) memutuskan untuk memperluas cakupan Regulasi PBB No. 155 tentang keamanan siber agar mencakup kendaraan kategori L, seperti sepeda motor, skuter, dan sepeda listrik berkecepatan di atas 25 km/jam. Usulan tersebut diajukan kepada WP.29 pada Juni 2024 sebagai upaya memperkuat standar keamanan siber seiring semakin luasnya penerapan teknologi digital pada kendaraan roda dua.

  b. Regulasi UN R136 01 *Series* (1 September 2025): Amandemen 01 Series UN R136 merupakan pembaruan regulasi internasional yang mengatur standar keselamatan sistem kelistrikan tegangan tinggi dan baterai (*Rechargeable Electrical Energy Storage System* atau REESS) pada kendaraan listrik kategori L, seperti sepeda motor, skuter, dan kendaraan roda tiga. Regulasi ini menetapkan berbagai persyaratan keselamatan, termasuk uji arus lebih (*over current test*), untuk mengurangi risiko korsleting, kerusakan sistem, dan kebakaran pada kendaraan listrik.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah motor listrik yang tercakup dalam dokumen paten global. Agar lebih spesifik dan terukur, objek penelitian didefinisikan berdasarkan jenis motor listrik yang menjadi kata kunci pencarian (*keyword*) saat proses *scraping* data paten. Jenis-jenis kendaraan listrik yang dimaksud meliputi:

Tabel 3. 1 Jenis Motor Listrik menggunakan *Keyword*

Kategori Motor Listrik	**Keterangan Jenis Motor Listrik**	**Kata Kunci Pencarian (*Keyword*)**
Motor listrik murni	Kendaraan yang berfokus rancangan awalnya memang dibuat menjadi sebuah kendaraan listrik	- *"electric motorcycle"* - "*electric motorbike*" - "*electric motorbike technology*" - "*electric drive motorcycle*" - *"purpose-built electric motorcycle"* - *"straddle-type electric vehicle"* - *"saddle-ride type electric vehicle"*
Motor listrik performa tinggi	Motor listrik yang dirancang untuk menghasilkan tenaga besar. Berfokus pada peningkatan kemampuan EV.	- "*high-performance electric motorcycle"* - *"electric sportbike*" - *"electric superbike"* - *"racing electric motorcycle"* - *"electric racing motorcycle"* - *"electric motorcycle high torque"* - *"electric motorcycle high power"* - *"electric motorcycle racing"*
Motor listrik dengan sistem	Motor listrik yang baterainya dapat dilepas dan ditukar dengan baterai yang	- "*electric motorcycle swappable battery"*

Kategori Motor Listrik	Keterangan Jenis Motor Listrik	Kata Kunci Pencarian (*Keyword*)
swappable battery	sudah terisi penuh bertujuan untuk mengurangi waktu tunggu pegisian daya.	- *"battery exchange system motorcycle"* - "*swappable battery electric motorcycle"* - *"battery swap motorcycle"* - *"removable battery motorcycle"* - *"hot-swappable battery motorcycle"* - *"battery-as-a-service motorcycle"* - *"electric motorcycle detachable battery"*
Motor listrik dengan teknologi *retrofit*	Berfokus pada konversi motor berbahan bakar bensin menjadi motor listrik dengan mengganti sistem geraknya sehingga kendaraan lama akan tetap digunakan tanpa membuat baru dari awal.	- *"electric motorcycle retrofit kit"* - *"conversion system motorcycle"* - *"electric conversion kit motorcycle"* - *"retrofit electric drive apparatus"* - *"motorcycle retrofit EV kit"* - *"DIY electric motorcycle conversion"* - *"Electric Powertrain retrofit motorcycle"* - *"motorcycle engine to electric conversion"*

3.2 Subjek Penelitian

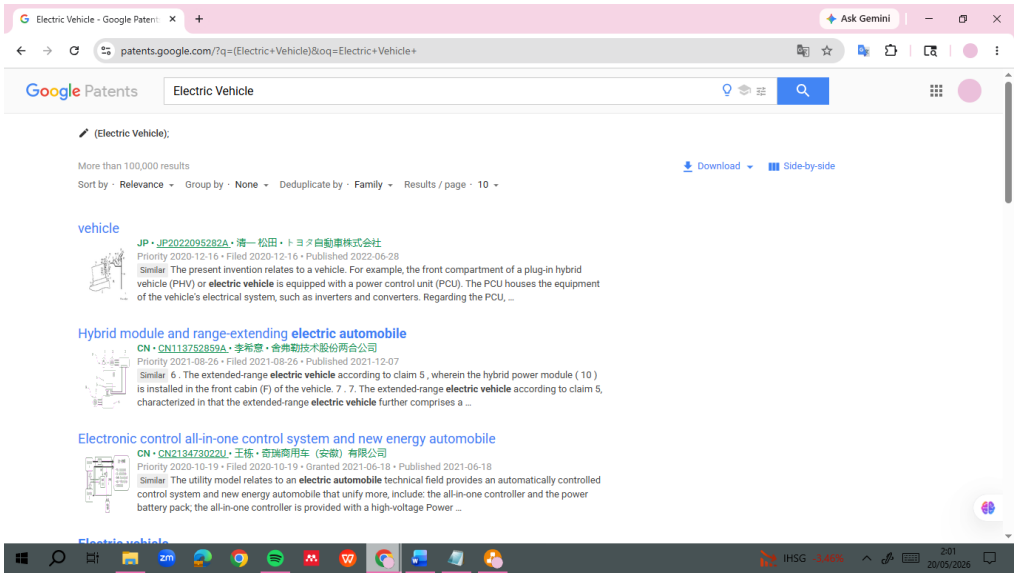
Subjek pada penelitian ini adalah pihak yang mengembangkan teknologi kendaraan motor listrik dan yang mendaftarkan teknologi tersebut ke paten atau pihak yang mengajukan dokumen paten (*assignee*). Pihak-pihak tersebut dapat meliputi:

- Perusahaan swasta nasional maupun multinasional, misalnya LG Chemical Ltd, LG *Energy Solution*, Honda Motor Co Ltd, Toyota Motor Corp, Hyundai Motor Co Ltd, Nissan Motor, Bayerische Motoren Werke AG/ BMW, BYD Co Ltd, GM *Global Tech Operations* LLC dan lainnya.
- Lembaga penelitian atau universitas di dunia, misalnya *Tsinghua University*, *Central South University*, *Beijing Institute of Technology, Harbin Institute of Technology, Dalian Institute of Chemical Physics* (CAS), *California Institute of Technology*, *Korea University Research and Business Foundation* dan lain sebagainya
- Individu yaitu penemu yang mendaftarkan paten secara pribadi, misalnya Du Guiju, Tong Yui Lung, Vismara Mario Andrea, Takahashi Kenzo, Rochlani Vijay, Rothschild Michael Benn, Miskiewicz Marek dan lainnya
- Instansi pemerintah atau konsorsium, yaitu gabungan beberapa lembaga yang bekerja sama, misalnya *State Grid Corporation of China* sebagai contoh BUMN dengan paten kolaborasi multi-lembaga,dan konsorsium swasta seperti Hyundai Motor dengan Kia Motors, *Tsinghua University* dengan Foxconn (*Hon Hai Technology Group*), *Atlas Copco Airpower* NV dengan *Vrije Universiteit Brussel* dan lain sebagainya.

3.3 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder, yaitu dokumen paten di web resmi *Google Patents* yaitu https://patents.*Google*.com/. Adapun alasan pemilihan *Google Patents* karena:

1. Gratis dan akses terbuka atau tanpa biaya berlangganan.
2. Cakupannya dokumen global yang mencakup lebih dari 100 juta dokumen paten dari berbagai kantor paten dunia (USPTO, EPO, JPO, CNIPA, dll.).
3. Fitur pencariannya mendukung dengan berdasakan pencarian kata kunci, rentang tahun, kode IPC/CPC, dan negara asal.
4. Menyediakan terjemahan otomatis sehingga memudahkan analisis dokumen paten dari berbagai variasi bahasa di dunia.



Gambar 3. 1 Tampilan pencarian *Google Patents*

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui *Scrapping* dengan menggunakan *BigQuery* pada *Google Cloud*. Penjelasan metode pengumpulan data adalah sebagai berikut:

1) Penentuan *keyword* (kata kunci)

   Berdasarkan objek penelitian, penyusunan daftar kata kunci melihat dari jenis kendaraan listrik itu sendiri seperti pada tabel 3.1. Kata kunci tersebut adalah : *"electric motorcycle"*, "*electric motorbike*", "*electric motorbike technology*", "*electric drive motorcycle*", *"purpose-built electric motorcycle"*, *"straddle-type electric vehicle"*, *"saddle-ride type electric vehicle"*, "*high-performance electric motorcycle"*, *"electric sportbike*", *"electric superbike"*, *"racing electric motorcycle"*, *"electric racing motorcycle"*, *"electric motorcycle high torque"*, *"electric motorcycle high power"*, *"electric motorcycle racing"*, *"electric motorcycle swappable battery"*, *"battery exchange system motorcycle"*, "*swappable battery electric motorcycle"*, *"battery swap motorcycle"*, *"removable battery motorcycle"*, *"hot-swappable battery motorcycle"*, *"battery-as-a-service motorcycle"*, *"electric motorcycle detachable battery"*, *"electric motorcycle retrofit kit"*, *"conversion system motorcycle"*, *"electric conversion kit motorcycle"*, *"retrofit electric drive apparatus"*, *"motorcycle retrofit EV kit"*, *"DIY electric motorcycle conversion"*, *"Electric Powertrain retrofit motorcycle"*, *"motorcycle engine to electric conversion"*

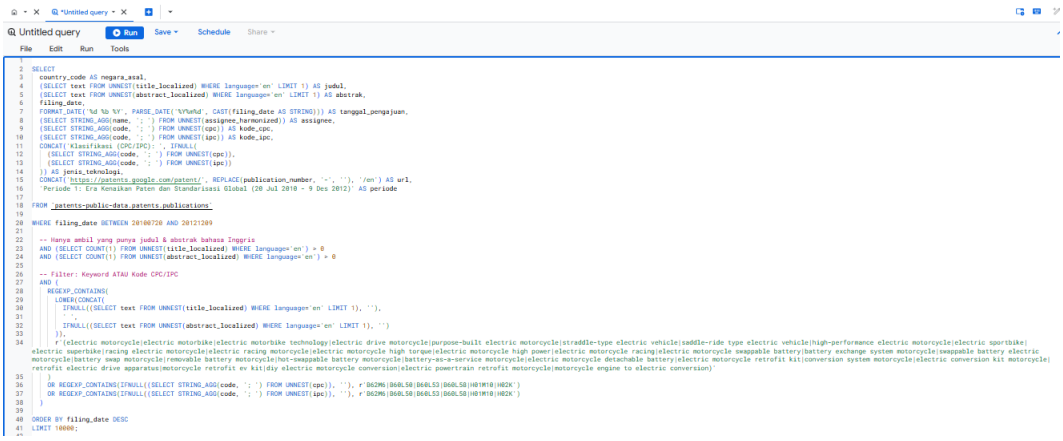
2) Pembagian periode waktu

Waktu ditentukan pada rentang tahun 2010-2025 yaitu dimulai dari 20 Juli 2010 hingga 31 Desember 2025. Adapun pembagian periodenya sebagai berikut :

- Periode 1 (20 Juli 2010 - 9 Desember 2012) : Era Kenaikan Paten dan Standarisasi Global Kendaraan Listrik Modern
- Periode 2 (10 Desember 2012 - 4 Agustus 2016) : Era Komersialisasi & Implementasi *Battery Swapping*
- Periode 3 (5 Agustus 2016 - 4 Desember 2019): Era Digitalisasi dan Kecerdasan Buatan pada *Electric Vehicle*
- Periode 4 (5 Desember 2019 - 5 Mei 2023): Era Pandemi Global dan Percepatan Adopsi *Electric Vehicle*
- Periode 5 (6 Mei 2023 - 31 Desember 2025): Era Kematangan Teknologi *Electric Vehicle* dan Peningkatan Persaingan Global

3) Tahap *Scrapping*

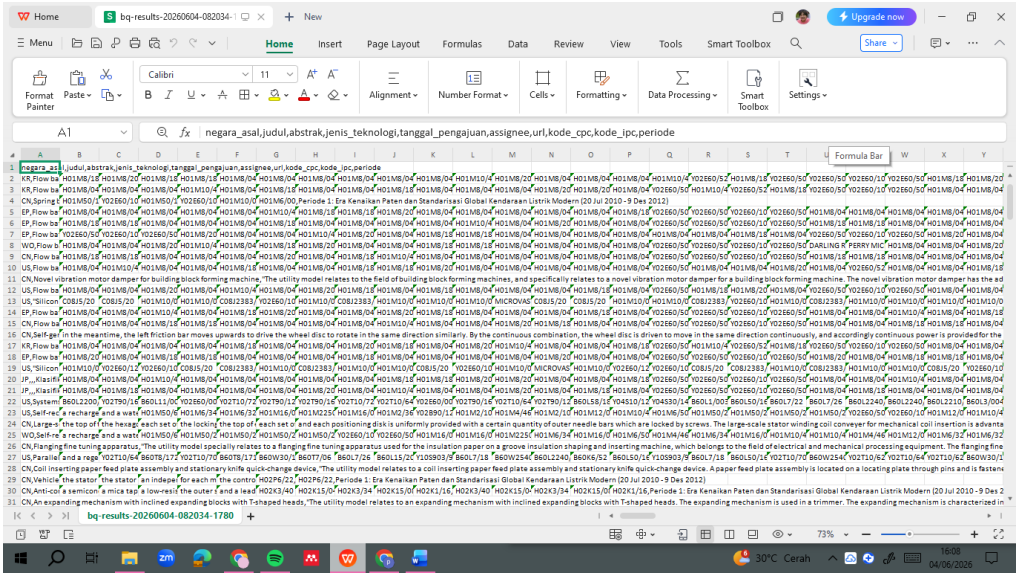
Data yang dikumpulkan dari setiap dokumen paten meliputi informasi yakni: *title, abstract*, negara asal, jenis teknologi, tahun pengajuan, *assignee*, URL. Kode CPC/IPC (opsional). Adapun perintah untuk melakukan *Scrapping* dokumen data paten seperti berikut:



Gambar 3. 2 Tahapan *Scrapping Google Patents*

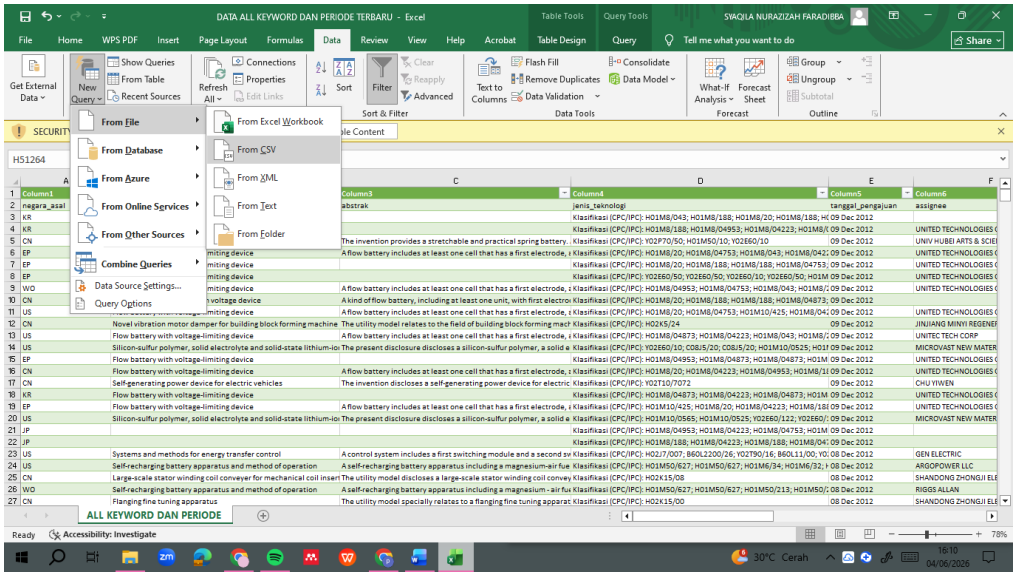
4) Tahap penyimpanan data

Data yang sudah muncul di *query Google Cloud* akan disimpan dalam format CSV yang juga akan tersimpan di *Google Drive* dan kemudian di download untuk masuk ke dokumen kita tetapi bentuk dari file CSV sendiri masih acak dan tidak rapi sehingga membingungkan peneliti. Seperti pada gambar berikut



Gambar 3. 3 Data dalam Format CSV

Kemudian, format file yang masih dalam bentuk CSV, kita pindahkan ke dalam excel dengan menggunakan fitur excel sendiri yaitu *Data – NewQuery- FromFile -From CSV*, dan kemudian data yang semulanya masih acak dapat tersusun dengan rapi per kolom dan mudah dibaca. Seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. 4 Data dalam Format Excel

3.5 Metode Pengolahan Data

Setelah melakukan tahapan *Scrapping* data paten dengan bantuan *Microsoft Excel* dan *BigQuery* pada *platform Google Cloud.* Maka selanjutnya adalah tahapan mengolah data. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

3.5.1 Tahapan *Cleaning* (Pembersihan)

Sebelum pemodelan LDA, seluruh dokumen paten terlebih dahulu akan di bersikan terlebih dahulu karna pada data dari puluhan ribu dokumen paten yang kompleks setelah melalui tahapan *Scrapping* pun masih banyak ditemukannya data yang null (kosong) ataupun memiliki format *text* yang beragam dan tidak sesuai pada tempatnya

3.5.2 Tahapan *pre-processing*

Pra-pemrosesan teks (*pre-processing*) merupakan tahap pembersihan dan persiapan data teks sebelum dimasukkan ke dalam model LDA yang dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python* pada *Google Colab*. Urutan langkah *Pre-processing* adalah sebagai berikut:

1) *Case Folding,* yaitu mengubah semua huruf menjadi huruf kecil (*lowercase*).
2) *Remove Punctuation & Numbers,* yaitu menghapus tanda baca (titik, koma, tanda tanya, dll.) serta angka.
3) *Stopwords Removal,* yaitu menghapus kata-kata umum yang tidak memiliki makna penting (kata sambung, kata depan, kata ganti) menggunakan pustaka nltk.corpus.stopwords untuk bahasa Inggris.
4) *Tokenization ,* yaitu memecah teks menjadi kata per kata (token).
5) *Lemmatization,* yaitu mengubah kata ke bentuk dasarnya (lemma) berdasarkan kamus dan konteks tata bahasa

3.5.3 Pembobotan TF-IDF

Setelah *pre-processing*, Setelah tahap *pre-processing*, dilakukan pembobotan kata menggunakan metode TF-IDF (*Term Frequency–Inverse Document Frequency*) untuk *filtering* kata penting dan eksplorasi fitur. Berikut merupakan kode pemrograman untuk pembobotan TF-IDF:

```
from sklearn.feature_extraction.text import TfidfVectorizer

tfidf = TfidfVectorizer(
    max_features=5000,
    max_df=0.7,
    min_df=2
)

tfidf_matrix = tfidf.fit_transform(df["lemma_text"])
```

Gambar 3. 5 Perintah Pembobotan TF-IDF

Pembobotan TF-IDF dilakukan menggunakan *TfidfVectorizer* dari pustaka *scikit-learn.* Dokumen hasil *pre-processing* (lemma_text) diubah menjadi matriks TF-IDF dengan parameter *max_features*=5000, *max_df*=0.7, dan *min_df*=2 untuk membatasi jumlah fitur,

menghilangkan kata yang terlalu sering muncul, serta mengabaikan kata yang hanya muncul pada satu dokumen. Hasil pembobotan ini digunakan sebagai analisis pendukung untuk mengidentifikasi kata-kata yang paling representatif pada korpus.

3.6 Metode Analisis Data

Selanjutnya, setelah data siap, maka akan melalui tahapan analisis data. Adpaun langkah-langkah dalam metode analisis data adalah sebagai berikut :

3.6.1 Penentuan Jumlah Topik Optimal *(Coherence Score)*

Sebelum melakukan pemodelan topik dengan LDA, terlebih dahulu ditentukan jumlah topik (K) yang paling optimal untuk masing-masing periode. Jumlah topik yang terlalu sedikit akan membuat topik terlalu umum dan kehilangan informasi penting, sedangkan jumlah topik yang terlalu banyak akan menghasilkan topik yang terlalu spesifik dan sulit diinterpretasi. Metode yang digunakan untuk menentukan jumlah topik optimal adalah *Coherence Score*. *Coherence score* mengukur seberapa sering kata-kata dalam suatu topik muncul bersama dalam dokumen yang sama. Semakin tinggi *coherence score*, semakin baik kualitas topik yang dihasilkan. Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1) Untuk setiap jumlah topik (K) yang diuji dimulai dari 10 hingga 30 topik pada masing-masing periode.
2) Menghitung *coherence score* untuk setiap model LDA yang dihasilkan menggunakan metrik *c_v*
3) Memilih jumlah topik yang memiliki *coherence score* tertinggi sebagai jumlah topik optimal untuk periode tersebut

3.6.2 Pemodelan Topik dengan LDA

Pemodelan dilakukan secara terpisah pada setiap periode menggunakan korpus hasil *pre-processing* untuk mengidentifikasi topik-topik teknologi yang dominan pada dokumen paten motor listrik. Implementasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python pada lingkungan *Google Colab.*

Adapun tahapan pemodelan LDA adalah sebagai berikut.

1. Menyusun *dictionary* dan *corpus* dari hasil *pre-processing* sebagai masukan model LDA.
2. Membangun model LDA menggunakan jumlah topik (*K*) yang telah ditentukan berdasarkan nilai *Coherence Score* tertinggi.

3. Menentukan parameter model, yaitu *random state = 42, passes = 5, iterations = 100, serta alpha = auto dan eta = auto.*
4. Menjalankan proses pemodelan hingga menghasilkan distribusi probabilitas kata pada setiap topik dan distribusi probabilitas topik pada setiap dokumen.
5. Menginterpretasikan hasil pemodelan dengan memberikan label pada setiap topik berdasarkan kata-kata yang memiliki probabilitas tertinggi.

3.6.3 Analisis *Time Series* dan Dinamika Tren

Setelah topik-topik teknologi berhasil diidentifikasi untuk setiap periode, langkah berikutnya adalah menganalisis perubahan tren teknologi dari waktu ke waktu menggunakan pendekatan analisis deret waktu *(Time Series analysis)*. Langkah-langkah analisis yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1) Menghitung proporsi kemunculan setiap topik pada masing-masing periode berdasarkan hasil pemodelan LDA.
2) Melakukan normalisasi nilai proporsi menggunakan metode *Min-Max Normalization* agar nilai antarperiode dapat dibandingkan.

```
scaler = MinMaxScaler()
topic_norm = pd.DataFrame(
    scaler.fit_transform(topic_means.T).T,
    index=topic_means.index,
    columns=topic_means.columns
)
```

Gambar 3. 6 Kode perintah *Min-Max Normalization*

3) Menentukan topik prioritas berdasarkan nilai normalisasi ≥ 0,5.

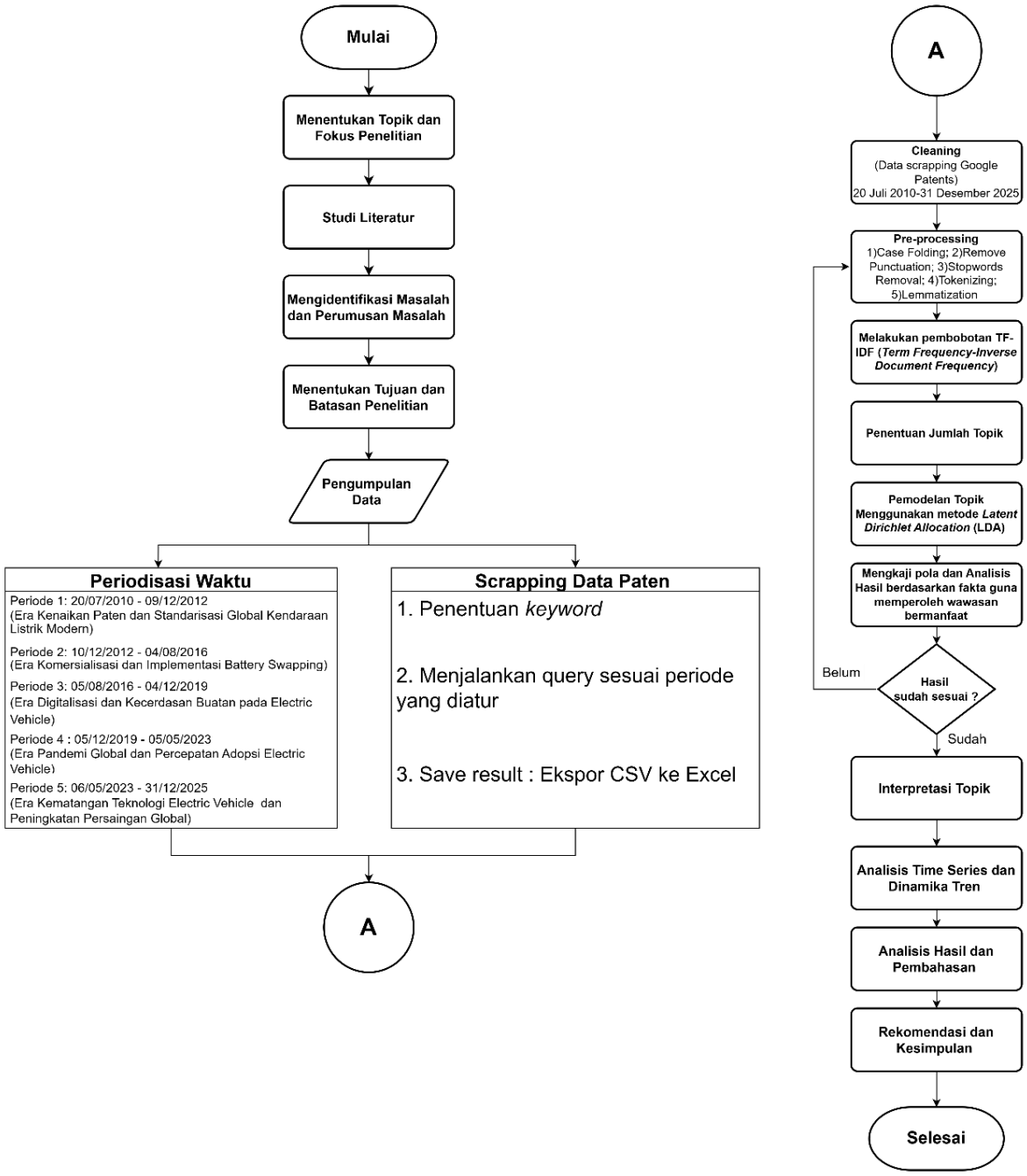
```
priority_topics = [
    col for col in topic_norm.columns
    if (topic_norm[col] > 0.5).any()
]
```

Gambar 3. 7 Kode Perintah Penentuan Topik Prioritas

4) Membuat grafik *time series* untuk mengetahui perkembangan setiap topik prioritas.
5) Mengidentifikasi pola perkembangan setiap topik, seperti meningkat (*growth*), stabil (*stable*), menurun (*declining*), berfluktuasi (*fluctuating*), maupun topik baru (*emerging*).

3.7 Alur Penelitian

Berikut merupakan tahapan alur dari penelitian ini yang disajikan pada Gambar 3.8



Gambar 3. 8 Alur Penelitian

Keterangan dari tahapan alur penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mulai
2. Menentukan topik penelitian

   Peneliti terlebih dahulu menentukan topik penelitian yang akan diambil dan diteliti.
3. Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka mengenai perkembangan motor listrik, dokumen paten, metode *Latent Dirichlet Allocation* (LDA), dan *Time Series-Dynamic Analysis* sebagai dasar penyusunan penelitian.

4. Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah

   Mengidentifikasi permasalahan penelitian berdasarkan hasil studi literatur, kemudian menyusun rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan batasan penelitian.

5. Menentukan tujuan dan batasan penelitian

   Menentukan tujuan penelitian serta menetapkan ruang lingkup penelitian agar proses penelitian lebih terarah.

6. Pengumpulan Data

   Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut.

   1) Menentukan periode penelitian tahun 2010–2025 berdasarkan peristiwa global yang memengaruhi perkembangan teknologi motor listrik.
   2) Menentukan *keyword* pencarian sesuai objek penelitian.
   3) Melakukan *scraping* data paten menggunakan *BigQuery* pada *Google Cloud.*
   4) Mengambil informasi berupa *title, abstract, filing date, country, assignee,* IPC/CPC, dan URL.
   5) Menyimpan hasil *scraping* dalam format CSV kemudian mengimpor data ke Microsoft Excel untuk merapikan struktur data.

7. Tahapan *Cleaning*

   Sebelum pemodelan LDA, seluruh dokumen paten terlebih dahulu akan di bersihkan terlebih dahulu karna pada data dari puluhan ribu dokumen paten yang kompleks setelah melalui tahapan *Scrapping* pun masih banyak ditemukannya data yang *null* (kosong) ataupun memiliki format *text* yang beragam dan tidak sesuai pada tempatnya.

8. Tahapan *Pre-processing*

   Tahapan ini bertujuan membersihkan teks dari elemen yang tidak relevan agar data menjadi seragam dan siap diproses secara numerik. Langkah-langkah yang dilakukan menggunakan bahasa *phyton* di *Google Colab* meliputi *case folding*, *remove punctuation and numbers*, *stopwords removal*, *tokenization*, dan *lemmatization* untuk menghasilkan data teks yang bersih.

9. Pembobotan TF-IDF

Mengubah hasil *pre-processing* menjadi matriks TF-IDF sebagai representasi numerik dokumen yang digunakan sebagai masukan pada proses pemodelan topik.

10. Penentuan Jumlah Topik

    Menentukan jumlah topik terbaik menggunakan *Coherence Score* dengan menguji jumlah topik (K) dari 10 hingga 30 pada setiap periode, kemudian memilih nilai *coherence* tertinggi sebagai jumlah topik optimal.

11. Pemodelan Topik dengan LDA

    Melakukan pemodelan topik menggunakan metode LDA pada masing-masing periode untuk memperoleh distribusi topik dan kata-kata penyusun setiap topik teknologi.

12. Interpretasi Topik

    Memberikan label pada setiap topik berdasarkan kata-kata yang memiliki probabilitas tertinggi sehingga diperoleh kelompok teknologi yang mudah dipahami.

13. Analisis *Time Series* dan Dinamika Tren

    Menganalisis perkembangan topik teknologi antarperiode dengan menghitung proporsi topik, melakukan normalisasi *Min-Max*, menentukan topik prioritas, serta mengidentifikasi pola tren perkembangan teknologi.

14. Analisis Hasil dan Pembahasan

    Menginterpretasikan hasil pemodelan LDA dan analisis *Time Series-Dynamic* untuk menjelaskan topik teknologi dominan, dinamika perkembangannya, serta keterkaitannya dengan peristiwa global.

15. Rekomendasi dan Kesimpulan

    Menyusun rekomendasi yaitu *framework* sebagai bentuk akhir dan pendetailan teknis menggunakan bigram dan trigram *analysis* untuk mengetahui arah pengembangan teknologi motor listrik dengan berdasarkan hasil analisis serta menarik kesimpulan penelitian.

16. Selesai

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan melalui proses *scraping* menggunakan *Google BigQuery* terhadap basis data *Google Patents* dengan memanfaatkan kata kunci (*keyword*) yang telah ditentukan pada Bab III. Proses ini menghasilkan kumpulan dokumen paten yang kemudian melalui tahap seleksi dan *cleaning* untuk menghilangkan data yang tidak sesuai dengan kriteria penelitian, sehingga diperoleh dataset akhir yang siap digunakan pada tahap analisis berikutnya. Pada bagian ini disajikan hasil pengumpulan data yang meliputi jumlah dokumen hasil *scraping*, distribusi data awal, proses seleksi dan *cleaning* dataset, serta karakteristik dataset akhir yang digunakan dalam penelitian.

4.1.1 Hasil *Scrapping* per Periode

Berdasarkan proses *scraping* tersebut yang dilakukan per periode dengan informasi yang diambil dari setiap dokumen meliputi *title* (judul), *abstract* (abstrak), *filing date* (tanggal pengajuan), *country* (negara asal), *assignee* (pemohon paten), *url* (tautan dokumen), serta kode klasifikasi IPC/CPC. Rentang waktu pengambilan data dibatasi dari 20 Juli 2010 hingga 31 Desember 2025, yang kemudian dibagi menjadi lima periode berdasarkan peristiwa global yang memengaruhi percepatan inovasi motor listrik. Adapun data mentah (*raw data*) yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data Mentah (*Raw Data*)

Periodisasi	Data Mentah *(Raw Data)*
Periode 1 (2010-2012)	223.886
Periode 2 (2012-2016)	210.503
Periode 3 (2016-2019)	27.702
Periode 4 (2019-2023)	735.385
Periode 5 (2023-2025)	158.573
TOTAL	**1.356.049**

Data ini kemudian melalui tahap pembersihan (*cleaning*) untuk menghilangkan data yang tidak layak.

4.1.2 Hasil Pembersihan Data (*Cleaning*)

Tahapan *cleaning* atau pembersihan data dilakukan untuk memperoleh dokumen yang layak analisis pada setiap periode. Pembersihan data dilakukan dengan menghilangkan data yang tidak layak seperti data yang kosong atau *missing value*, data duplikat, judul

dan abstrak yang tidak berbahasa inggris. Sehingga, data final yang diperoleh hasil pembersihan (*cleaning*) pada setiap periode adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Data Final

Periodisasi	Data Mentah *(Raw Data)*	Data Dihapus	Data Akhir
Periode 1 (2010-2012)	223.886	113.418	110.468
Periode 2 (2012-2016)	210.503	77.060	133.443
Periode 3 (2016-2019)	27.702	12.830	14.872
Periode 4 (2019-2023)	735.385	493.619	241.766
Periode 5 (2023-2025)	158.573	110.012	48.561
TOTAL	**1.356.049**	**806.939**	**549.110**

Setelah melalui tahap pembersihan, diperoleh dokumen yang layak dianalisis untuk masing-masing lima periode untuk kemudian dilanjutkan ke tahapan pengolahan data meliputi periode 1 sebanyak 110.464 dokumen periode 2 sebanyak 133.443 dokumen, periode 3 sebanyak 14.872 dokumen, periode 4 sebanyak 241.766 dokumen, dan periode 5 sebanyak 48.561 dokumen.

4.2 Pengolahan Data

Pada bagian ini diuraikan hasil dari pengolahan data sesuai dengan tahapan yang telah diuraikan pada Bab III Metode Penelitian. Gambar atau tabel yang dipaparkan diberikan penjelasan. Pada bagian ini belum dilakukan analisa terhadap hasil dari pengolahan data.

4.2.1 Pra-Pemrosesan Data (*Pre-processing*)

Tahap *pre-processing* dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python* di Google Colab untuk mengubah data paten menjadi lebih terstruktur sehingga siap digunakan pada proses pemodelan topik. Proses ini diterapkan secara konsisten pada seluruh dokumen paten di lima periode penelitian dan hanya berfokus pada informasi judul serta abstrak. Sebelum melalui tahapan *pre-processing ini*, data hasil *cleaning* terlebih dahulu dibaca menggunakan *library Pandas* di *Google Colab*. Rangkaian proses *pre-processing* ini bertujuan menghasilkan teks yang lebih bersih, konsisten, dan siap digunakan pada tahap pemodelan topik. Berikut merupakan langkah yang dilakukan dalam *Pre-processing* data:

a. *Case Folding*

Case folding merupakan tahap awal dalam *pre-processing* yang bertujuan menyeragamkan seluruh huruf pada teks menjadi huruf kecil (*lowercase*). Pada penelitian ini, proses dilakukan menggunakan method *lower*() pada Python terhadap

teks hasil penggabungan kolom judul dan abstrak yang telah melalui tahap *cleaning*. Tahap ini penting untuk memastikan kata yang sama tetapi ditulis dengan perbedaan huruf kapital tidak dianggap sebagai kata yang berbeda oleh sistem, sehingga menghasilkan data yang lebih konsisten dan meningkatkan kualitas analisis topik. Hasil dari *case folding* yaitu sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Hasil *Case Folding*

Sebelum	Sesudah
Power transmission device e.g. gear box, for electric motor of e.g. electric vehicle, has housing enclosing conductive graphite particles-enriched lubricating oil adapted to establish electrical contact between shafts, and housing. **T**he device (100) has a housing (104) adapted to be connected to an electrical ground. **A**n input shaft (101) is adapted to be rotated by an electric motor (200). **A** countershaft (102) and a differential shaft (103) are adapted to mechanically cooperate with the input shaft. **T**he shafts are partially placed inside the housing. **T**he housing encloses conductive graphite particles e.g. amorphous graphite particles,-enriched lubricating oil adapted to establish electrical contact between the shafts, and the housing. **B**all bearings (400) rotatably mount the shafts in the housing. **I**ndependent claims are also included for the following: (1) an assembly (2) a method for manufacturing a power transmission device.	**power** transmission device e.g. gear box, for electric motor of e.g. electric vehicle, has housing enclosing conductive graphite particles-enriched lubricating oil adapted to establish electrical contact between shafts, and housing. **the** device (100) has a housing (104) adapted to be connected to an electrical ground. **an** input shaft (101) is adapted to be rotated by an electric motor (200). **a** countershaft (102) and a differential shaft (103) are adapted to mechanically cooperate with the input shaft. **the** shafts are partially placed inside the housing. **the** housing encloses conductive graphite particles e.g. amorphous graphite particles,-enriched lubricating oil adapted to establish electrical contact between the shafts, and the housing. **ball** bearings (400) rotatably mount the shafts in the housing. **independent** claims are also included for the following: (1) an assembly (2) a method for manufacturing a power transmission device.

b. *Remove Punctuation and Number*

Tahap selanjutnya adalah menghapus tanda baca, angka, dan simbol khusus yang tidak memiliki makna semantik dalam analisis teks. Dokumen paten umumnya mengandung berbagai karakter non-alfabet yang dapat menjadi *noise* dan memengaruhi hasil analisis. Oleh karena itu, proses ini dilakukan menggunakan modul *regular expression* (*re*) pada *Python* untuk mempertahankan huruf alfabet (A–Z) dan spasi, sedangkan karakter lainnya dihapus. Hasilnya, data teks menjadi lebih bersih dan hanya berisi kata-kata yang relevan untuk merepresentasikan isi dokumen paten. Berikut merupakan hasil dari *remove punctuation and number*:

Tabel 4. 4 Hasil *Remove Punctuation and Number*

Sebelum	Sesudah
power transmission device e.g. gear box, for electric motor of e.g. electric vehicle, has housing enclosing conductive graphite particles-enriched lubricating oil adapted to establish electrical contact between shafts, and housing the device (100) has a housing (104) adapted to be connected to an electrical ground. an input shaft (101) is adapted to be rotated by an electric motor (200). a countershaft (102) and a differential shaft (103) are adapted to mechanically cooperate with the input shaft. the shafts are partially placed inside the housing. the housing encloses conductive graphite particles e.g. amorphous graphite particles,-enriched lubricating oil adapted to establish electrical contact between the shafts, and the housing. ball bearings (400) rotatably mount the shafts in the housing. independent claims are also	power transmission device e g gear box for electric motor of e g electric vehicle has housing enclosing conductive graphite particles enriched lubricating oil adapted to establish electrical contact between shafts and housing the device has a housing adapted to be connected to an electrical ground an input shaft is adapted to be rotated by an electric motor a countershaft and a differential shaft are adapted to mechanically cooperate with the input shaft the shafts are partially placed inside the housing the housing encloses conductive graphite particles e g amorphous graphite particles enriched lubricating oil adapted to establish electrical contact between the shafts and the housing ball bearings rotatably mount the shafts in the housing independent claims are also included for the following an assembly a method for

Sebelum	Sesudah
included for the following: (1) an assembly (2) a method for manufacturing a power transmission device.	manufacturing a power transmission device

c. *Tokenizing*

Tokenizing (tokenisasi) merupakan proses memecah teks menjadi unit-unit terkecil yang disebut token, yang umumnya berupa kata. Tahap ini bertujuan mengubah kalimat atau paragraf menjadi kumpulan kata sehingga dapat dihitung frekuensinya dan dianalisis lebih lanjut. Pada penelitian ini, proses tokenisasi dilakukan menggunakan fungsi *word_tokenize*() dari pustaka *Natural Language Toolkit* (NLTK) pada *Python*, yang memisahkan teks berdasarkan spasi dan tanda baca untuk menghasilkan daftar kata penyusun dokumen. Hasil dari *tokenizing* adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Hasil *Tokenizing*

Sebelum	Sesudah
power transmission device e g gear box for electric motor of e g electric vehicle has housing enclosing conductive graphite particles enriched lubricating oil adapted to establish electrical contact between shafts and housing the device has a housing adapted to be connected to an electrical ground an input shaft is adapted to be rotated by an electric motor a countershaft and a differential shaft are adapted to mechanically cooperate with the input shaft the shafts are partially placed inside the housing the housing encloses conductive graphite particles e g amorphous graphite particles enriched	['power', 'transmission', 'device', 'e', 'g', 'gear', 'box', 'for', 'electric', 'motor', 'of', 'e', 'g', 'electric', 'vehicle', 'has', 'housing', 'enclosing', 'conductive', 'graphite', 'particles', 'enriched', 'lubricating', 'oil', 'adapted', 'to', 'establish', 'electrical', 'contact', 'between', 'shafts', 'and', 'housing', 'the', 'device', 'has', 'a', 'housing', 'adapted', 'to', 'be', 'connected', 'to', 'an', 'electrical', 'ground', 'an', 'input', 'shaft', 'is', 'adapted', 'to', 'be', 'rotated', 'by', 'an', 'electric', 'motor', 'a', 'countershaft', 'and', 'a', 'differential', 'shaft', 'are', 'adapted', 'to',

Sebelum	Sesudah
lubricating oil adapted to establish electrical contact between the shafts and the housing ball bearings rotatably mount the shafts in the housing independent claims are also included for the following an assembly a method for manufacturing a power transmission device	'mechanically', 'cooperate', 'with', 'the', 'input', 'shaft', 'the', 'shafts', 'are', 'partially', 'placed', 'inside', 'the', 'housing', 'the', 'housing', 'encloses', 'conductive', 'graphite', 'particles', 'e', 'g', 'amorphous', 'graphite', 'particles', 'enriched', 'lubricating', 'oil', 'adapted', 'to', 'establish', 'electrical', 'contact', 'between', 'the', 'shafts', 'and', 'the', 'housing', 'ball', 'bearings', 'rotatably', 'mount', 'the', 'shafts', 'in', 'the', 'housing', 'independent', 'claims', 'are', 'also', 'included', 'for', 'the', 'following', 'an', 'assembly', 'a', 'method', 'for', 'manufacturing', 'a', 'power', 'transmission', 'device']

d. *Stopwords Removal*

Stopwords removal merupakan proses menghilangkan kata-kata umum yang sering muncul dalam dokumen, tetapi tidak memiliki makna penting untuk membedakan topik, seperti kata sambung, kata depan, kata ganti, dan kata bantu. Penghapusan kata-kata tersebut bertujuan agar analisis lebih fokus pada kata-kata yang memiliki informasi penting. Dalam penelitian ini, karena dokumen paten menggunakan bahasa Inggris, daftar *stopwords* mengacu pada pustaka NLTK yang menyediakan kumpulan stopwords bahasa Inggris secara standar. Berikut merupakan hasil dari *stopwords removal*:

Tabel 4. 6 Hasil *Stopwords Removal*

Sebelum	Sesudah
['power', 'transmission', 'device', **'e', 'g'**, 'gear', 'box', **'for'**, 'electric', 'motor', **'of'**, **'e'**, **'g'**, 'electric', 'vehicle', **'has'**,	['power', 'transmission', 'device', 'gear', 'box', 'electric', 'motor', 'electric', 'vehicle', 'housing', 'enclosing',

Sebelum	Sesudah
'housing', 'enclosing', 'conductive', 'graphite', 'particles', 'enriched', 'lubricating', 'oil', 'adapted', 'to', 'establish', 'electrical', 'contact', 'between', 'shafts', 'and', 'housing', 'the', 'device', 'has', 'a', 'housing', 'adapted', 'to', 'be', 'connected', 'to', 'an', 'electrical', 'ground', 'an', 'input', 'shaft', 'is', 'adapted', 'to', 'be', 'rotated', 'by', 'an', 'electric', 'motor', 'a', 'countershaft', 'and', 'a', 'differential', 'shaft', 'are', 'adapted', 'to', 'mechanically', 'cooperate', 'with', 'the', 'input', 'shaft', 'the', 'shafts', 'are', 'partially', 'placed', 'inside', 'the', 'housing', 'the', 'housing', 'encloses', 'conductive', 'graphite', 'particles', 'e', 'g', 'amorphous', 'graphite', 'particles', 'enriched', 'lubricating', 'oil', 'adapted', 'to', 'establish', 'electrical', 'contact', 'between', 'the', 'shafts', 'and', 'the', 'housing', 'ball', 'bearings', 'rotatably', 'mount', 'the', 'shafts', 'in', 'the', 'housing', 'independent', 'claims', 'are', 'also', 'included', 'for', 'the', 'following', 'an', 'assembly', 'a', 'method', 'for', 'manufacturing', 'a', 'power', 'transmission', 'device']	'conductive', 'graphite', 'particles', 'enriched', 'lubricating', 'oil', 'adapted', 'establish', 'electrical', 'contact', 'shafts', 'housing', 'device', 'housing', 'adapted', 'electrical', 'ground', 'input', 'shaft', 'adapted', 'rotated', 'electric', 'motor', 'countershaft', 'differential', 'shaft', 'adapted', 'mechanically', 'cooperate', 'input', 'shaft', 'shafts', 'partially', 'placed', 'housing', 'housing', 'encloses', 'conductive', 'graphite', 'particles', 'amorphous', 'graphite', 'particles', 'enriched', 'lubricating', 'oil', 'adapted', 'establish', 'electrical', 'contact', 'shafts', 'housing', 'ball', 'bearings', 'rotatably', 'mount', 'shafts', 'housing', 'independent', 'following', 'assembly', 'method', 'manufacturing', 'power', 'transmission', 'device']

e. *Lemmatization*

Lemmatization (lematisasi) merupakan tahap akhir *pre-processing* yang bertujuan mengubah setiap kata menjadi bentuk dasarnya (*lemma*) dengan mempertimbangkan

fungsi kata dan aturan tata bahasa. Pada penelitian ini, proses lematisasi dilakukan menggunakan *WordNetLemmatizer* dari pustaka NLTK yang terintegrasi dengan basis data leksikal *WordNet*. Agar hasilnya lebih akurat, setiap kata terlebih dahulu diberi *part-of-speech* (POS) tag sehingga bentuk dasar yang dihasilkan sesuai dengan konteks penggunaannya. Hasil dari tahapan *lemmatization* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Hasil *Lemmatization*

Sebelum	Sesudah
['power', 'transmission', 'device', 'gear', 'box', 'electric', 'motor', 'electric', 'vehicle', 'housing', **'enclosing'**, 'conductive', 'graphite', **'particles'**, **'enriched'**, **'lubricating'**, 'oil', **'adapted'**, 'establish', 'electrical', 'contact', 'shafts', 'housing', 'device', 'housing', **'adapted'**, 'electrical', 'ground', 'input', 'shaft', **'adapted'**, **'rotated'**, 'electric', 'motor', 'countershaft', 'differential', 'shaft', **'adapted'**, 'mechanically', 'cooperate', 'input', 'shaft', **'shafts'**, 'partially', **'placed'**, 'housing', 'housing', 'encloses', 'conductive', 'graphite', **'particles'**, 'amorphous', 'graphite', **'particles'**, **'enriched'**, **'lubricating'**, 'oil', **'adapted'**, 'establish', 'electrical', 'contact', **'shafts'**, 'housing', 'ball', **'bearings'**, 'rotatably', 'mount', **'shafts'**, 'housing', 'independent', **'following'**, 'assembly', 'method', 'manufacturing', 'power', 'transmission', 'device']	['power', 'transmission', 'device', 'gear', 'box', 'electric', 'motor', 'electric', 'vehicle', 'housing', **'enclose'**, 'conductive', 'graphite', **'particle'**, **'enrich'**, **'lubricate'**, 'oil', **'adapt'**, 'establish', 'electrical', 'contact', 'shaft', 'housing', 'device', 'housing', **'adapt'**, 'electrical', 'ground', 'input', 'shaft', **'adapt'**, **'rotate'**, 'electric', 'motor', 'countershaft', 'differential', 'shaft', **'adapt'**, 'mechanically', 'cooperate', 'input', 'shaft', **'shaft'**, 'partially', **'place'**, 'housing', 'housing', 'encloses', 'conductive', 'graphite', **'particle'**, 'amorphous', 'graphite', **'particle'**, **'enrich'**, **'lubricate'**, 'oil', 'adapt', 'establish', 'electrical', 'contact', **'shaft'**, 'housing', 'ball', **'bearing'**, 'rotatably', 'mount', **'shaft'**, 'housing', 'independent', 'follow', 'assembly', 'method', 'manufacturing', 'power', 'transmission', 'device']

Hasil dari data dokumen paten yang telah dilakukan *pre-processing* untuk diproses lebih lanjut adalah bahwa periode 1 menghasilkan 110.468 dokumen paten dengan 22.675 kata unik, periode 2 menghasilkan 133.443 dokumen paten dengan 28.351 kata unik, periode 3 menghasilkan 14.872 dokuemn paten dengan 11.337 kata unik, periode 4 menghasilkan

241.766 dokumen paten dengan 30.672 kata unik, dan periode 5 menghasilkan 48.561 dokuemn paten dengan 16.934 kata unik.

4.2.2 Pembobotan TF IDF *(Term Frequency Invers Document Frequency)*

Setelah proses *pre-processing* selesai tahap berikutnya adalah pembobotan *Term Frequency–Inverse Document Frequency* (TF-IDF) untuk mengubah kumpulan kata menjadi nilai numerik sekaligus mengukur tingkat kepentingan setiap kata dalam dokumen. Nilai TF-IDF diperoleh dari hasil perkalian *Term Frequency* (TF), yaitu frekuensi kemunculan kata dalam dokumen, dan *Inverse Document Frequency* (IDF), yaitu tingkat keunikan kata berdasarkan kemunculannya pada seluruh dokumen. Semakin tinggi nilai TF-IDF, semakin besar kontribusi kata tersebut dalam merepresentasikan isi dokumen. Selanjutnya, beberapa kata dipilih sebagai contoh untuk menjelaskan proses perhitungan dan hasil pembobotan TF-IDF.

Tabel 4. 8 Contoh Data Pembobotan TF-IDF

No Doc	Token
0	self generate power device electric vehicle ...
1	flow battery voltage limit device flow battery...
2	flow battery voltage limit device flow battery...
3	spring battery stretchable practical spring ...
4	silicon sulfur polymer solid electrolyte solid...

Pada tabel 4.8 merupakan contoh data untuk perhitungan bobot TF-IDF yang mengambil 5 dokumen paten meliputi judul dan abstrak terkait motor listrik. Tahap awal yang harus dilakukan adalah perhitungan TF terlebih dahulu sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Perhitungan TF

Token	TF				
	D0	D1	D2	D3	D4
battery		2	2	1	
generate	1				
electric	1				
vehicle	1				
voltage		1	1		
silicon					1
solid					1
electrolyte					1
device	1	1	1		
practical				1	

Hasil contoh perhitungan TF sesuai pada tabel 4.9 menunjukkan banyaknya kata yang muncul pada masing-masing dokumen seeprti kata "*generate*" muncul 1 kali pada dokumen 0, kata "*battery*" muncul sebanyak 5 kali yaitu 2 kali di dokumen 1 dan dokumen 2 lalu muncul juga sebanyak 1 kali di dokumen 3, dan lain sebagainya. Kemudian, tahapan berikutnya adalah melakukan perhitungan DF sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Perhitungan DF

Token	**TF**					**DF**
	D0	**D1**	**D2**	**D3**	**D4**	
battery		2	2	1		5
generate	1					1
electric	1					1
vehicle	1					1
voltage		1	1			2
silicon					1	1
solid					1	1
electrolyte					1	1
device	1	1	1			3
practical				1		1

Berdasarkan perhitungan DF pada tabel 4.10 diketahui bahwa nilai DF adalah banyaknya dokumen yang muncul suatu term tertentu seperti kata "battery" muncul pada dokumen 1,2, dan 3 dari keseluruhan dokumen, kata "generate" hanya muncul pada dokumen 0 dari keseluruhan dokumen sehingga DF nya hanya menghitung totalnya sebanyak 1. Selanjutnya menghitung bobot TF -IDF menggunakan perkalian dari hasil TF dan DF sebelumnya sebagaimana dilihat pada tabel 4.11 berikut ini:

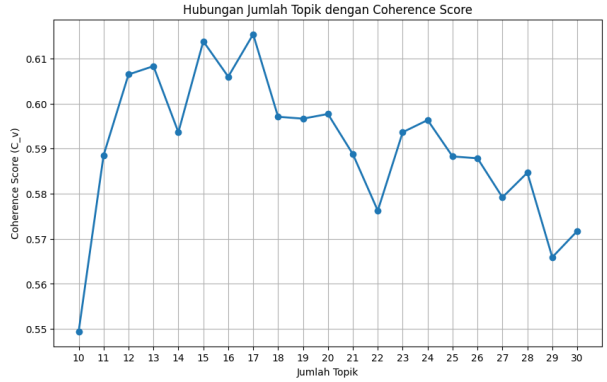
Tabel 4. 11 Perhitungan TF-IDF

Token	**TF**					**DF**	**D/DF**	**IDF**	**TF-IDF**
	D0	**D1**	**D2**	**D3**	**D4**				
battery		2	2	1		5	5/5 = 1	ln (1)+ 1 = 1	5
generate	1					1	5/1 = 5	ln (5)+ 1 = 2,609	2,609
electric	1					1	5/1 = 5	ln (5)+ 1 =2,609	2,609
vehicle	1					1	5/1 = 5	ln (5)+ 1 = 2,609	2,609
voltage		1	1			2	5/2 = 2,5	ln (2,5)+ 1 = 1,916	3,833
silicon					1	1	5/1 = 5	ln (5)+ 1 = 2,609	2,609
solid					1	1	5/1 = 5	ln (5)+ 1 = 2,609	2,609
electrolyte					1	1	5/1 = 5	ln (5)+ 1 = 2,609	2,609
device	1	1	1			3	5/3 = 1,67	ln (1,67)+ 1 = 1,513	4,538
practical				1		1	5/1 = 5	ln (5)+ 1 = 2,609	2,609

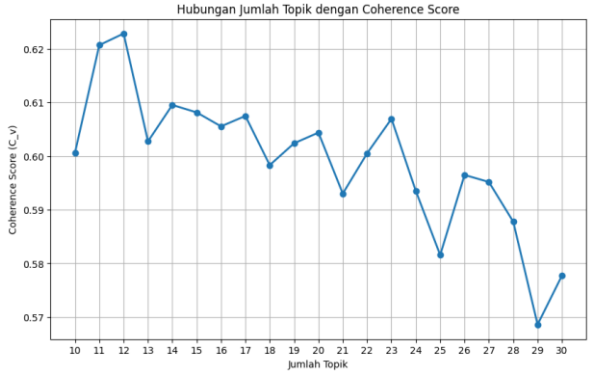
Pada tabel 4.11 dilakukan perhitungan D/DF terlebih dahulu guna mencari nilai IDF. Misalnya, pada hasil IDF dari kata "*battery*" dihitung dengan D=5 yaitu banyaknya dokumen sebnayak 5 dibagi dengan DF sebesar 5 sehingga diperoleh nilai IDF yaitu 1. Lalu, untuk nilai TF-IDF berasal dari perkalian IDF dengan D/DF sehingga menghasilkan TF-IDF sebesar 5.

4.2.3 Pemodelan Topik dengan LDA

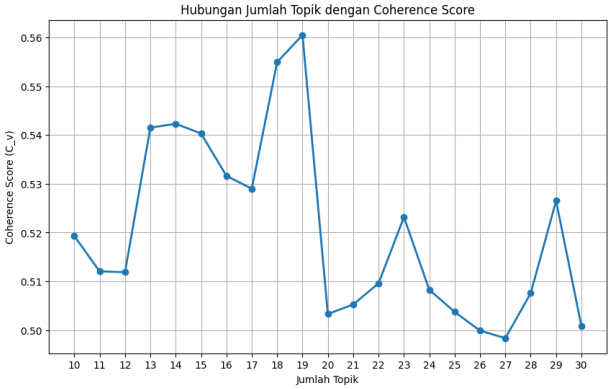
Setelah proses pembobotan selesai, analisis dilanjutkan menggunakan pemodelan topik untuk mengidentifikasi topik-topik yang terdapat pada dokumen atau data yang telah diperoleh. Penelitian ini menerapkan coherence score sebagai acuan dalam menentukan jumlah topik (K) yang optimal. *Coherence score* merupakan metrik untuk mengevaluasi kualitas model berdasarkan tingkat keterkaitan dan konsistensi antar kata dalam setiap topik yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai *coherence score*, semakin baik kualitas topik yang terbentuk karena menunjukkan hubungan antar kata yang lebih relevan dan konsisten. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan dengan variasi jumlah topik (K) antara 10 hingga 30 untuk setiap periode. Berikut merupakan grafik *coherence score* dari periode 1-5:



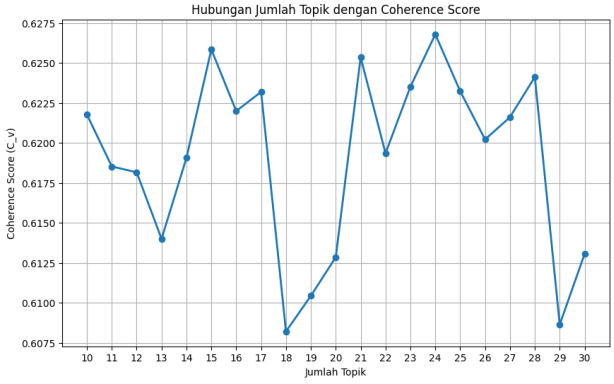
(a) Grafik *coherence score* periode 1



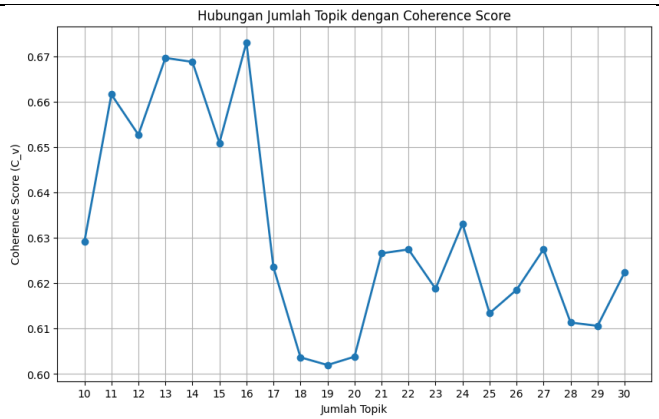
(b) Grafik *coherence score* periode 2



(c) Grafik *coherence score* periode 3



(d) Grafik *coherence score* periode 4



(e) Grafik *coherence score* periode 5

Gambar 4. 1 Grafik *Coherence Score* Periode 1-5

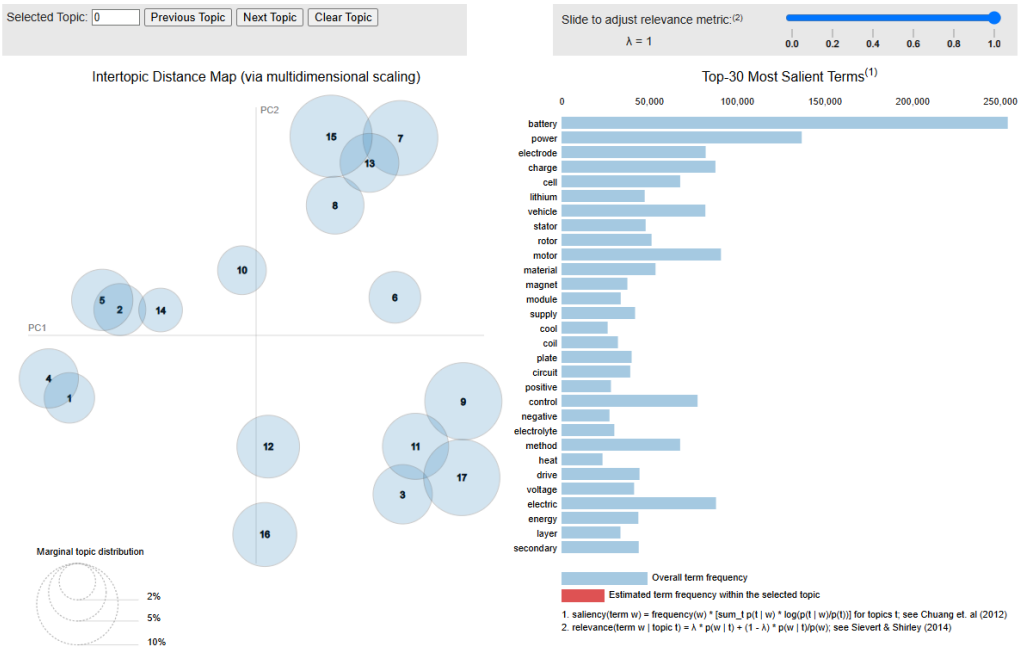
Berdasarkan hasil grafik tersebut, nilai tertinggi pada setiap periode berbeda-beda, seperti pada periode 1 diperoleh nilai tertinggi tertuju pada topik ke-17 yang membuktikan bahwa jumlah topik yang terbentuk dari data dokumen paten terkait motor listrik yaitu sebanyak 17 topik. Begitupun pada periode 2 terdapat 12 topik, Periode 3 terdapat 19 topik, Periode 4 terdapat 24 topik, dan Periode 5 terdapat 16 topik. Sebagaimana disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. 12 Jumlah Topik Optimal Semua Periode

Periodisasi	**Jumlah Topik**	***Coherence Score***
Periode 1 (2010-2012)	17	0.6154
Periode 2 (2012-2016)	12	0.6228
Periode 3 (2016-2019)	19	0.5605
Periode 4 (2019-2023)	24	0.6268
Periode 5 (2023-2025)	16	0.6731

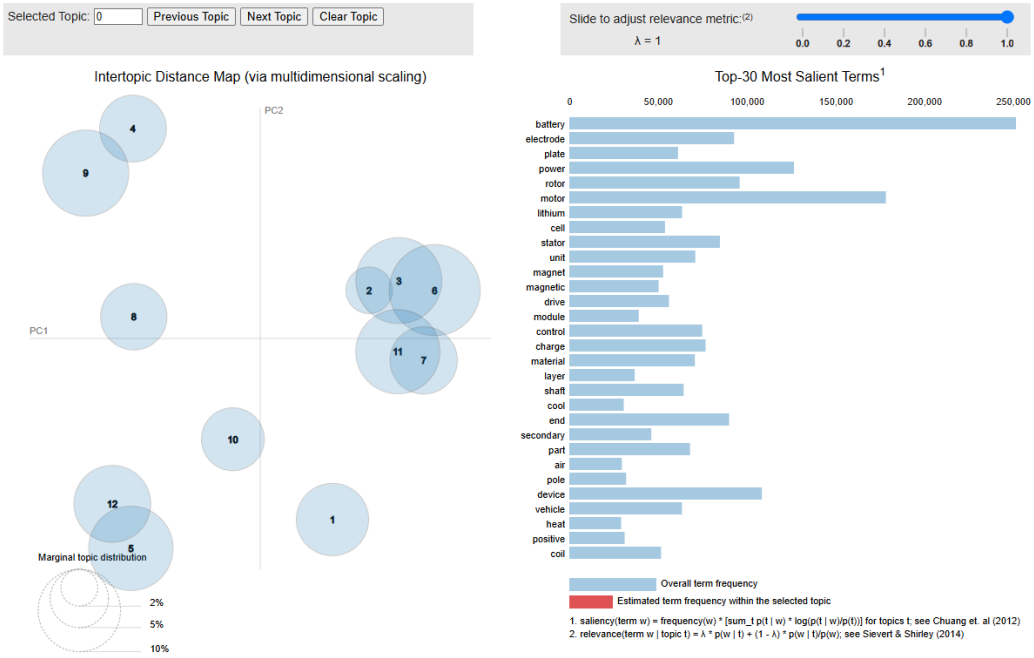
Hasil pemodelan topik akan lebih sulit diinterpretasikan apabila hanya disajikan dalam bentuk kumpulan kata dan bobot tiap topik. Oleh karena itu, perlu adanya visualisasi PyLDAvis dimana di dalamnya berisi 2 panel yaitu panel kiri dan kanan. Panel sebelah kiri berisi dimensi gelembung di mana setiap gelembung mewakili satu topik. Jarak antar gelembung menunjukkan tingkat keterkaitan antartopik, yaitu semakin dekat posisinya maka semakin tinggi kemiripan pembahasannya, sedangkan gelembung yang berjauhan atau tidak saling beririsan menunjukkan bahwa topik tersebut membahas tema yang berbeda. Sementara itu, panel sebelah kanan berisi diagram batang yang menujukkan frekuensi istilah kata yang paling sering muncul. *pyLDAvis* digunakan untuk

mempermudah interpretasi model topik dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.2 hingga 4.6.



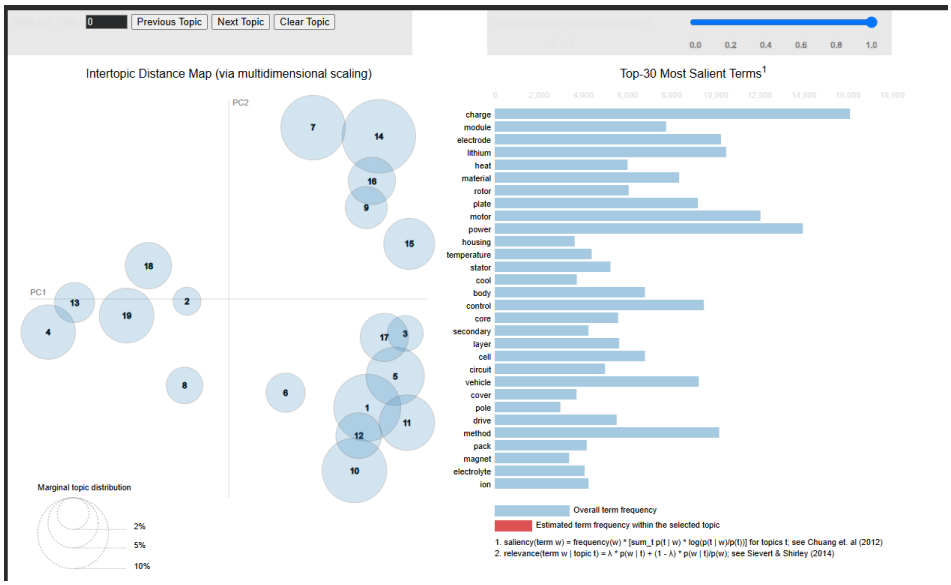
Gambar 4. 2 Visualisasi *Topic Modeling* Periode 1

Pada visualisasi gambar 4.2 menunjukkan bahwa di panel kiri terdapat 17 topik di periode 1 (2010-2012) dan di panel sebelah kanan menujukkan kata yang paling banyak muncul atau dibahas seperti *battery* (paling banyak muncul), *power, electrode, charge, electric* dan seterusnya.



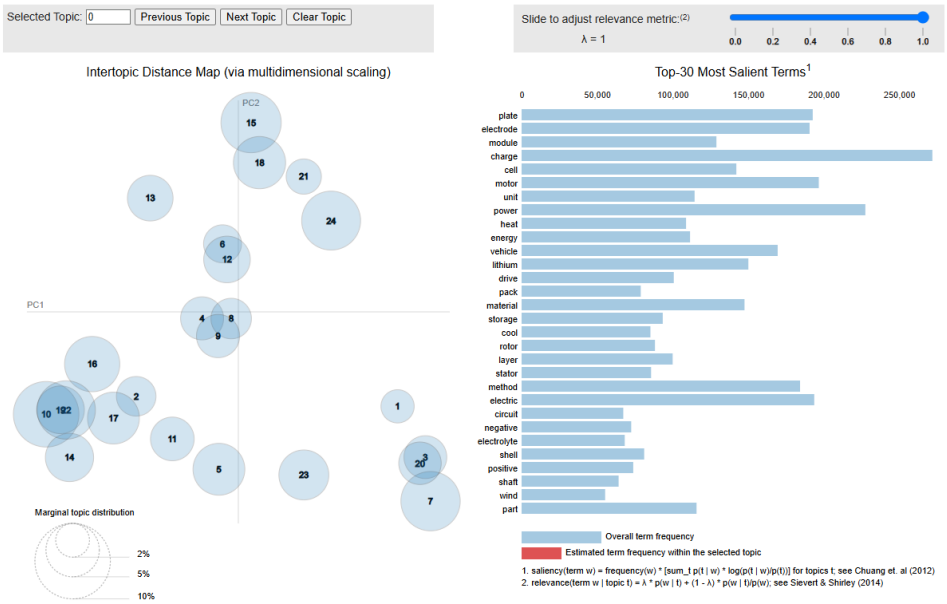
Gambar 4. 3 Visualisasi *Topic Modeling* Periode 2

Pada visualisasi gambar 4.3 menunjukkan bahwa terdapat 12 topik di periode 2 (2012-2016) di panel sebelah kiri dan di panel sebelah kanan menujukkan kata yang paling dominan dibahas seperti *battery* (masih yang paling banyak muncul), *motor, power, device* dan seterusnya.



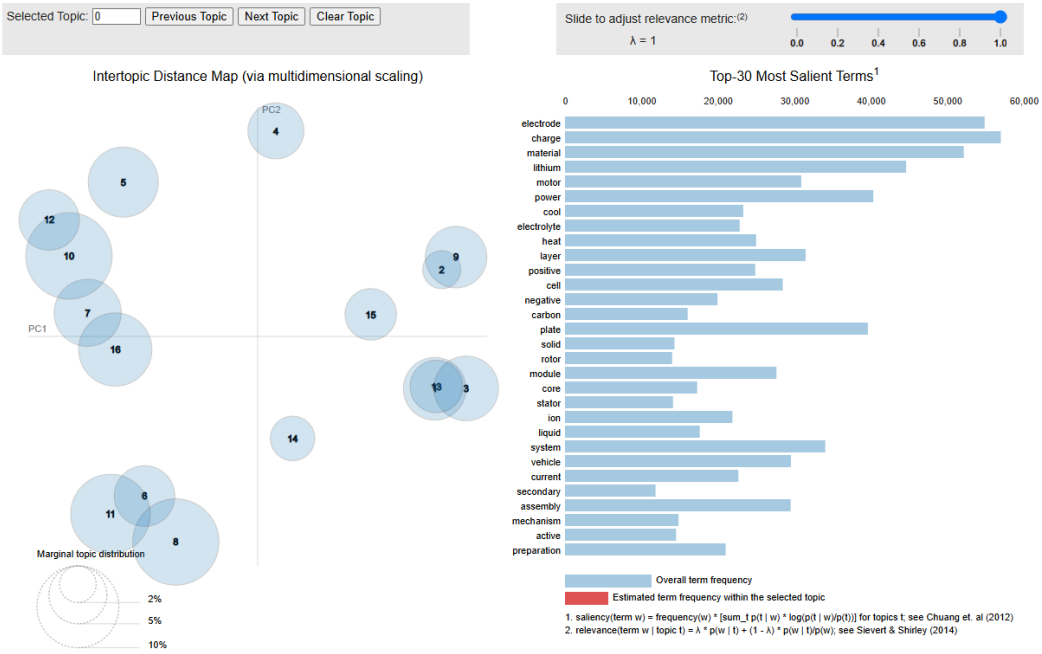
Gambar 4. 4 Visualisasi *Topic Modeling* Periode 3

Pada visualisasi gambar 4.4 menunjukkan bahwa di panel kiri terdapat 19 topik di periode 3 (2016-2019) dan di panel sebelah kanan menujukkan kata yang paling banyak muncul atau dibahas yaitu *charge* (paling banyak muncul), *power, motor, lithium, electrode* dan seterusnya.



Gambar 4. 5 Visualisasi *Topic Modeling* Periode 4

Pada visualisasi gambar 4.5 menunjukkan bahwa di panel kiri terdapat 24 topik di periode 4 (2019-2023) dan di panel sebelah kanan menujukkan kata yang paling banyak muncul atau dibahas yaitu masih *charge* (paling banyak muncul), *power, electric, plate, electrode* dan seterusnya. Adapun di periode 4 ini memiliki jumlah topik terbanyak yakni 24 topik yang mencerminkan semakin beragamnya inovasi teknologi motor listrik.



Gambar 4. 6 Visualisasi *Topic Modeling* Periode 5

Pada visualisasi gambar 4.6 menunjukkan bahwa di panel kiri terdapat 16 topik di periode 5 (2023-2025) dan di panel sebelah kanan menujukkan kata yang paling banyak muncul atau dibahas yaitu masih *charge* (paling banyak muncul), *electrode, material, lithium, power* dan seterusnya. Meskipun periode 5 ini memiliki 16 topik tetapi nilai coherence nya paling tinggi yaitu 0,6731 yang berarti Periode 5 memiliki kualitas pemodelan terbaik sehingga topik-topik yang dihasilkan lebih mudah diinterpretasikan dan memiliki tingkat konsistensi yang lebih tinggi.

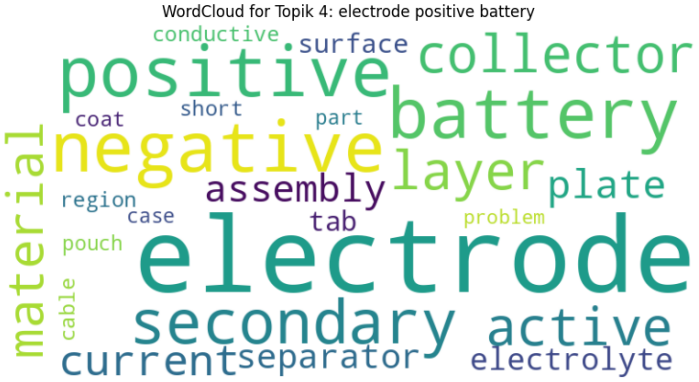
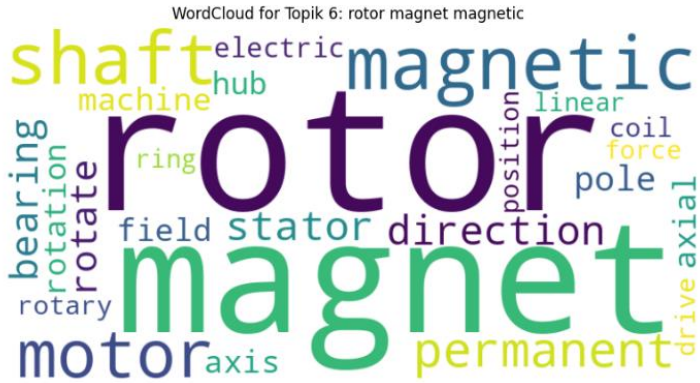
Selanjutnya, seluruh topik yang dihasilkan pada setiap periode ini akan dilakukan normalisasi *min-max scaling* untuk menentukan topik prioritas, yaitu topik yang memiliki skor maksimum > 0,5. Berikut merupakan tabel jumlah topik prioritas dari setiap periode:

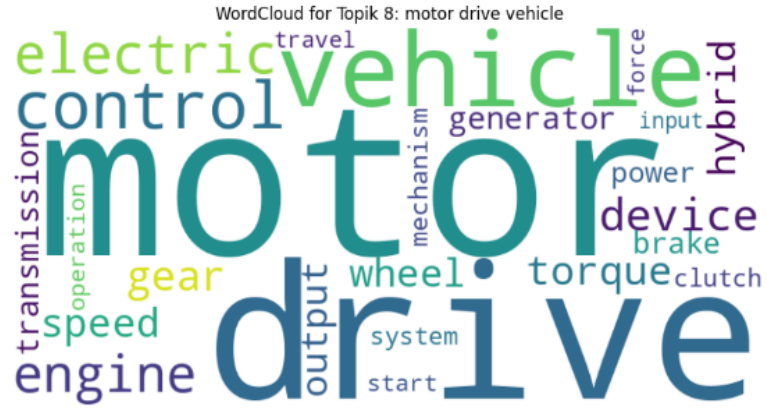
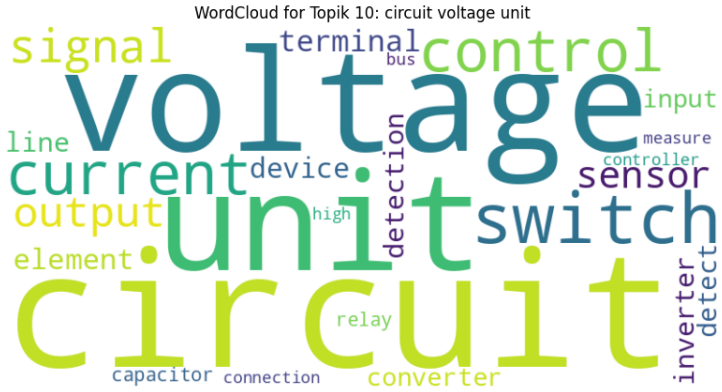
Tabel 4. 13 Jumlah Topik Prioritas Setiap Periode

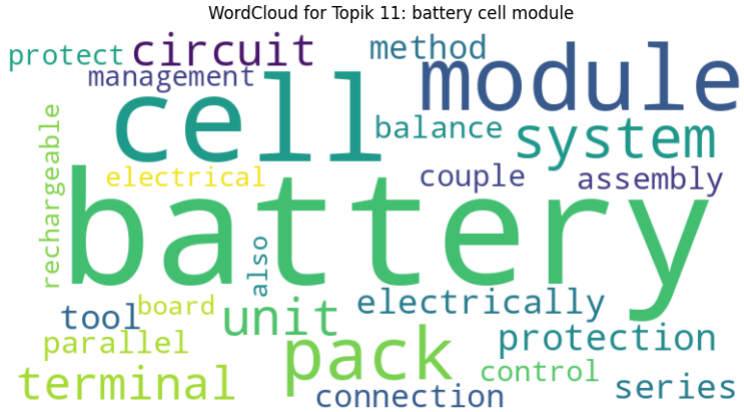
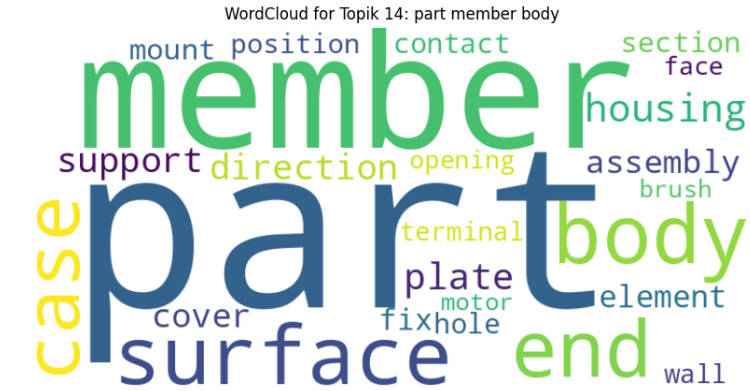
Periodisasi	**Topik Prioritas (>0,5)**	**Topik_ID**
Periode 1 (2010-2012)	7 topik	Topik_4,Topik_6,Topik_8, Topik_10,Topik_11,Topik_14, Topik_16
Periode 2 (2012-2016)	8 topik	Topik_2,Topik_3,Topik_4, Topik_5,Topik_7,Topik_8,Topik_10,Topik_11
Periode 3 (2016-2019)	3 topik	Topik_0,Topik_6,Topik_13
Periode 4 (2019-2023)	10 topik	Topik_4,Topik_6,Topik_9,Topik_14, Topik_15,Topik_16,Topik_17,Topik_21,Topik_22,Topik_23
Periode 5 (2023-2025)	8 topik	Topik_0,Topik_4,Topik_6,Topik_7, Topik_9,Topik_10,Topik_11,Topik_15

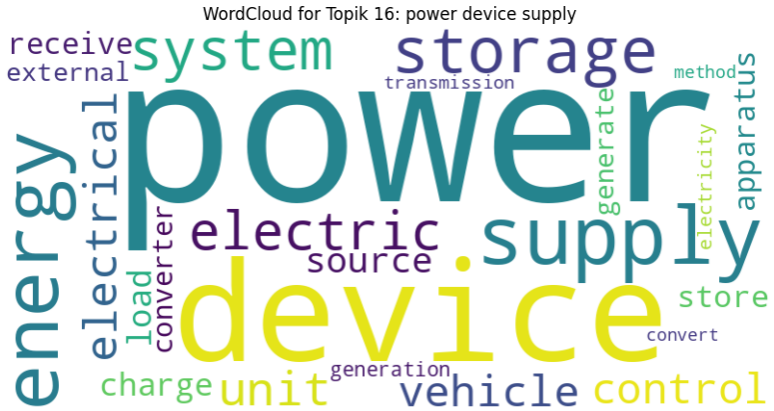
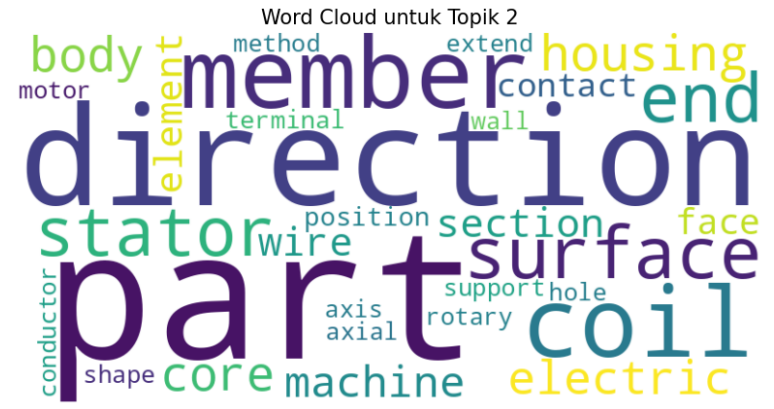
Topik-topik prioritas ini kemudian akan diinterpretasikan dan diberi label berdasarkan kata kunci yang dominan. Hasil interpretasi topik prioritas per periode disajikan pada Tabel 4.14.

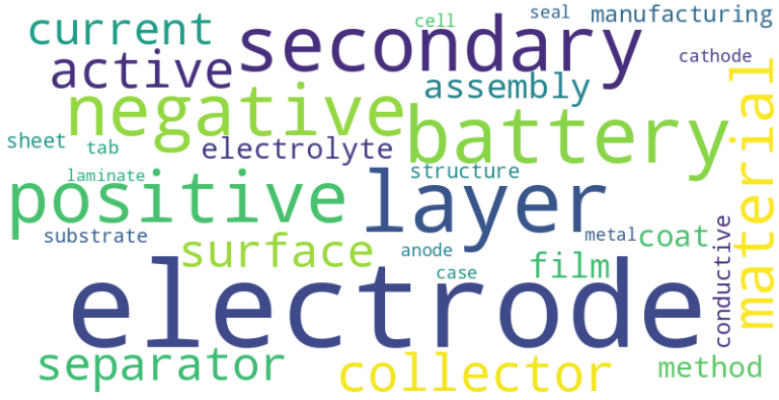
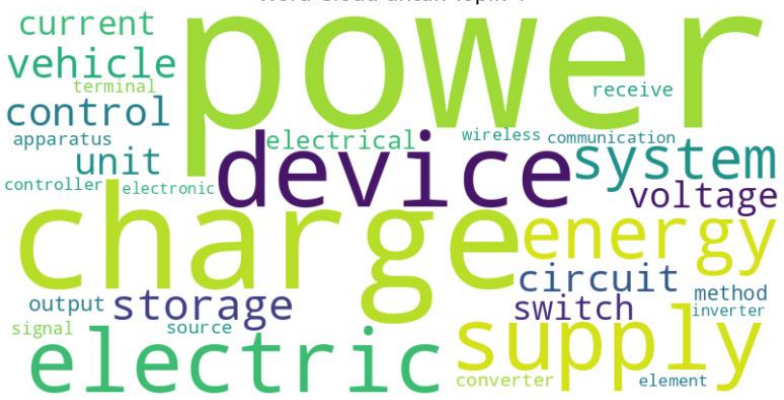
Tabel 4. 14 Hasil Pemodelan Topik dengan LDA

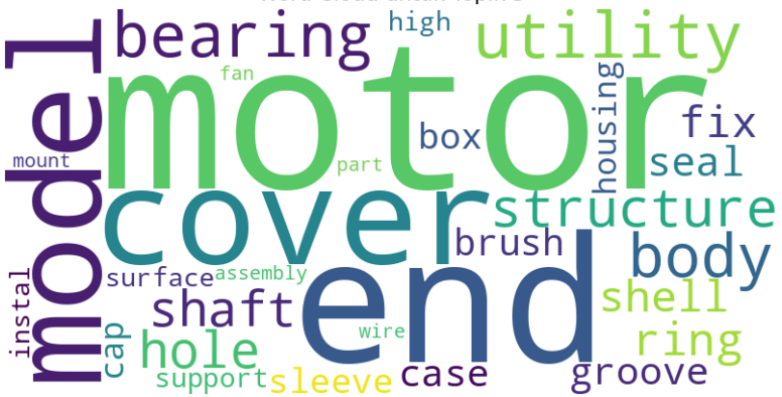
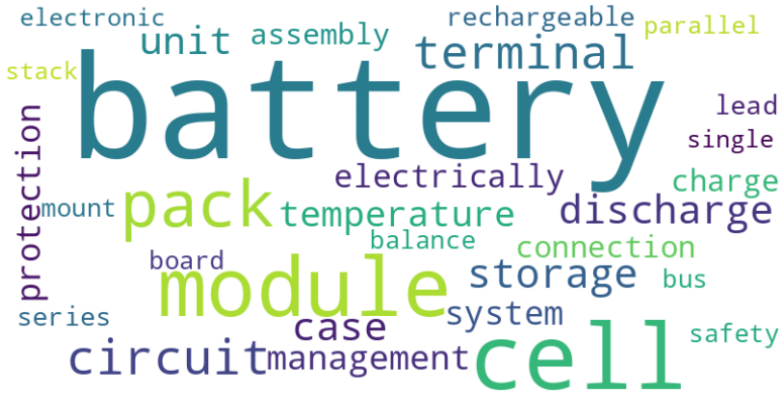
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
Periode 1 (2010-2012)	Topik_4	0.188*"electrode" + 0.065*"positive" + 0.064*"battery" + 0.063*"negative" + 0.048*"secondary" + 0.035*"layer" + 0.033*"collector" + 0.033*"active" + 0.029*"material" 	Teknik Pelapisan Material Aktif pada Permukaan Elektroda Baterai	Topik ini berfokus pada pengembangan elektroda dan struktur internal baterai sekunder melalui inovasi material aktif, elektrolit, separator, *current collector*, serta desain elektroda untuk meningkatkan kapasitas, efisiensi, stabilitas, dan keamanan baterai. Inovasi juga mencakup desain dan perakitan sel baterai, seperti *tab*, *plate*, *pouch*, dan *case*, guna meningkatkan keandalan serta mengurangi resiko korsleting.
	Topik_6	0.074*"rotor" + 0.058*"magnet" + 0.043*"magnetic" + 0.040*"shaft" + 0.034*"motor" + 0.029*"permanent"+ 0.021*"stator" + 0.020*"direction" 	Rancangan Poros, Rotor, dan Arah Medan Magnet Motor Listrik	Topik ini menggambarkan inovasi desain motor listrik berbasis magnet permanen yang berfokus pada pengembangan rotor, stator, poros, dan posisi magnet untuk meningkatkan efisiensi serta kinerja motor. Selain itu, istilah *hub, coil, drive,* dan *rotary* menunjukkan pengembangan teknologi *hub* motor dan sistem penggerak kendaraan listrik.

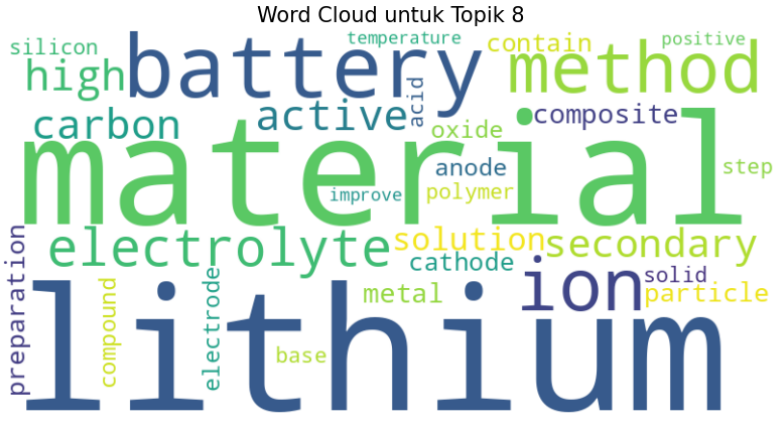
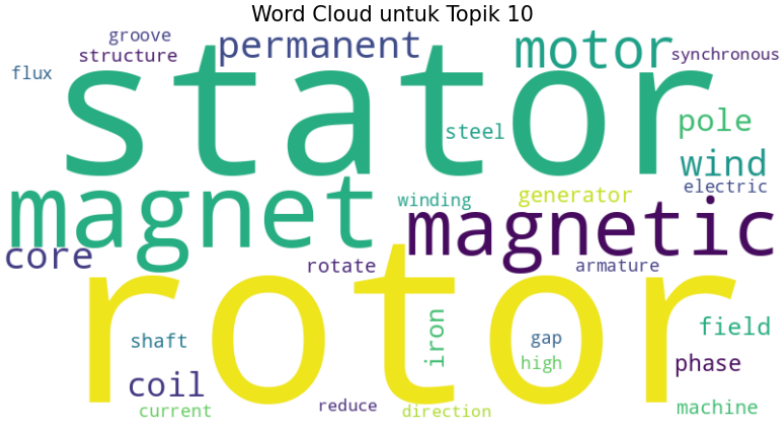
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_8	0.072*"motor" + 0.053*"drive" + 0.048*"vehicle" + 0.040*"control" + 0.034*"electric" + 0.029*"engine" + 0.021*"device"+ 0.018*"gear" 	Perancangan Sistem Transmisi Gigi dan Penggerak Roda Kendaraan	Topik ini menggambarkan inovasi pada sistem penggerak kendaraan listrik untuk mengoptimalkan penyaluran tenaga, torsi, kecepatan, dan transmisi agar meningkatkan efisiensi serta stabilitas kendaraan. Istilah generator, *hybrid*, dan *engine* menunjukkan bahwa inovasi juga mendukung pengembangan sistem penggerak hibrida, termasuk perpindahan sumber tenaga dan pemulihan energi saat pengereman.
	Topik_10	0.061*"circuit" + 0.047*"voltage" + 0.046*"unit" + 0.041*"switch" + 0.037*"control" + 0.036*"current" + 0.028*"signal" + 0.023*"output" 	Rangkaian Sakelar Tegangan Tinggi dan Pengubah Daya Listrik	Topik ini menggambarkan inovasi pada rangkaian elektronik untuk pengendalian dan konversi daya kendaraan listrik melalui integrasi inverter, konverter, *relay*, sakelar, dan pengendali. Inovasi juga berfokus pada pemantauan kondisi kelistrikan serta pengelolaan koneksi antarperangkat agar distribusi daya lebih stabil, efisien, dan aman.

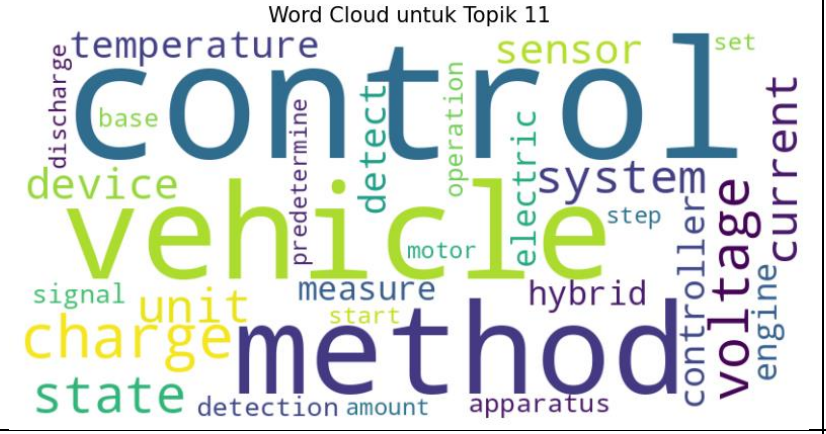
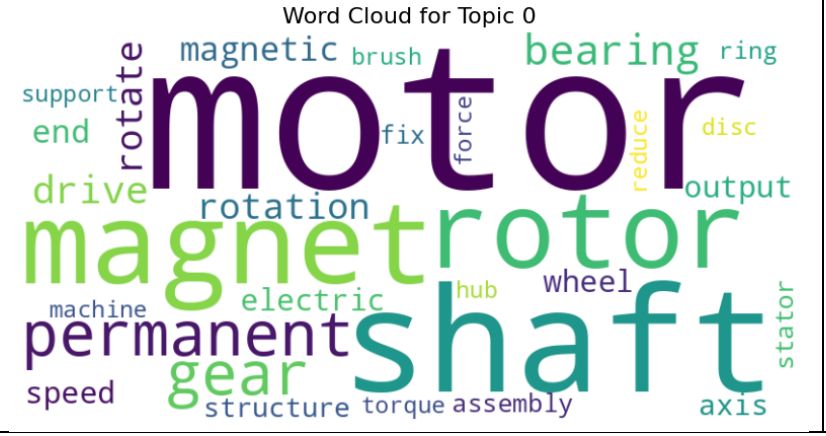
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_11	0.269*"battery" + 0.139*"cell" + 0.074*"module" + 0.045*"pack" + 0.026*"system" + 0.020*"unit" + 0.017*"terminal" + 0.016*"circuit" 	Perakitan Modul Baterai dengan Rangkaian Proteksi Seri-Paralel	Topik ini menggambarkan inovasi dalam perancangan dan integrasi *battery pack*, mulai dari penyusunan sel, konfigurasi rangkaian, hingga sistem proteksi untuk meningkatkan kapasitas, keandalan, dan keamanan. Kemunculan istilah seperti *management, protection, control*, dan *connection* menunjukkan fokus pada pengelolaan *battery pack* agar setiap sel bekerja seimbang dan tetap aman selama pengisian maupun penggunaan.
	Topik_14	0.045*"part" + 0.038*"member" + 0.027*"body" + 0.026*"surface" + 0.024*"end" + 0.024*"case" + 0.023*"*housing*" + 0.021*"plate" 	Desain *Casing* Luar dan Rangka Penyangga Komponen Kendaraan	Topik ini berfokus pada inovasi perancangan *housing* dan struktur pelindung kendaraan listrik untuk melindungi komponen, meningkatkan kekuatan mekanis, dan mempermudah perakitan. Pengembangannya juga mencakup sistem pemasangan dan penyangga komponen agar struktur lebih kokoh serta proses perawatan dan penggantian komponen menjadi lebih efisien.

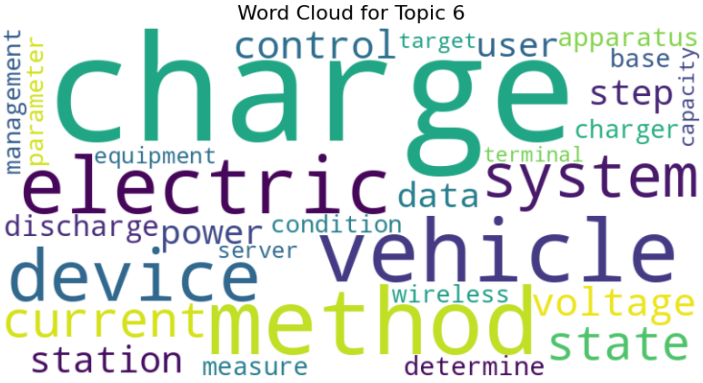
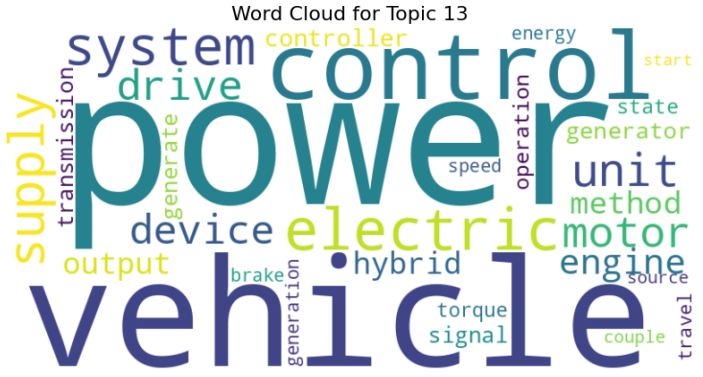
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_16	0.188*"power" + 0.066*"device" + 0.058*"supply" + 0.055*"energy" + 0.049*"storage" + 0.038*"system" + 0.033*"electric" + 0.026*"unit" 	Sistem Catu Daya dan Manajemen Beban Energi Listrik	Topik ini berfokus pada inovasi pengelolaan aliran energi listrik pada kendaraan listrik agar sistem bekerja secara efisien dan stabil. Pengembangannya meliputi integrasi sistem catu daya, penyimpanan energi, unit kontrol, serta teknologi pengisian dan konversi energi.
Periode 2 (2012-2016)	Topik_2	0.047*"part" + 0.026*"direction" + 0.024*"member" + 0.023*"coil" + 0.023*"surface" + 0.021*"end" + 0.021*"stator"+ 0.016*"*housing*" 	Desain Kumparan dan Inti Besi pada Bagian Stator Motor	Topik ini berfokus pada inovasi desain struktur stator motor listrik, termasuk kumparan, inti besi, *housing*, dan komponen pendukung lainnya. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi, kepadatan daya, keandalan motor, serta mempermudah proses manufaktur dan perakitan.

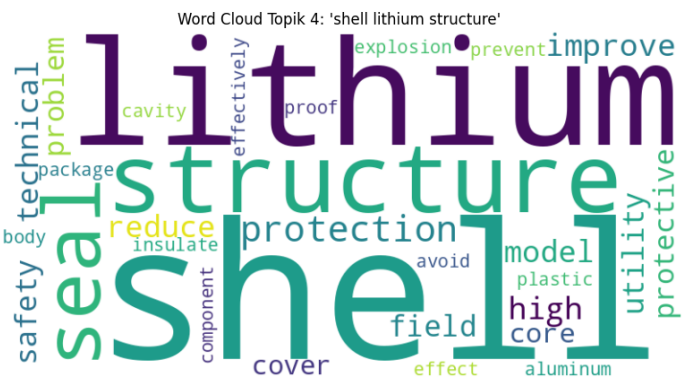
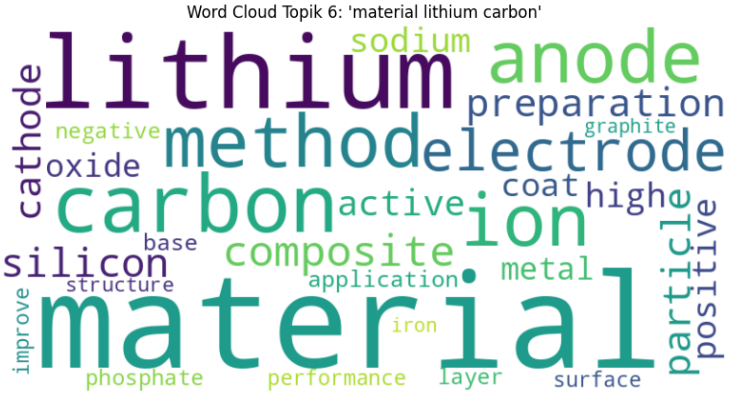
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_3	0.127*"electrode" + 0.054*"layer" + 0.045*"battery" + 0.043*"secondary" + 0.037*"positive" + 0.037*"negative" + 0.023*"material" + 0.018*"collector" Word Cloud untuk Topik 3 	Teknik Pelapisan Pelat Pengumpul Arus Positif dan Negatif	Topik ini berfokus pada inovasi struktur elektroda baterai sekunder, meliputi elektroda, material aktif, *current collector*, separator, dan teknik pelapisan. Pengembangannya bertujuan meningkatkan konduktivitas, kapasitas penyimpanan energi, umur pakai, serta keamanan
	Topik_4	0.101*"power" + 0.043*"charge" + 0.041*"device" + 0.030*"supply" + 0.030*"electric" + 0.029*"energy" + 0.028*"system" + 0.026*"storage" Word Cloud untuk Topik 4 	Rangkaian Pengisian dan Distribusi Daya Listrik Kendaraan	Topik ini berfokus pada inovasi pengelolaan daya listrik pada kendaraan listrik melalui pengisian, penyimpanan, distribusi, serta pengendalian tegangan dan arus agar sistem bekerja secara efisien, stabil, dan aman. Pengembangannya mencakup integrasi perangkat elektronik dan unit kontrol untuk meningkatkan efisiensi energi, keandalan sistem, dan keamanan kendaraan listrik.

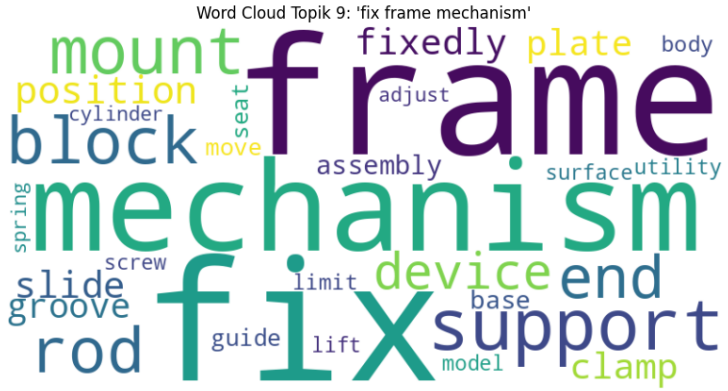
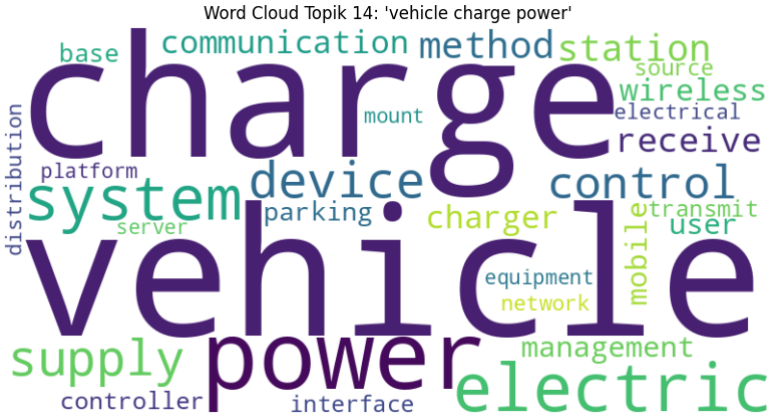
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_5	0.064*"motor" + 0.043*"end" + 0.026*"cover" + 0.023*"model" + 0.022*"utility" + 0.021*"bearing" + 0.020*"body" + 0.019*"structure" Word Cloud untuk Topik 5 	Desain Penutup, Pelindung, dan Bantalan Poros Motor	Topik ini berfokus pada inovasi struktur mekanis motor listrik, termasuk desain *housing*, poros, bantalan, dan komponen pendukung. Pengembangannya meliputi sistem pemasangan, penguncian, dan perlindungan motor untuk meningkatkan kestabilan, keandalan, umur pakai, serta kemudahan perakitan dan pemeliharaan.
	Topik_7	0.265*"battery" + 0.076*"cell" + 0.059*"module" + 0.034*"pack" + 0.017*"circuit" + 0.015*"terminal" + 0.012*"storage" + 0.011*"discharge" Word Cloud untuk Topik 7 	Sirkuit Pengaman dan Manajemen Suhu Sel Baterai	Topik ini berfokus pada inovasi perancangan paket baterai dan integrasi sistem manajemen baterai (BMS). Pengembangannya bertujuan memantau kondisi baterai, mengatur proses pengisian dan pengosongan, serta meningkatkan keamanan, efisiensi, keandalan, dan umur pakai baterai.

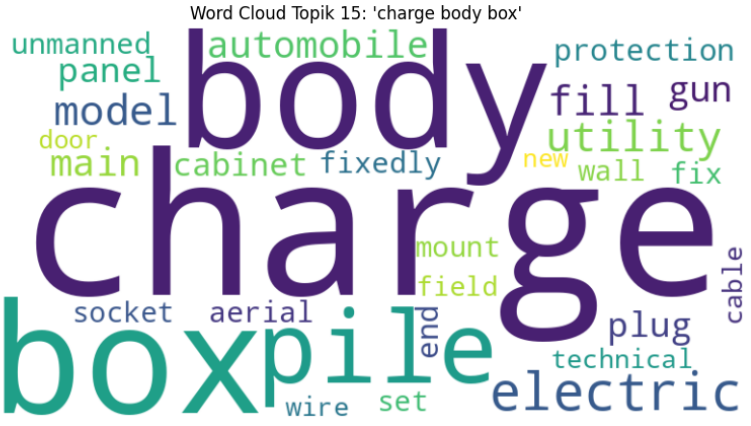
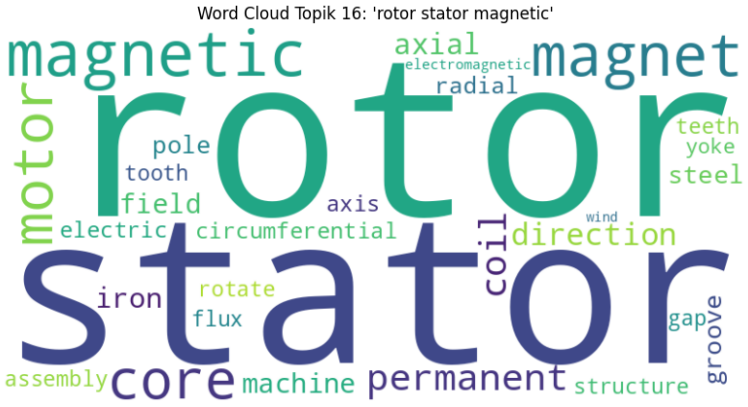
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_8	0.057*"lithium" + 0.045*"material" + 0.039*"battery" + 0.027*"ion" + 0.025*"method" + 0.022*"electrolyte" + 0.013*"high" + 0.013*"active" 	Proses Sintesis Material Komposit Karbon dan Elektrolit Ion	Topik ini berfokus pada inovasi material penyusun baterai lithium-ion beserta proses pembuatannya untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan energi, konduktivitas ion, stabilitas siklus, dan umur pakai baterai.
	Topik_10	0.085*"rotor" + 0.054*"stator" + 0.050*"magnet" + 0.048*"magnetic" + 0.034*"motor" + 0.029*"permanent" + 0.028*"core" + 0.026*"wind" 	Perancangan Celah Udara dan Inti Besi pada Stator-Rotor	Topik ini berfokus pada inovasi desain elektromagnetik motor magnet permanen melalui pengembangan rotor, stator, magnet permanen, kumparan, dan medan magnet. Tujuannya adalah meningkatkan torsi, efisiensi energi, kepadatan daya, dan kestabilan kinerja motor listrik.

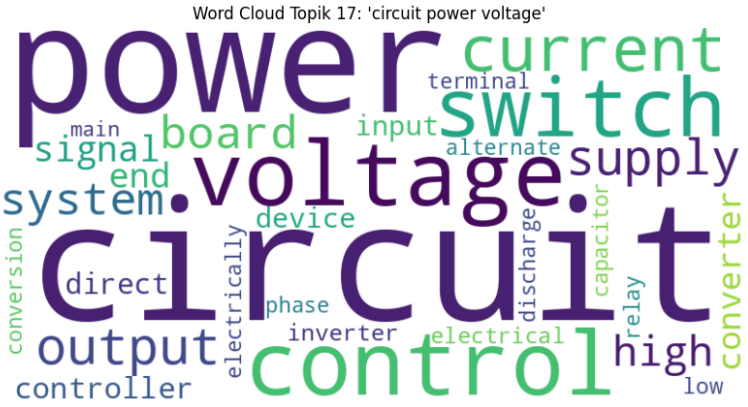
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_11	0.051*"control" + 0.031*"vehicle" + 0.028*"method" + 0.026*"charge" + 0.021*"voltage" + 0.019*"state" + 0.018*"system" + 0.018*"unit" 	Metode Pendeteksian Sensor dan Estimasi Daya Baterai	Topik ini berfokus pada inovasi sistem kendali kendaraan listrik melalui pemantauan kondisi operasional secara real-time. Data sensor dimanfaatkan untuk mengoptimalkan pengisian baterai, mengendalikan arus, dan meningkatkan efisiensi, keselamatan, serta keandalan sistem kendaraan listrik.
Periode 3 (2016-2019)	Topik_0	0.060*"motor" + 0.060*"rotor" + 0.050*"stator" + 0.033*"magnet" + 0.031*"magnetic" + 0.023*"core" + 0.022*"coil" + 0.018*"shaft" 	Rancangan Aliran Fluks Magnet dan Bantalan Poros Motor	Topik ini berfokus pada inovasi struktur elektromagnetik motor listrik melalui pengembangan rotor, stator, magnet permanen, kumparan, dan inti besi untuk meningkatkan efisiensi dan performa motor. Pengembangannya juga mencakup integrasi dengan poros dan bantalan agar putaran motor lebih stabil dan andal.

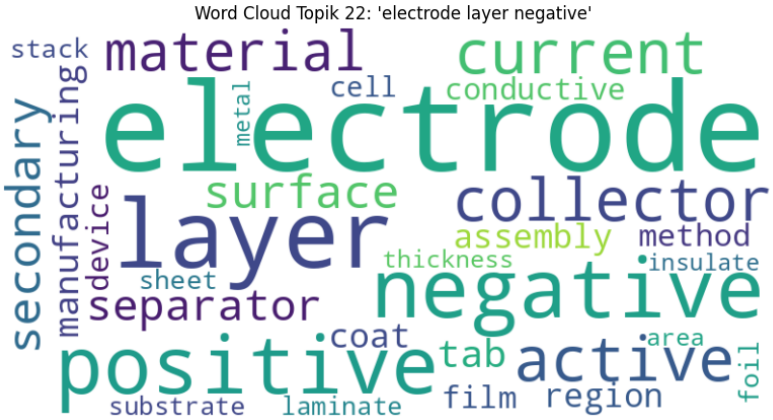
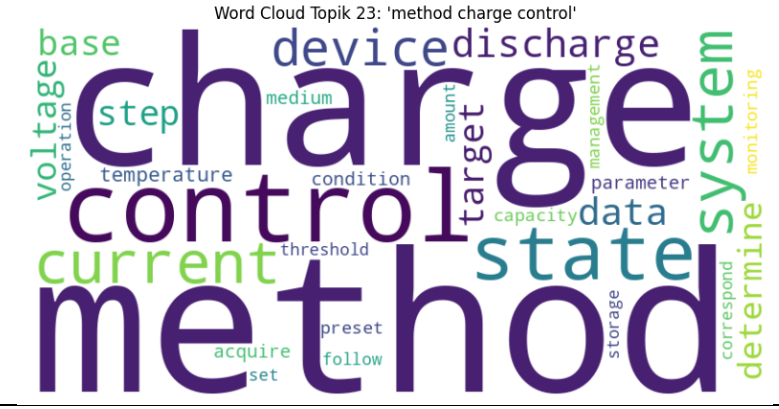
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_6	0.112*"charge" + 0.030*"method" + 0.029*"device" + 0.022*"vehicle" + 0.020*"voltage" + 0.019*"system" + 0.019*"current" + 0.019*"electric" 	Sistem Pengaturan Arus dan Status Pengisian Baterai	Topik ini berfokus pada inovasi sistem pengisian dan pengelolaan baterai melalui pengendalian tegangan, arus, status baterai, dan manajemen energi. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi, keamanan, umur pakai baterai, serta kinerja kendaraan listrik.
	Topik_13	0.082*"power" + 0.047*"vehicle" + 0.043*"control" + 0.032*"system" + 0.030*"electric" + 0.023*"supply" + 0.020*"unit" + 0.019*"motor" 	Kontroler motor dan Pengatur Output Tenaga Listrik	Topik ini berfokus pada inovasi sistem pengendalian dan distribusi daya listrik untuk mengatur suplai energi ke motor dan komponen kendaraan. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi energi, kestabilan operasi, respons akselerasi, serta performa kendaraan listrik secara keseluruhan.

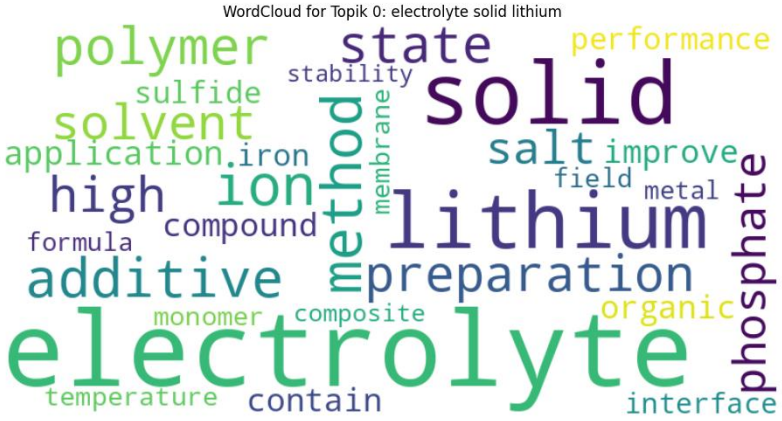
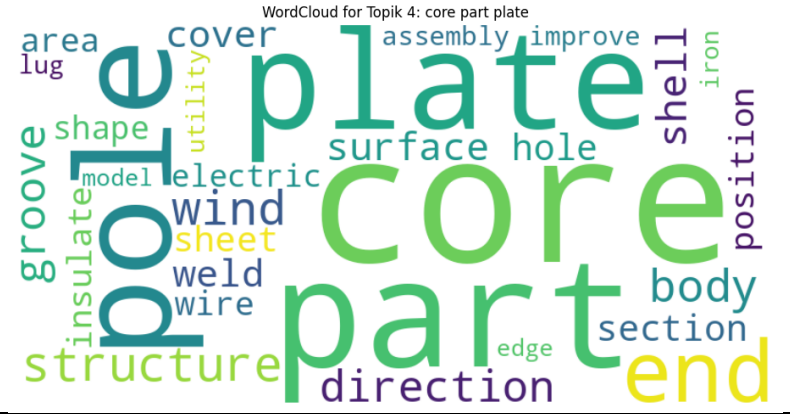
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
Periode 4 (2019-2023)	Topik_4	0.069*"shell" + 0.037*"lithium" + 0.031*"structure" + 0.020*"seal" + 0.019*"protection" + 0.014*"high" + 0.013*"improve" + 0.013*"reduce" 	Perancangan *Casing* Pelindung dan Segel Anti-Benturan Baterai	Topik ini berfokus pada pengembangan desain struktur pelindung baterai lithium, terutama cangkang (*shell*) dan sistem penyegelan (*seal*) untuk melindungi komponen internal baterai. Adanya istilah *protection*, *protective*, dan *safety* menunjukkan bahwa inovasi diarahkan untuk meningkatkan keselamatan baterai, sedangkan kata *improve* dan *reduce* mencerminkan upaya meningkatkan kinerja sekaligus mengurangi risiko teknis. Selain itu, kemunculan istilah *structure*, *technical*, *model*, *field*, dan *utility* menunjukkan pengembangan desain struktur pelindung yang lebih andal, sehingga dapat meningkatkan keamanan, stabilitas, dan umur pakai baterai pada kendaraan listrik.
	Topik_6	0.093*"material" + 0.048*"lithium" + 0.029*"carbon" + 0.024*"ion" + 0.024*"method" + 0.023*"anode" + 0.023*"electrode" + 0.021*"composite" 	Pengembangan Bahan Anoda Berbasis Silikon dan Katoda Oksida	Topik ini berfokus pada inovasi material elektroda baterai lithium-ion, baik anoda maupun katoda, melalui pengembangan material aktif, karbon, silikon, serta metode sintesis. Pengembangannya bertujuan meningkatkan kapasitas penyimpanan energi, stabilitas material, dan kinerja siklus baterai.

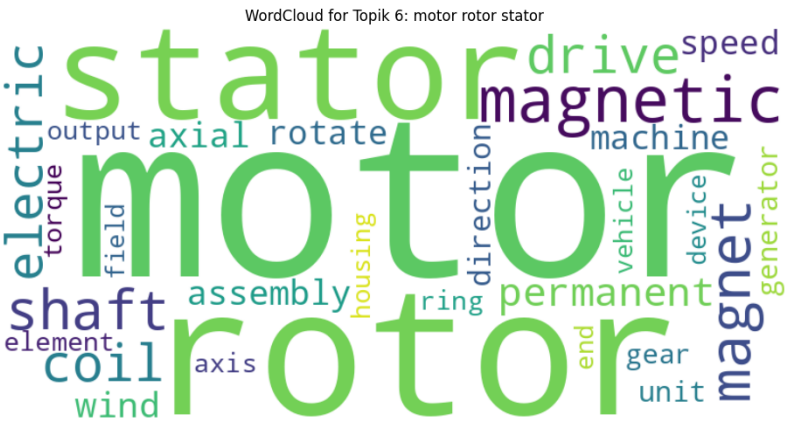
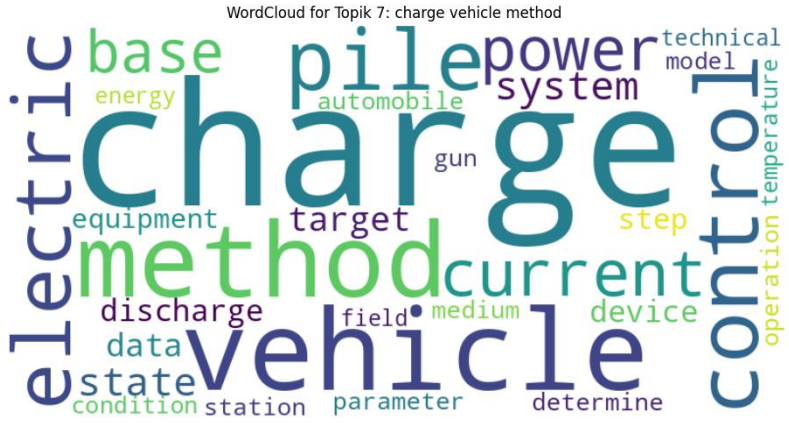
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_9	0.034*"fix" + 0.033*"frame" + 0.032*"mechanism" + 0.032*"support" + 0.027*"mount" + 0.026*"block" + 0.024*"rod" + 0.022*"end" 	Mekanisme Penjepit, Rel Geser, dan Penyangga Rangka	Topik ini berfokus pada inovasi sistem pemasangan dan penopang komponen kendaraan listrik agar terpasang kuat, presisi, dan mudah dirakit. Pengembangannya bertujuan meningkatkan kestabilan komponen, kemudahan perawatan, serta keandalan struktur kendaraan listrik.
	Topik_14	0.116*"vehicle" + 0.105*"charge" + 0.083*"power" + 0.050*"electric" + 0.042*"system" + 0.027*"supply" + 0.026*"device" + 0.022*"control" 	Sistem Komunikasi dan Pengisian Daya Nirkabel untuk Stasiun pengisian daya	Topik ini berfokus pada inovasi sistem pengisian daya kendaraan listrik melalui integrasi kendaraan, stasiun pengisian, dan sistem kendali. Pengembangannya mencakup metode pengisian, manajemen daya, komunikasi pengisian, serta teknologi pengisian nirkabel untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kemudahan pengisian baterai.

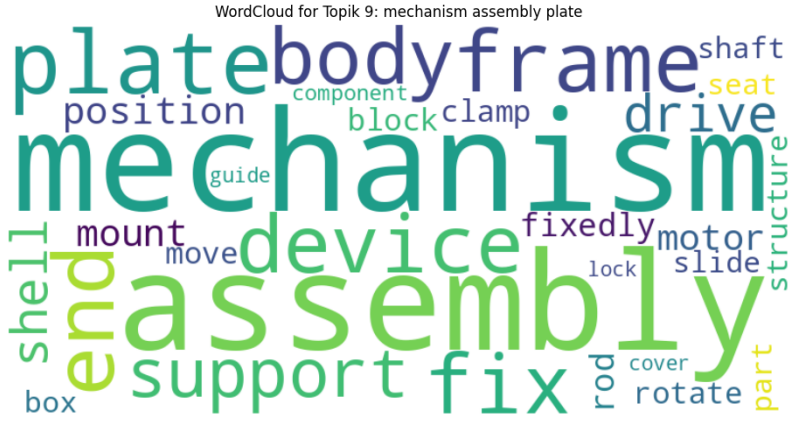
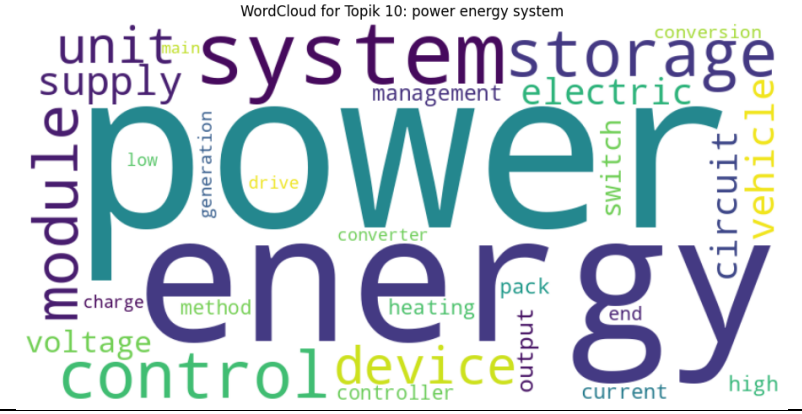
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_15	0.088*"charge" + 0.060*"body" + 0.056*"box" + 0.051*"pile" + 0.031*"electric" + 0.018*"utility" + 0.018*"model" + 0.017*"fill" + 0.015*"main" 	Rancangan Fisik Kotak Daya dan Tiang Pengisian (*Charging Pile*)	Topik ini berfokus pada inovasi desain fisik perangkat pengisian daya kendaraan listrik, meliputi charging pile, kabinet, panel, kotak pelindung, konektor, dan charging gun. Pengembangannya bertujuan meningkatkan keandalan, keamanan, kemudahan instalasi, serta kemudahan pengoperasian infrastruktur pengisian daya
	Topik_16	0.096*"rotor" + 0.088*"stator" + 0.056*"magnetic" + 0.050*"magnet" + 0.044*"motor" + 0.042*"core" + 0.024*"permanent" + 0.023*"coil" + 0.016*"direction" 	Desain Motor Listrik Aksial dan Distribusi Medan Magnet	Topik ini berfokus pada inovasi struktur elektromagnetik motor magnet permanen, meliputi desain rotor, stator, inti besi, kumparan, dan medan magnet. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi konversi energi, torsi, dan kinerja motor listrik.

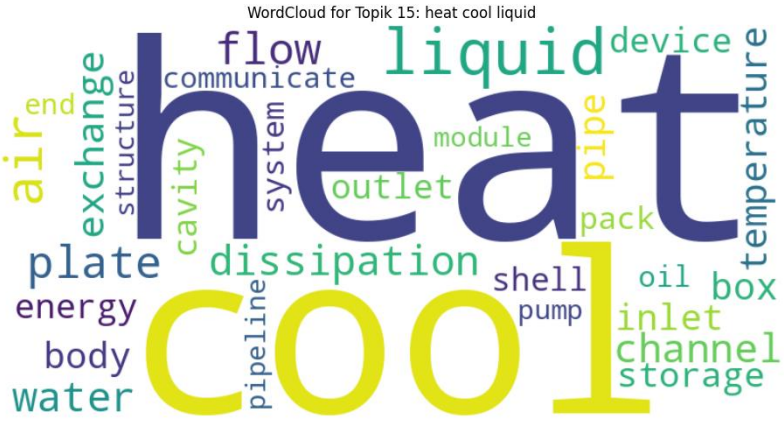
Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_17	0.072*"circuit" + 0.057*"power" + 0.053*"voltage" + 0.052*"control" + 0.043*"switch" + 0.043*"current" + 0.026*"output" + 0.023*"supply" 	Rangkaian Pengubah Daya dan Pelindung Arus (Konverter)	Topik ini berfokus pada inovasi elektronika daya untuk mengatur, mengonversi, dan mengendalikan aliran energi listrik pada kendaraan listrik. Pengembangannya bertujuan memastikan penyaluran daya antara baterai, motor listrik, dan komponen lainnya berlangsung secara efisien, stabil, dan aman.
	Topik_21	0.075*"part" + 0.043*"direction" + 0.042*"*housing*" + 0.037*"body" + 0.037*"surface" + 0.034*"member" + 0.023*"assembly" + 0.021*"end" 	Perakitan Dinding *Casing* dan Pengaturan Ruang Internal	Topik ini berfokus pada inovasi desain *housing* untuk melindungi dan menopang komponen kendaraan listrik. Pengembangannya bertujuan meningkatkan kekuatan struktur, perlindungan komponen, efisiensi ruang, dan kemudahan perakitan

Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_22	0.192*"electrode" + 0.101*"layer" + 0.074*"negative" + 0.070*"positive" + 0.038*"active" + 0.037*"current" + 0.035*"collector" + 0.030*"material" 	Proses Laminasi dan Pembuatan Lapisan Elektroda	Topik ini berfokus pada inovasi struktur dan proses manufaktur elektroda baterai sekunder, mulai dari pembentukan elektroda hingga perakitan sel baterai. Pengembangannya bertujuan meningkatkan kualitas fabrikasi, performa, dan keandalan baterai.
	Topik_23	0.050*"method" + 0.042*"charge" + 0.033*"control" + 0.026*"state" + 0.018*"current" + 0.018*"system" + 0.017*"device" + 0.016*"discharge" 	Sistem Pemantauan dan Pengendalian Siklus Isi-Ulang Baterai	Topik ini berfokus pada inovasi *Battery Management System* (BMS) untuk mengelola proses pengisian dan pengosongan baterai berdasarkan data tegangan, arus, suhu, dan kondisi operasi. Pengembangannya bertujuan meningkatkan akurasi pemantauan, keamanan, keandalan, serta umur pakai baterai.

Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
Periode 5 (2023-2025)	Topik_0	0.088*"electrolyte" + 0.057*"solid" + 0.045*"lithium" + 0.020*"ion" + 0.020*"method" + 0.018*"additive" + 0.016*"polymer" + 0.016*"state" 	Pengembangan Elektrolit Padat dan Bahan Aditif Polimer	Topik ini berfokus pada inovasi elektrolit padat berbasis lithium untuk menggantikan elektrolit cair. Pengembangannya bertujuan meningkatkan konduktivitas ion, stabilitas, keamanan, dan performa baterai solid-state dengan densitas energi yang lebih tinggi serta risiko kebocoran yang lebih rendah
	Topik_4	0.047*"core" + 0.038*"part" + 0.032*"plate" + 0.030*"pole" + 0.022*"end" + 0.020*"structure" + 0.020*"wind" + 0.018*"body" 	Rancangan Struktur Inti, Kutub, dan Alur Lilitan Motor	Topik ini berfokus pada inovasi desain struktur inti motor listrik melalui pengembangan inti magnet, kutub, pelat laminasi, alur lilitan, dan integrasi komponen mekanik. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi, kekuatan struktur, keandalan, dan kemudahan perakitan.

Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_6	0.087*"motor" + 0.049*"rotor" + 0.044*"stator" + 0.030*"magnetic" + 0.023*"magnet" + 0.022*"shaft" + 0.019*"coil" + 0.019*"drive" WordCloud for Topik 6: motor rotor stator 	Integrasi Poros, Kecepatan, dan Magnet Permanen pada Motor	Topik ini berfokus pada inovasi struktur elektromagnetik motor listrik berbasis magnet permanen melalui pengembangan rotor, stator, magnet permanen, dan kumparan. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi konversi energi, torsi, kepadatan daya, serta keandalan sistem penggerak kendaraan listrik
	Topik_7	0.115*"charge" + 0.036*"vehicle" + 0.030*"method" + 0.020*"control" + 0.019*"pile" + 0.017*"electric" + 0.016*"current" + 0.014*"power" WordCloud for Topik 7: charge vehicle method 	Metode Pengendalian Arus dan Pengelolaan Sistem Pengisian Cerdas	Topik ini berfokus pada inovasi sistem pengisian daya cerdas melalui pengelolaan proses pengisian, arus, status baterai, serta siklus energi. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi pengisian, integrasi dengan stasiun pengisian daya, dan umur pakai baterai.

Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_9	0.025*"mechanism" + 0.023*"assembly" + 0.020*"plate" + 0.019*"end" + 0.018*"frame" + 0.017*"fix"+ 0.017*"device" + 0.017*"body" 	Perancangan Rangka Utama dan Pemasangan Sistem Penggerak	Topik ini berfokus pada inovasi desain sistem pemasangan dan penopang motor listrik agar struktur lebih stabil. Pengembangannya bertujuan meningkatkan ketepatan pemasangan, kekuatan struktur, kemudahan instalasi, dan keandalan motor listrik.
	Topik_10	0.079*"power" + 0.048*"energy" + 0.043*"system" + 0.039*"storage" + 0.039*"control" + 0.033*"module" + 0.023*"device" + 0.022*"unit" 	Sistem Manajemen Daya dan Modul Pensaklaran (*Switching*)	Topik ini berfokus pada inovasi sistem manajemen daya untuk mengatur penyimpanan dan distribusi energi listrik pada kendaraan listrik. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi energi, menjaga kestabilan suplai listrik, serta meningkatkan keandalan sistem kelistrikan kendaraan.

Periodisasi	Topik_ID	Model	Label Topik	Interpretasi Topik
	Topik_11	0.044*"cell" + 0.032*"assembly" + 0.030*"pack" + 0.027*"body" + 0.026*"cover" + 0.024*"member" + 0.022*"*housing*" + 0.022*"case" 	Desain *Casing Battery Pack* dan Ruang Kedap Udara	Topik ini berfokus pada inovasi desain struktur *battery pack* yang aman, kokoh, dan mudah dirakit. Pengembangannya bertujuan meningkatkan keamanan, efisiensi ruang, kemudahan perakitan, serta keandalan sistem baterai kendaraan listrik
	Topik_15	0.071*"heat" + 0.069*"cool" + 0.045*"liquid" + 0.030*"air" + 0.022*"plate" + 0.021*"flow" + 0.018*"water" + 0.018*"dissipation" + 0.017*"channel" 	Sistem Pendingin Berbasis Cairan dan Udara dengan *heat exchange*	Topik ini berfokus pada inovasi BTMS berbasis pendinginan cair melalui pengembangan sistem pertukaran panas dan saluran pendingin. Pengembangannya bertujuan menjaga suhu baterai tetap stabil, mencegah overheating dan thermal runaway, serta meningkatkan efisiensi, keamanan, dan umur pakai baterai kendaraan listrik.

Berdasarkan tabel 4.14 menunjukkan label topik dan interpretasi topik prioritas dari setiap periode. Setiap label topik divisualisasikan menggunakan *wordcloud* untuk menampilkan kata-kata yang paling dominan pada masing-masing kelompok topik. *Word cloud* merupakan visualisasi yang menampilkan kumpulan kata dengan ukuran yang berbeda sesuai frekuensi kemunculannya. Semakin besar ukuran suatu kata, semakin sering kata tersebut muncul dalam data. Visualisasi ini membantu mengidentifikasi kata-kata yang paling dominan sehingga karakteristik setiap topik dapat dipahami dengan lebih mudah.
Berdasarkan interpretasi topik terhadap 36 topik prioritas yang ada diperoleh jumlah pengelompokkan untuk label topik sebagai tema besar sebanyak 7 yakni:

1) Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik yang menggabungkan Periode 4-Topik 14, Periode 4-Topik 15, Periode 5-Topik 7;
2) Desain elektromagnetik motor magnet permanen yang menggabungkan Periode 1-Topik 6, Periode 2-Topik 2, Periode 2-Topik 10, Periode 3-Topik 0, Periode 4-Topik 16, Periode 5-Topik 4, Periode 5-Topik 6;
3) Desain struktur mekanik dan *housing* kendaraan listrik yang menggabungkan Periode 1-Topik 8, Periode 1-Topik 14, Periode 2-Topik 5, Periode 4 -Topik 9, Periode 4-Topik 21, Periode 5-Topik 9;
4) Sistem kendali dan manajemen daya kendaraan listrik yang menggabungkan Periode 1-Topik 10, Periode 1-Topik 16, Periode 2-Topik 4, Periode 3-Topik 13, Periode 4-Topik 17, Periode 5-Topik 10;
5) Desain struktur pelindung baterai lithium yang terdiri dari Periode 4-Topik 4;
6) Pengembangan elektrokimia baterai lithium yang menggabungkan Periode 1-Topik 4, Periode 2-Topik 3, Periode 2-Topik 8, Periode 4-Topik 6, Periode 4-Topik 22, Periode 5-Topik 0;
7) Integrasi sistem dan modul baterai yang menggabungkan Periode 1-Topik 11, Periode 2-Topik 7, Periode 2-Topik 11, Periode 3-Topik 6, Periode 4-Topik 23, Periode 5-Topik 11, Periode 5-Topik 15.

Ketujuh tema besar tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan grafik tren *time series* untuk menganalisis dinamika perkembangan inovasi teknologi motor listrik pada setiap periode penelitian.

4.2.4 *Time Series- Dynamic Analysis*

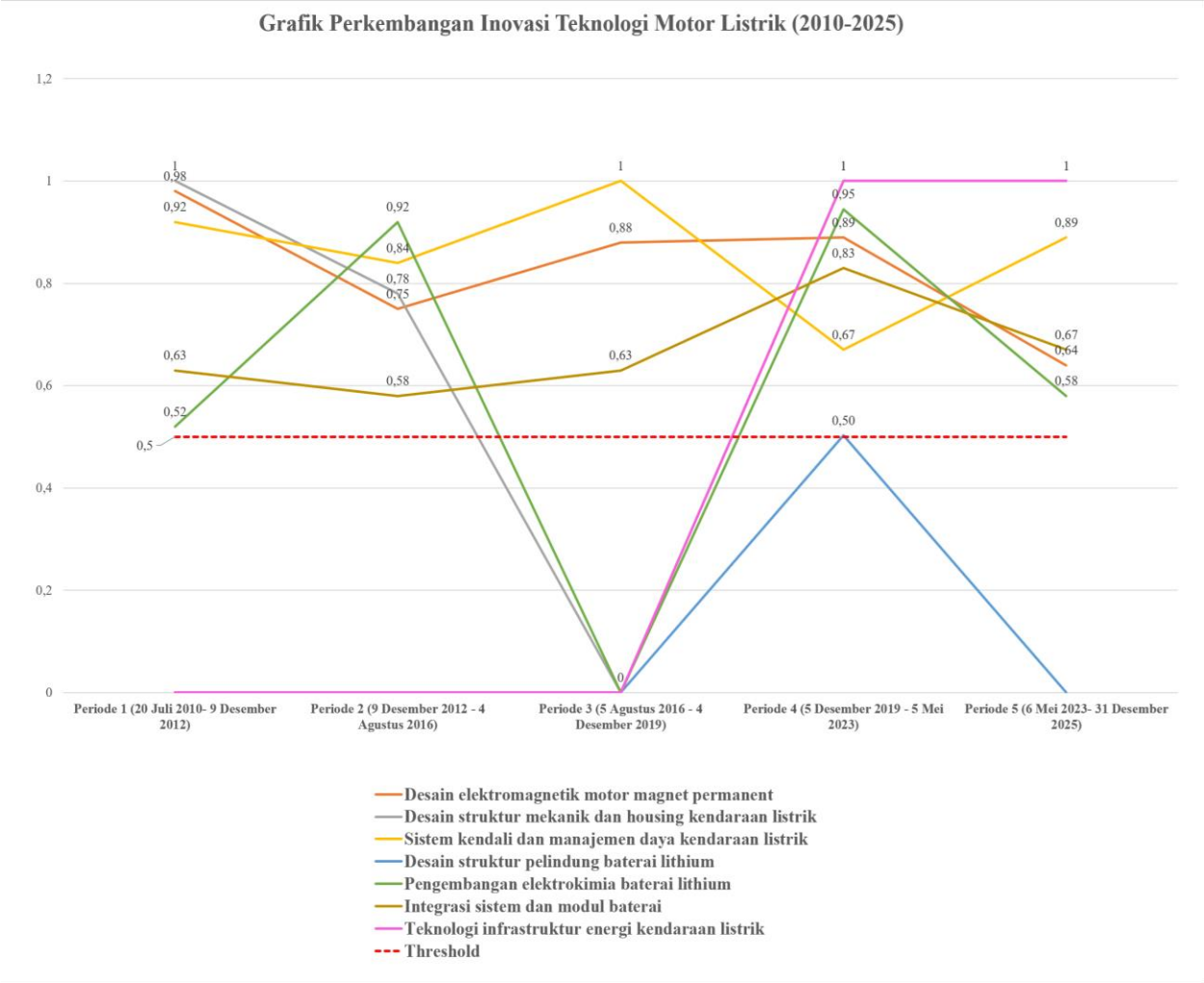
Setelah topik-topik teknologi diinterpretasikan dan dikelompokkan, langkah selanjutnya adalah menganalisis bagaimana setiap tema topik teknologi tersebut berubah dari waktu

ke waktu. Analisis ini dilakukan dengan menghitung nilai dari normalisasi data yang telah dilakukan sebelumnya di tahapan LDA dari periode 1-5 guna memudahkan visualisasi tren sebagaimana disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. 15 Hasil Rata-Rata Normalisasi Data

Tema Topik Teknologi	Periode 1 (2010-2012)	Periode 2 (2012-2016)	Periode 3 (2016-2019)	Periode 4 (2019-2023)	Periode 5 (2023-2025)
Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik	0	0	0	1	1
Desain elektromagnetik motor magnet permanent	0,98	0,75	0,88	0,89	0,64
Desain struktur mekanik dan *housing* kendaraan listrik	1	0,78	0	1	1
Sistem kendali dan manajemen daya kendaraan	0,92	0,84	1	0,67	0,89
Desain struktur pelindung baterai lithium	0	0	0	0,50	0
Pengembangan elektrokimia baterai lithium	0,52	0,92	0	0,95	0,58
Integrasi sistem dan modul baterai	0,63	0,58	0,63	0,83	0,67

Berdasarkan data pada Tabel 4.15 tersebut selanjutnya akan dibuat grafik *time series* untuk memvisualisasikan dinamika tren setiap tema topik teknologi. Grafik ini menampilkan pergerakan proporsi masing-masing katgeori topik inovasi teknologi motor listrik dari periode 1 hingga periode 5, sehingga memudahkan dalam identifikasi pola tren. Hasil visualisasi grafik *time series* disajikan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Grafik Perkembangan Inovasi Teknologi Motor Listrik (2010-2025)

Berdasarkan grafik perkembangan inovasi teknologi motor listrik periode 20 Juli 2010–31 Desember 2025 di atas, terlihat bahwa ketujuh tema topik memiliki pola perkembangan yang berbeda-beda pada setiap periode. Sebagian tema topik menunjukkan tren yang relatif stabil, sementara yang lain mengalami kenaikan maupun fluktuasi yang cukup tajam. Beberapa tema topik juga baru mulai muncul pada periode akhir, sedangkan satu tema topik hanya muncul pada satu periode tertentu. Secara umum, hampir seluruh tema topik memiliki nilai proporsi di atas garis *threshold* (0,5) pada setidaknya satu periode, meskipun terdapat beberapa periode ketika nilai suatu topik berada di bawah atau sama dengan nol sehingga tidak memenuhi *threshold.* Sebagaimana disajikan pada tabel 4.16 terkait identifikasi pola tren dari inovasi teknologi motor listrik di bawah ini diperkuat dengan prinsip analisis *Technology Life Cycle* (Haupt et al., 2007) dan (Taylor & Taylor, 2012)untuk membantu menginterpretasikan tahapan perkembangan teknologi.:

Tabel 4. 16 Klasifikasi Pola Tren Tema Topik Teknologi

No	Tema Topik Teknologi	Klasifikasi Pola Tren	Keterangan
1	Desain elektromagnetik motor magnet permanen	Stabil Fluktuatif (*Mature*)	Meskipun sempat meningkat pada Periode 3 hingga Periode 4, nilai akhirnya lebih rendah dibanding awal (0,98 menjadi 0,64). Tren jangka panjang menunjukkan penurunan tetapi skornya konsisten tinggi (di atas *threshold*) pada setiap periode penelitian sehingga teknologi mengalami kematangan.
2	Desain struktur mekanik dan *housing* kendaraan listrik	Meningkat kembali (*Re-emerging Growth*)	Topik sempat hilang pada Periode 3 (0), kemudian kembali sangat kuat pada Periode 4 dan tetap bertahan di Periode 5 dengan nilai maksimum (1,00).
3	Sistem kendali dan manajemen daya kendaraan listrik	Stabil (*Mature*)	Nilainya selalu berada di atas *threshold* dan tetap tinggi pada seluruh periode. Walaupun terjadi fluktuasi kecil, tidak pernah hilang
4	Desain struktur pelindung baterai lithium	Muncul sementara	Topik hanya muncul pada satu periode yaitu Periode 4 (0,50), kemudian kembali menghilang di Periode 5 (0). Karena tidak bertahan setelah muncul dan tak menunjukkan arah perkembangan yang konsisten.
5	Pengembangan elektrokimia baterai lithium	Sangat Fluktuatif	Meskipun mengalami kenaikan tajam di periode 2, kemudian turun dan hilang di periode 3 kemudian memuncak di periode 4 (0,95), dan turun lagi di periode 5 (0,58). Sehingga tidak menunjukkan arah perkembangan yang konsisten.
6	Integrasi sistem dan modul baterai	Stabil berkembang (*Mature Growth*)	Mulai dari 0,63 di P1 dan P3, naik menjadi 0,83 di P4, dan berada di 0,67 di P5 dengan nilai-nilainya tinggi dan berada diatas *threshold* . Tren jangka panjangnya menunjukkan perkembangan yang positif.
7	Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik	Baru Muncul (*Emerging*)	Tidak muncul pada tiga periode awal, kemudian muncul dengan nilai maksimum pada Periode 4 dan tetap bertahan pada Periode 5 (1,00).

Tabel 4.16 menunjukkan klasifikasi pola tren teknologi yang disusun berdasarkan hasil analisis *time-series dynamic analysis* terhadap skor normalisasi setiap topik pada masing-masing periode. Klasifikasi ini mempertimbangkan tiga aspek utama, yaitu: (1) arah perkembangan teknologi, apakah meningkat, menurun, atau relatif stabil; (2) konsistensi kemunculan topik, apakah muncul secara berkelanjutan, sempat menghilang kemudian muncul kembali, atau hanya muncul dalam periode tertentu; dan (3) posisi skor terhadap *threshold* 0,5, yaitu apakah skor berada di atas atau di bawah nilai tersebut.

Kategori *Mature* diberikan pada topik yang memiliki skor tinggi dan konsisten di atas *threshold* pada seluruh periode, meskipun terdapat sedikit fluktuasi, sehingga

menunjukkan bahwa teknologi tersebut telah mencapai tahap kematangan. Kategori *Mature Growth* diberikan pada topik yang menunjukkan tren perkembangan positif dalam jangka panjang dengan skor yang tetap tinggi, yang menunjukkan bahwa teknologi telah matang tetapi masih mengalami perkembangan. Kategori *Re-emerging Growth* digunakan untuk topik yang sempat tidak muncul pada suatu periode, kemudian kembali muncul dengan skor tinggi, yang menunjukkan adanya perkembangan atau kebangkitan inovasi pada teknologi tersebut. Kategori *Emerging* diberikan pada topik yang baru muncul pada periode akhir penelitian dengan skor tinggi, yang menunjukkan adanya teknologi yang mulai berkembang. Selanjutnya, kategori Sangat Fluktuatif menunjukkan topik dengan pola perkembangan yang tidak konsisten, sedangkan Muncul Sementara menunjukkan topik yang hanya muncul pada satu periode dan tidak berlanjut pada periode berikutnya.

BAB V
PEMBAHASAN DAN REKOMENDASI

5.1 Identifikasi dan seleksi Topik Prioritas Teknologi Motor Listrik

Penelitian ini diawali dengan proses *scraping* data paten menggunakan kombinasi kata kunci yang beragam karena mencakup berbagai kategori motor listrik, seperti motor listrik murni, motor dengan *swappable battery*, maupun motor hasil *retrofit*. Setiap kategori memiliki karakteristik teknis dan istilah yang berbeda dalam dokumen paten, sehingga penggunaan kata kunci yang komprehensif diperlukan untuk memperoleh data yang representatif dan meminimalkan *sampling bias* atau menghindari hilangnya informasi penting (Hu et al., 2022).

Data paten yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) untuk mengidentifikasi topik teknologi pada setiap periode penelitian diperoleh 36 topik prioritas yang kemudian diinterpretasikan sehingga memperoleh label topik dan dikelompokkan secara manual dan diperoleh 7 tema besar dengan periode-topik yang menaunginya. Tema topik teknologi inilah yang menjadi dasar *time series-dynamic analysis,* yakni sebagai berikut*:*

1) Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik berfokus pada sistem pengisian daya, meliputi stasiun pengisian, perangkat pengisi daya, pengisian cerdas dan nirkabel, serta komunikasi kendaraan–infrastruktur. Teknologi ini diarahkan untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, keandalan, dan kemudahan pengisian. Pola *emerging* menunjukkan bahwa infrastruktur energi merupakan bidang yang berkembang pesat dan berpotensi menjadi arah inovasi teknologi motor listrik di masa depan.
2) Desain elektromagnetik motor magnet permanen yang berfokus pada penyempurnaan rotor, stator, magnet permanen, kumparan, inti besi, dan komponen pendukung untuk meningkatkan efisiensi, torsi, kepadatan daya, kestabilan, dan keandalan motor. Pola *mature* menunjukkan bahwa teknologi ini telah relatif matang dan tetap menjadi pondasi utama sistem penggerak motor listrik.
3) Desain struktur mekanik dan *housing* kendaraan listrik yang berfokus pada pengembangan *housing*, rangka, poros, bantalan, serta komponen pelindung dan pemasangan untuk meningkatkan kekuatan, perlindungan, kestabilan, keandalan,

dan kemudahan manufaktur. Pola *re-emerging growth* menunjukkan bahwa teknologi ini kembali menjadi fokus inovasi seiring meningkatnya kebutuhan struktur kendaraan yang lebih kuat, efektif, dan mudah dirakit.

4) Sistem kendali dan manajemen daya kendaraan listrik yang berfokus pada pengaturan, konversi, dan distribusi energi melalui unit kontrol, inverter, konverter, sensor, dan komponen elektronika untuk meningkatkan efisiensi, kestabilan, keamanan, dan keandalan. Pola *mature* dengan nilai yang konsisten di atas *threshold* menunjukkan bahwa teknologi ini merupakan teknologi inti yang terus menjadi prioritas dalam pengembangan kendaraan listrik.
5) Desain struktur pelindung baterai lithium yang berfokus pada pengembangan *shell* dan sistem *seal* untuk melindungi komponen internal baterai. Topik ini hanya muncul pada Periode 4 dan tidak berlanjut pada Periode 5, sehingga dikategorikan sebagai topik dengan pola kemunculan sementara.
6) Pengembangan elektrokimia baterai lithium yang berfokus pada pengembangan material dan komponen sel, seperti elektroda, elektrolit, separator, dan *current collector*, untuk meningkatkan kapasitas, stabilitas, keamanan, performa, dan umur baterai. Pola fluktuatif menunjukkan bahwa inovasi elektrokimia baterai masih berkembang, tetapi arah perkembangannya belum stabil selama periode penelitian.
7) Integrasi sistem dan modul baterai yang berfokus pada penyusunan sel menjadi modul dan *battery pack* yang dilengkapi *Battery Management System* (BMS) dan *Battery Thermal Management System* (BTMS) untuk mengelola kondisi, pengisian, pengosongan, suhu, keamanan, dan umur baterai. Pola mature growth dengan tren yang konsisten meningkat menunjukkan perkembangan positif dan menjadikannya salah satu fokus utama inovasi sistem baterai

Berdasarkan hasil *time series* tersebut, dilakukan seleksi lanjutan untuk menentukan topik yang paling representatif dalam menggambarkan arah inovasi motor listrik. Seleksi dilakukan berdasarkan dua kriteria, yaitu: **(1)** memiliki skor normalisasi yang konsisten di atas *threshold* 0,5 pada sebagian besar periode penelitian; dan **(2)** menunjukkan pola perkembangan yang jelas serta tetap bertahan bahkan di periode akhir atau memiliki tren yang terus meningkat.

Hasil seleksi menunjukkan bahwa tema topik teknologi desain struktur pelindung baterai lithium tidak memenuhi kriteria karena hanya muncul pada satu periode dan tidak

berlanjut pada periode berikutnya. Kemudian, topik teknologi pengembangan elektrokimia baterai lithium juga tidak dipilih karena memiliki pola perkembangan yang sangat fluktuatif dan belum mampu menunjukkan arah inovasi yang konsisten.

Oleh karena itu, ada 5 tema topik teknologi yang akan dianalisis lebih mendalam menggunakan tahapan bigram trigram guna menentukan arah ide pengembangan produk motor listrik di masa depan, yaitu sebagai berikut:

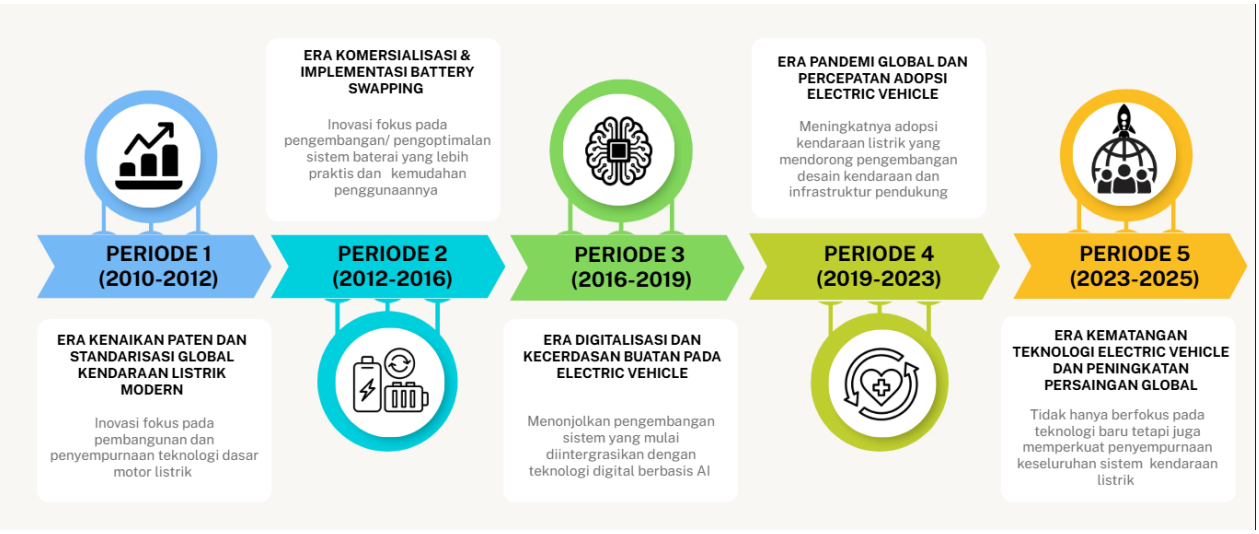
Tabel 5. 1 Tema Topik Teknologi Terpilih

No	Tema Topik Teknologi	Topik_ID	Pola Tren	Jumlah Topik Prioritas
1	Desain elektromagnetik motor magnet permanen	• Periode 1-Topik 6 • Periode 2-Topik 2 • Periode 2-Topik 10 • Periode 3-Topik 0 • Periode 4-Topik 16 • Periode 5-Topik 4 • Periode 5-Topik 6	Stabil Fluktuatif (*Mature*)	7 Topik
2	Desain struktur mekanik dan *housing* kendaraan listrik	• Periode 1-Topik 8 • Periode 1-Topik 14 • Periode 2-Topik 5 • Periode 4 -Topik 9 • Periode 4-Topik 21 • Periode 5-Topik 9	Meningkat kembali (*Re-emerging Growth*)	6 Topik
3	Sistem kendali dan manajemen daya kendaraan listrik	• Periode 1-Topik 10 • Periode 1-Topik 16 • Periode 2-Topik 4 • Periode 3-Topik 13 • Periode 4-Topik 17 • Periode 5-Topik 10	Stabil (*Mature*)	6 topik
4	Integrasi sistem dan modul baterai	• Periode 1-Topik 11 • Periode 2-Topik 7 • Periode 2-Topik 11 • Periode 3-Topik 6	Stabil berkembang (*Mature Growth*)	7 Topik

No	Tema Topik Teknologi	Topik_ID	Pola Tren	Jumlah Topik Prioritas
		• Periode 4-Topik 23 • Periode 5-Topik 11 • Periode 5-Topik 15		
5	Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik	• Periode 4-Topik 14 • Periode 4-Topik 15 • Periode 5-Topik 7	Baru Muncul (*Emerging*)	3 topik
TOTAL TOPIK TERPILIH				**29 Topik**

5.2 Analisis Hasil Dinamika Tren Paten Motor Listrik (2010-2025)

Berdasarkan hasil *Time Series-Dynamic Analysis*, topik-topik dalam tema besar teknologi motor listrik menunjukkan dinamika yang berbeda pada setiap periode. Periodisasi yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada konteks perkembangan global yang telah ditetapkan sebelumnya, sedangkan analisis *time series* digunakan untuk melihat bagaimana arah prioritas teknologi berkembang dalam masing-masing periode tersebut.



Gambar 5. 1 Perkembangan Teknologi Motor Listrik Periode 1-5

(Desain penulis)

Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui bahwa dinamika lima topik prioritas teknologi motor listrik dibagi menjadi beberapa era , yakni:

a) Periode 1 (2010-2012): Era Kenaikan Paten dan Standarisasi Global

Periode 1 merupakan tahap awal perkembangan teknologi motor listrik modern yang ditandai oleh tingginya aktivitas inovasi pada teknologi inti kendaraan listrik.

Berdasarkan analisis *time series*, hampir seluruh topik mulai berkembang, dengan Desain Elektromagnetik Motor Magnet Permanen (0,98) dan Sistem Kendali dan Manajemen Daya Kendaraan Listrik (0,92) sebagai topik dengan skor tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa inovasi terutama diarahkan pada penyempurnaan motor dan sistem kendali untuk meningkatkan efisiensi, performa, dan keandalan kendaraan listrik, sejalan dengan mulai berkembangnya pasar kendaraan listrik pada 2010–2012. Perkembangan tersebut juga diperkuat oleh meningkatnya standardisasi keselamatan global, melalui fokus harmonisasi kendaraan listrik oleh WP.29 pada 2011 dan penerbitan UN *Regulation* No. 100 pada 2012 yang mengatur keselamatan sistem penyimpanan energi listrik dan kendaraan listrik. Bentuk tuntutan pasar dan regulasi mendorong pengembangan teknologi yang tidak hanya berorientasi pada performa, tetapi juga keamanan dan keandalan, sehingga Periode 1 dapat dipandang sebagai tahap pembangunan pondasi teknologi kendaraan listrik yang menjadi dasar bagi pengembangan baterai, integrasi sistem, dan pengisian daya pada periode berikutnya.

b) Periode 2 (2012-2016): Era Komersialisasi dan Implementasi *Battery Swapping*

Pada tahap ini terjadi pergeseran fokus inovasi menuju teknologi baterai dan penyediaan energi. Hal ini terlihat dari peningkatan *Pengembangan Elektrokimia Baterai Lithium* dari 0,52 menjadi 0,92 dan mulai meningkatnya *Integrasi Sistem dan Modul Baterai*, sementara *Desain Struktur Mekanik dan Housing Kendaraan Listrik* menurun dari 1,00 menjadi 0,78. Pola tersebut menunjukkan bahwa inovasi mulai beralih dari pengembangan struktur dan sistem penggerak menuju peningkatan kapasitas, efisiensi, keamanan, umur pakai, dan kemudahan pengisian baterai, sejalan dengan fase komersialisasi kendaraan listrik yang menghadapi kendala *charging time* dan *range anxiety* (Lipu et al., 2022). Perkembangan ini tercermin dalam munculnya *battery swapping* pada 2013 dan pengembangan ekosistem *swappable battery* serta *Battery as a Service* pada 2015–2016 (Fleming, 2014; Weintraub, 2016). yang menunjukkan bahwa inovasi mulai mencakup sistem pendukung selain kendaraan itu sendiri. Dengan demikian, Periode 2 dapat dipahami sebagai fase transisi menuju komersialisasi, ketika baterai dan integrasi sistem energi menjadi semakin penting sebagai dasar peningkatan kinerja, kemudahan penggunaan, dan kesiapan ekosistem kendaraan listrik.

c) Periode 3 (2016-2019): Era Digitalisasi dan Kecerdasan Buatan pada *Electric Vehicle*
Pada periode ini terjadi pergeseran arah inovasi, ditandai oleh dominasi Sistem Kendali dan Manajemen Daya Kendaraan Listrik dengan skor *time series* 1,00, sementara Pengembangan Elektrokimia Baterai Lithium dan Desain Struktur Mekanik dan *Housing* Kendaraan Listrik tidak lagi menjadi prioritas. Kondisi ini menunjukkan peralihan fokus dari pengembangan komponen fisik menuju sistem kendali, elektronik, sensor, perangkat lunak, konektivitas, dan kecerdasan buatan untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan kecerdasan kendaraan listrik. Era ini ditandai oleh berkembangnya teknologi kendaraan berbasis AI, penguatan standar keselamatan kendaraan listrik melalui UN GTR No. 20, serta munculnya fitur konektivitas dan keselamatan cerdas. Dominasi sistem kendali dalam hasil penelitian menunjukkan bahwa inovasi semakin diarahkan pada integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, termasuk pengendalian daya, sensor, komunikasi antarkomponen, dan algoritma kendali. Sementara itu, tidak munculnya kembali topik baterai dan struktur sebagai prioritas utama lebih menunjukkan pergeseran fokus inovasi daripada penurunan teknologi tersebut. Sehingga, Periode 3 dapat dipandang sebagai fase transisi menuju *smart electric vehicle*.

d) Periode 4 (2019-2023): Era Pandemi Global dan Percepatan Adopsi *Electric Vehicle*
Di periode ini arah inovasi semakin bergeser dari pengembangan performa kendaraan menuju integrasi sistem dan pengembangan ekosistem kendaraan listrik. Hasil *time series* menunjukkan bahwa Desain Struktur Mekanik dan *Housing* kembali menjadi prioritas dengan skor 1,00, Teknologi Infrastruktur Energi Kendaraan Listrik pertama kali muncul dengan skor 1,00, dan Integrasi Sistem dan Modul Baterai terus meningkat. Pergeseran ini sejalan dengan meningkatnya adopsi kendaraan listrik pada periode 2019–2023 serta dorongan global terhadap transportasi rendah emisi, termasuk melalui kebijakan pemulihan pascapandemi dan penguatan standar keselamatan serta emisi kendaraan listrik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ketika teknologi motor, baterai, dan sistem kendali semakin matang, perhatian inovasi mulai diarahkan pada infrastruktur pengisian, integrasi baterai, dan penyempurnaan struktur kendaraan agar penggunaan kendaraan listrik semakin praktis, aman, dan andal. Dengan demikian, Periode 4 dapat dipandang sebagai fase pengembangan ekosistem kendaraan listrik, yang menjadi landasan menuju kematangan teknologi pada Periode 5.

e) Periode 5 (2023–2025): Era Kematangan Teknologi Electric Vehicle dan Peningkatan Persaingan Global

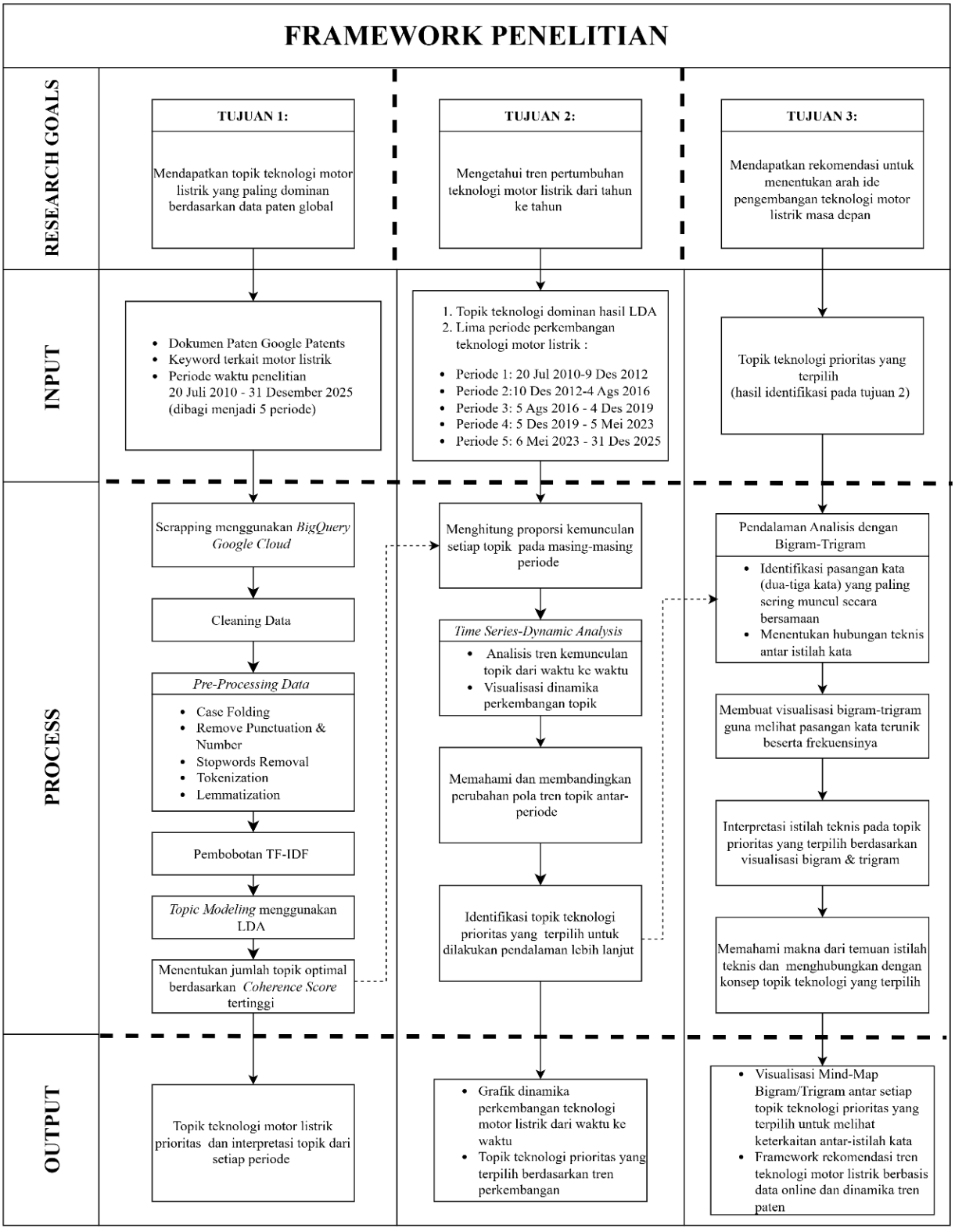
Lalu di periode ini perkembangan teknologi motor listrik mulai memasuki fase kematangan (*technology maturity*), ditandai dengan relatif stabilnya atau sedikit menurunnya sebagian besar topik prioritas, sementara Teknologi Infrastruktur Energi Kendaraan Listrik tetap menjadi prioritas tertinggi dengan skor 1,00. Kondisi ini menunjukkan bahwa inovasi mulai bergeser dari pengembangan teknologi inti menuju penyempurnaan ekosistem kendaraan listrik, terutama infrastruktur pengisian, integrasi energi, keamanan, konektivitas, dan interoperabilitas (kemampuan saling beroperasi satu sama lain). Perkembangan tersebut sejalan dengan meningkatnya adopsi kendaraan listrik dan penguatan regulasi keselamatan serta keamanan, termasuk aspek keamanan siber dan keselamatan sistem tegangan tinggi serta baterai. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa Integrasi Sistem dan Modul Baterai terus berkembang, sedangkan Desain Elektromagnetik Motor Magnet Permanen dan Sistem Kendali dan Manajemen Daya relatif stabil, sehingga inovasi pada periode ini lebih mencerminkan penyempurnaan, integrasi, dan standardisasi teknologi yang telah berkembang untuk meningkatkan keamanan, keandalan, dan kualitas ekosistem kendaraan listrik.

5.3 Rekomendasi Arah Pengembangan Teknologi Motor Listrik

Berdasarkan hasil analisis pemodelan topik LDA (*Latent Dirichlet Allocation*) dan *Time-Series Dynamic Analysis*, penelitian ini menghasilkan rekomendasi arah pengembangan teknologi motor listrik berdasarkan perkembangan inovasi yang tercermin dalam data paten global. Rekomendasi tersebut tidak dimaksudkan untuk menghasilkan rancangan atau spesifikasi produk motor listrik secara langsung, melainkan untuk memberikan dasar dalam menentukan aspek teknologi yang dapat menjadi perhatian dalam pengembangan produk motor listrik pada masa mendatang. Penyusunan rekomendasi dilakukan dengan menghubungkan hasil identifikasi topik teknologi, perkembangan tren antarperiode, serta pendalaman karakteristik teknis dari topik teknologi yang menjadi prioritas.

5.3.1 *Framework* Rekomendasi Penlitian

Berikut ini merupakan *framework* atau kerangka kerja dalam penentuanarah pengembangan teknologi motor listrik:



Gambar 5. 2 *Framework* Rekomendasi Penelitian

Berdasarkan Gambar 5.2, *framework* penelitian terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu *input*, *process*, dan *output*, yang disusun untuk menjawab tiga tujuan penelitian. Ketiga tahapan tersebut memiliki keterkaitan dalam menghasilkan dasar penentuan arah

pengembangan teknologi motor listrik berdasarkan data paten global. Tahap pertama diarahkan untuk memperoleh topik teknologi motor listrik yang dominan, tahap kedua digunakan untuk mengetahui pola perkembangan topik dari waktu ke waktu, sedangkan tahap ketiga digunakan untuk memperdalam topik teknologi prioritas melalui identifikasi istilah teknis menggunakan bigram dan trigram.

Pada Tujuan 1, penelitian ini menggunakan dokumen paten global yang diperoleh dari *Google Patents* berdasarkan *keyword* terkait motor listrik dengan rentang waktu 20 Juli 2010 hingga 31 Desember 2025. Data tersebut melalui tahapan *scrapping*, *cleaning*, *pre-processing*, pembobotan TF-IDF, dan pemodelan topik menggunakan LDA. Jumlah topik optimal ditentukan berdasarkan nilai *coherence score* tertinggi. Tahapan tersebut menghasilkan kumpulan topik teknologi motor listrik beserta istilah yang merepresentasikan masing-masing topik.

Selanjutnya, Tujuan 2 dilakukan untuk mengetahui bagaimana topik-topik tersebut berkembang dari waktu ke waktu. Data penelitian dibagi menjadi lima periode perkembangan, yaitu Periode 1 (20 Juli 2010–9 Desember 2012), Periode 2 (10 Desember 2012–4 Agustus 2016), Periode 3 (5 Agustus 2016–4 Desember 2019), Periode 4 (5 Desember 2019–5 Mei 2023), dan Periode 5 (6 Mei 2023–31 Desember 2025). Proporsi kemunculan masing-masing topik pada setiap periode kemudian dianalisis menggunakan *Time-Series Dynamic Analysis* untuk mengetahui pola perkembangan dan perubahan tren teknologi. Hasil analisis ini digunakan untuk membandingkan perkembangan topik antarperiode dan mengidentifikasi topik teknologi yang menjadi prioritas untuk dilakukan pendalaman lebih lanjut.

Pada Tujuan 3, topik teknologi yang telah teridentifikasi sebagai prioritas kemudian dianalisis secara lebih mendalam menggunakan bigram dan trigram. Tahapan ini dilakukan untuk memperoleh informasi teknis yang lebih spesifik mengenai istilah-istilah yang muncul dalam suatu topik sehingga hasil akhir penelitian tidak berhenti pada identifikasi topik teknologi dan pola pertumbuhannya, tetapi juga dilanjutkan dengan interpretasi terhadap karakteristik teknis yang terkandung di dalam topik tersebut.

Berdasarkan alur yang ada, *framework* penelitian menunjukkan bahwa rekomendasi arah pengembangan teknologi diperoleh melalui proses yang bertahap, mulai dari identifikasi teknologi berdasarkan data paten, analisis perkembangan teknologi dari waktu ke waktu, hingga pendalaman detail teknis pada topik prioritas. Oleh karena itu, *framework* ini berfungsi sebagai pendekatan penelitian untuk menentukan arah

pengembangan teknologi motor listrik berdasarkan bukti empiris dari perkembangan inovasi paten global.

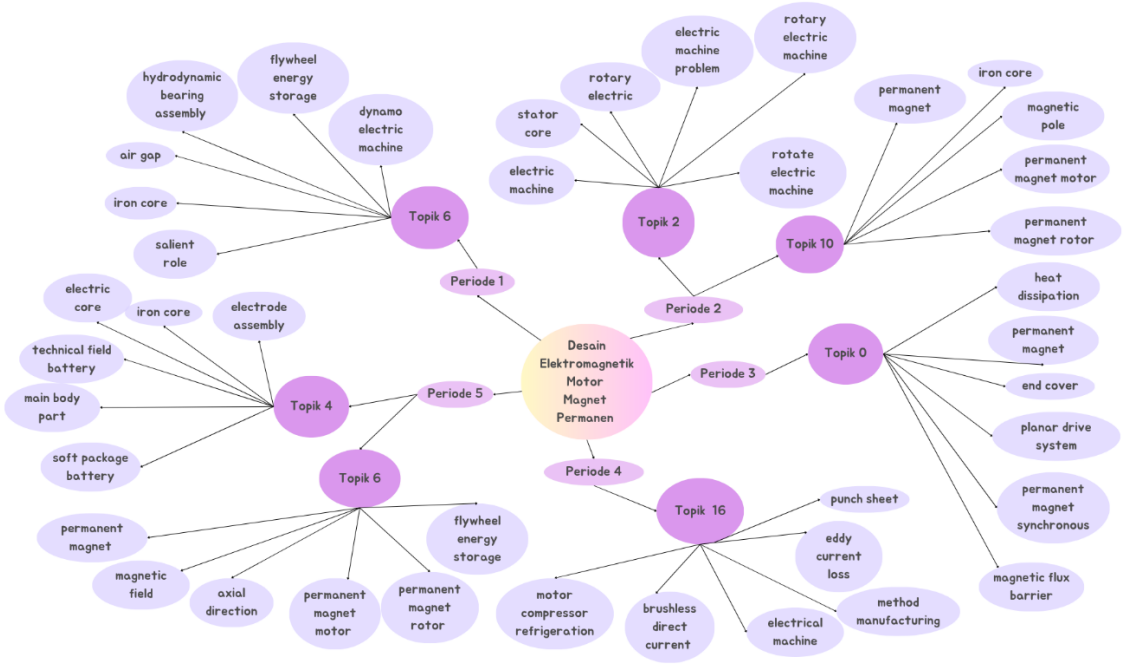
5.3.2 Pendalaman Teknis Tema Topik Teknologi Terpilih

Setelah topik teknologi prioritas diperoleh berdasarkan hasil analisis LDA dan dinamika perkembangannya, dilakukan pendalaman teknis dengan menggunakan bigram dan trigram. Bigram digunakan untuk melihat pasangan istilah yang sering muncul secara bersamaan, sedangkan Trigram digunakan untuk melihat keterkaitan tiga istilah yang membentuk konteks teknis yang lebih spesifik. Istilah-istilah tersebut kemudian digunakan untuk memahami karakteristik teknologi yang berkembang pada masing-masing topik prioritas. Setiap tema besar teknologi disajikan dalam sebuah *mind map* dengan beberapa istilah bigram dan trigram untuk setiap topik prioritas. Pembatasan ini bertujuan agar visualisasi hubungan antarkata dapat diamati dengan lebih jelas. Adapun untuk setiap tema topik teknologi yang sudah terpilih mengambil lingkaran 10 kata tertinggi dari bigram dan trigram.

Berdasarkan hasil identifikasi dan pendalaman tersebut, terdapat lima tema teknologi prioritas yang menjadi dasar dalam penentuan arah pengembangan teknologi motor listrik, yaitu (1) desain elektromagnetik motor magnet permanen, (2) desain struktur mekanik dan *housing* kendaraan listrik, (3) sistem kendali dan manajemen daya kendaraan listrik, (4) integrasi sistem dan modul baterai, serta (5) teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik.

5.3.2.1 Tema Topik "Desain Elektromagnetik Motor Magnet Permanen"

Berikut merupakan *mind map* dari tema topik " Desain Elektromagnetik Motor Magnet Permanen":



Gambar 5. 3 *Mind Map* "Desain Elektromagnetik Motor Magnet Permanen"

Pendalaman berdasarkan spesifikasi teknis menunjukkan bahwa industri otomotif perlu mengarahkan pengembangan motor listrik pada penyempurnaan desain elektromagnetik dan optimalisasi struktur motor untuk meningkatkan kinerja serta efisiensi pengoperasian. Optimalisasi dapat dilakukan melalui pengaturan konfigurasi *air gap*, *iron core*, *magnetic pole*, *permanent magnet*, *permanent magnet motor*, dan *permanent magnet rotor* sehingga karakteristik medan magnet yang dihasilkan dapat bekerja secara lebih optimal. Selain itu, konfigurasi *stator core*, *salient pole*, dan *rotary electric machine* perlu dirancang secara terintegrasi dengan memperhatikan arah dan susunan komponen seperti *axial direction*. Pengembangan *magnetic field* dan *magnetic flux barrier* juga perlu menjadi perhatian untuk mengoptimalkan distribusi dan pengendalian fluks magnet dalam motor. Oleh karena itu, pengembangan desain tidak hanya diarahkan pada masing-masing komponen, tetapi pada optimalisasi hubungan antara rotor, stator, inti besi, magnet permanen, dan celah udara agar menghasilkan motor dengan karakteristik elektromagnetik yang lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan kendaraan listrik.

Peningkatan performa elektromagnetik tersebut selanjutnya perlu diimbangi dengan peningkatan keandalan struktur mekanik dan pengelolaan panas motor. Komponen seperti *hydrodynamic bearing assembly*, *air gap*, *iron core*, dan *end cover* perlu dikembangkan secara terintegrasi untuk menjaga kestabilan putaran, kekuatan konstruksi, dan keandalan motor selama beroperasi. Kemuculan *heat dissipation* perlu

menjadi bagian dari rancangan motor sejak tahap awal agar panas yang dihasilkan selama pengoperasian dapat dikelola dengan baik dan tidak menyebabkan penurunan kinerja dan keandalan komponen. Sehingga, peningkatan daya dan efisiensi elektromagnetik perlu berjalan bersamaan dengan kemampuan motor dalam mempertahankan kondisi operasi yang stabil. Selain itu, keterkaitan dengan *planar drive system* menunjukkan bahwa desain motor perlu mempertimbangkan kebutuhan integrasi dengan sistem penggerak kendaraan. Pengembangan *dynamo electric machine*, *electric machine*, dan *brushless direct current* juga dapat diarahkan untuk mendukung pengembangan sistem penggerak listrik yang lebih beragam dan efisien sesuai dengan karakteristik aplikasi kendaraan.

Pada segi efisiensi dan manufaktur, industri perlu memastikan bahwa peningkatan kinerja elektromagnetik dapat diterapkan pada produk yang dapat diproduksi secara konsisten dan efisien. Salah satu aspek yang perlu menjadi perhatian adalah pengurangan *eddy current loss* melalui optimasi desain elektromagnetik dan pemilihan material *iron core* yang sesuai. Upaya memperbaiki desain komponen untuk mengurangi kehilangan energi listrik menjadi panas sehingga baterai lebih tahan lama, jarak tempuh lebih jauh, dan kendaraan lebih efisien tersebut penting untuk meningkatkan efisiensi energi sekaligus mengurangi panas yang dihasilkan selama motor beroperasi (K. Hu et al., 2022). Pada tahap produksi, proses *punch sheet* dan *method manufacturing* perlu dikembangkan untuk menghasilkan komponen dengan dimensi dan karakteristik yang konsisten. Hal ini menjadi semakin penting ketika desain *electric machine* semakin kompleks dan harus tetap dapat diterapkan pada proses manufaktur massal. Oleh karena itu, industri perlu mengintegrasikan desain elektromagnetik, pemilihan material, pengurangan *eddy current loss*, dan proses manufaktur sejak tahap perancangan agar peningkatan performa motor dapat dicapai tanpa mengurangi efisiensi dan adanya keterulangan proses produksi.

Pengembangan motor juga perlu diarahkan pada integrasi dengan sistem penyimpanan energi dan komponen kelistrikan kendaraan. Kemunculan istilah *electric core*, *iron core*, *electrode assembly*, *technical field battery*, *main body part*, dan *soft package battery* menunjukkan adanya perhatian terhadap konstruksi komponen kelistrikan dan sistem penyimpanan energi yang mendukung kendaraan listrik. Industri perlu memastikan bahwa pengembangan komponen tersebut memiliki kompatibilitas dari sisi konstruksi, penempatan, kebutuhan energi, dan kondisi operasi kendaraan. Penggunaan *soft package battery* dan *electrode assembly*, misalnya, perlu disertai dengan

pertimbangan terhadap ketahanan dan keselamatan sistem baterai selama kendaraan beroperasi. Selain itu, keberadaan *flywheel energy storage* menunjukkan peluang untuk mengembangkan keterkaitan antara sistem motor dan teknologi penyimpanan energi sebagai bagian dari upaya meningkatkan pengelolaan dan pemanfaatan energi. Dengan demikian, pengembangan motor perlu dipandang sebagai bagian dari sistem energi kendaraan secara keseluruhan, bukan hanya sebagai komponen penggerak yang berdiri sendiri.

Arah pengembangan tersebut perlu didukung pemerintah melalui regulasi, standardisasi, infrastruktur pengujian, serta dukungan penelitian dan pengembangan yang mampu mengikuti perkembangan teknologi motor dan sistem kelistrikan kendaraan. Pemerintah perlu memperkuat penerapan standar keselamatan global untuk kendaraan listrik kategori L, khususnya yang berkaitan dengan *Rechargeable Electrical Energy Storage System* (REESS), keselamatan sistem kelistrikan, dan baterai dengan mengacu pada regulasi internasional seperti UN R100 dan UN R136. Dukungan tersebut perlu diwujudkan melalui penyediaan infrastruktur pengujian yang memungkinkan industri melakukan validasi terhadap sistem penyimpanan energi dan komponen kelistrikan melalui pengujian seperti *vibration*, *mechanical shock*, perubahan temperatur, *short circuit*, *overcharge*, *over-discharge*, *high temperature*, dan *over current test*. Dengan tersedianya fasilitas pengujian yang sesuai dengan standar global, pengembangan *electrode assembly*, *soft package battery*, dan sistem penyimpanan energi dapat divalidasi dari aspek keselamatan, keandalan, dan kesiapan penerapannya pada kendaraan.

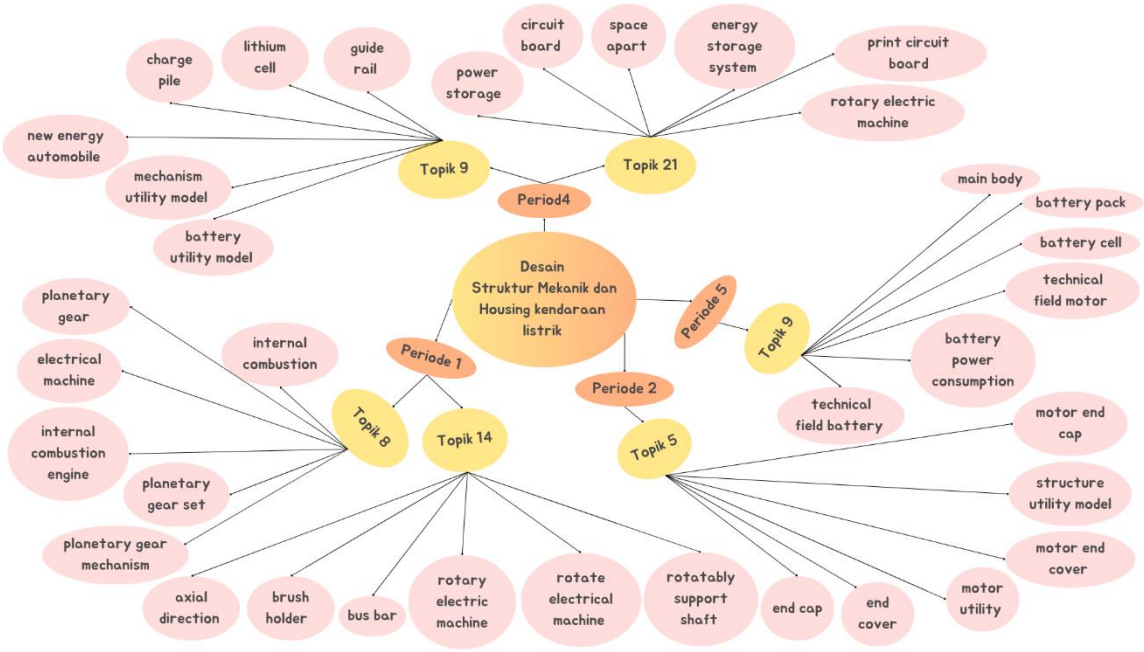
Selain aspek keselamatan, pemerintah perlu mendorong penguatan ekosistem manufaktur dan penelitian komponen motor listrik melalui dukungan riset, pengembangan material, insentif teknologi, dan peningkatan kemampuan manufaktur domestik. Dukungan tersebut dapat diarahkan pada pengembangan komponen strategis seperti *iron core*, *stator core*, *permanent magnet rotor*, dan *electric machine*, serta peningkatan kemampuan industri dalam menerapkan proses *punch sheet* dan *method manufacturing* secara konsisten. Pemerintah juga dapat mengarahkan dukungan penelitian pada peningkatan efisiensi *magnetic field*, optimasi *magnetic flux barrier*, pengurangan *eddy current loss*, pengelolaan *heat dissipation*, serta peningkatan keandalan *permanent magnet motor* dan *brushless direct current*. Dengan dukungan tersebut, inovasi yang dihasilkan tidak hanya berhenti pada pengembangan desain, tetapi

dapat diterjemahkan menjadi komponen motor listrik yang efisien, andal, aman, dan mampu diproduksi secara massal.

Secara keseluruhan, Temuan arah pengembangan tema desain elektromagnetik motor magnet permanen menunjukkan bahwa industri otomotif perlu bergerak dari sekadar mengoptimalkan struktur elektromagnetik menuju desain motor yang terintegrasi dengan aspek mekanik, termal, efisiensi, manufaktur, dan sistem penyimpanan energi. Sementara itu, peran pemerintah sendiri adalah menciptakan ekosistem pendukung untuk motor istrik sendiri melalui standardisasi keselamatan, penyediaan fasilitas pengujian, penguatan kapasitas manufaktur, serta dukungan penelitian dan pengembangan.

5.3.2.2 Tema Topik "Desain Struktur Mekanik dan Housing kendaraan listrik"

Berikut ini merupakan *mind map* tema topik "Desain Struktur Mekanik dan Housing kendaraan listrik":



Gambar 5. 4 *Mind Map* "Desain Struktur Mekanik dan *Housing* kendaraan listrik"

Berdasarkan spesifikasi teknis yang teridentifikasi, industri otomotif perlu mengarahkan pengembangan desain struktur mekanik dan *housing* kendaraan listrik dari struktur penopang komponen menjadi struktur yang mampu mengintegrasikan sistem penggerak, komponen elektronik, dan sistem penyimpanan energi. Pada sistem penggerak, desain struktur perlu mempertimbangkan hubungan antara *electrical machine*, *internal combustion*, dan *internal combustion engine*, terutama pada kendaraan yang mengalami transisi dari sistem penggerak konvensional menuju sistem elektrifikasi. Integrasi

mekanisme transmisi juga perlu diperhatikan melalui pengembangan *planetary gear*, *planetary gear set*, dan *planetary gear mechanism* agar struktur kendaraan dapat mengakomodasi sistem penggerak secara efisien. Oleh karena itu, industri perlu mengembangkan struktur yang mampu menyesuaikan posisi, ruang, dan hubungan antarkomponen penggerak tanpa mengurangi kestabilan dan keandalan sistem kendaraan.

Pada bagian motor, industri perlu mengembangkan konfigurasi *housing* yang mampu memberikan penyanggaan dan perlindungan terhadap komponen motor sekaligus memudahkan proses perakitan. Komponen seperti *motor end cap*, *motor end cover*, *end cap*, dan *end cover* perlu dirancang secara terintegrasi dengan *motor shaft*, *rotatably support shaft*, *rotary electric machine*, dan *rotate electrical machine* untuk menjaga posisi serta kestabilan komponen yang berputar. Selain itu, *axial direction* perlu diperhatikan dalam menentukan orientasi dan penempatan komponen di dalam *housing*. Pengembangan *brush holder* juga perlu disesuaikan dengan konfigurasi komponen motor dan sistem kelistrikan. Oleh karena itu, desain *housing* perlu diarahkan pada bentuk yang kuat, mudah dirakit, dan mampu mempertahankan posisi komponen motor secara stabil selama kendaraan beroperasi.

Struktur kendaraan juga perlu dikembangkan untuk mengakomodasi sistem baterai dan penyimpanan energi secara lebih terintegrasi. Kemunculan istilah *lithium cell*, *battery pack*, *battery cell*, *power storage*, dan *energy storage system* menunjukkan bahwa struktur kendaraan perlu mempertimbangkan kebutuhan ruang dan penempatan komponen penyimpanan energi sejak tahap perancangan. Industri perlu mengembangkan mekanisme pemasangan baterai yang memungkinkan komponen dapat ditempatkan dan ditopang secara aman melalui penggunaan *guide rail*, *battery utility model*, dan *mechanism utility model*. Pengaturan *space apart* juga perlu diperhatikan agar jarak dan posisi antarkomponen dalam sistem penyimpanan energi dapat disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi kendaraan. Dengan pendekatan tersebut, *housing* dan struktur kendaraan tidak lagi hanya menjadi tempat pemasangan komponen, tetapi menjadi bagian yang mendukung integrasi, perlindungan, dan efisiensi penggunaan ruang sistem baterai.

Integrasi antara struktur kendaraan dan sistem kelistrikan juga perlu menjadi perhatian dalam pengembangan desain. Istilah *bus bar*, *circuit board*, dan *print circuit board* menunjukkan bahwa peningkatan elektrifikasi kendaraan menyebabkan semakin banyak komponen kelistrikan yang perlu ditempatkan di dalam struktur kendaraan. Oleh karena itu, desain *housing* perlu menyediakan ruang yang sesuai untuk komponen

tersebut serta mempertimbangkan jalur hubungan kelistrikan dan kemudahan pemasangan. Pengembangan *bus bar* perlu diselaraskan dengan konfigurasi sistem kelistrikan, sedangkan *circuit board* dan *print circuit board* perlu ditempatkan pada posisi yang terlindungi dan mudah diakses untuk proses perakitan maupun pemeliharaan. Industri juga perlu mempertimbangkan hubungan antara komponen elektronik tersebut dengan *rotary electric machine* sehingga struktur mekanik dan sistem kelistrikan dapat bekerja sebagai satu kesatuan.

Pada pengembangan struktur kendaraan yang lebih baru, industri juga perlu mempertimbangkan hubungan antara *main body*, sistem motor, dan sistem baterai. Penggunaan istilah *main body*, *battery pack*, *battery cell*, *technical field motor*, *technical field battery*, dan *battery power consumption* menunjukkan bahwa struktur utama kendaraan semakin berkaitan dengan kebutuhan motor dan penyimpanan energi. Oleh karena itu, *main body* perlu dirancang dengan mempertimbangkan lokasi dan kebutuhan ruang *battery pack* serta *technical field motor*. Penempatan baterai juga perlu memperhatikan *battery power consumption* agar kebutuhan energi kendaraan dapat disesuaikan dengan konfigurasi sistem penggeraknya. Pada saat yang sama, pengembangan *motor end cap*, *motor end cover*, dan *structure utility model* perlu diarahkan untuk menghasilkan konstruksi yang dapat mengintegrasikan komponen motor dengan struktur utama kendaraan secara lebih efektif.

Pada sisi manufaktur, industri perlu memastikan bahwa peningkatan kompleksitas struktur tidak menyebabkan proses produksi dan perakitan menjadi semakin sulit. Pengembangan *utility model*, *motor utility*, *motor utility model*, *battery utility model*, dan *structure utility model* dapat diarahkan pada penyederhanaan konfigurasi komponen dan peningkatan kemudahan integrasi. Desain *motor end cap*, *motor end cover*, *guide rail*, *brush holder*, serta komponen pendukung lainnya perlu mempertimbangkan kemudahan pemasangan dan konsistensi produksi

Perkembangan tersebut perlu didukung pemerintah dengan melalui regulasi keselamatan, standardisasi, fasilitas pengujian, dan dukungan penelitian yang mencakup integrasi struktur kendaraan dengan sistem baterai dan kelistrikan. Pemerintah perlu memperkuat penerapan standar keselamatan kendaraan listrik kategori L dengan mengacu pada regulasi internasional seperti UN R100 dan UN R136, terutama untuk memastikan keamanan sistem penyimpanan energi atau *Rechargeable Electrical Energy Storage System* (REESS) yang ditempatkan dan diintegrasikan ke dalam struktur

kendaraan. Pengujian seperti *vibration*, *mechanical shock*, perubahan temperatur, *short circuit*, *overcharge*, *over-discharge*, *high temperature*, serta *over current test* perlu didukung melalui fasilitas pengujian yang memadai agar integrasi *battery pack*, *battery cell*, *lithium cell*, dan *energy storage system* dapat divalidasi sebelum diterapkan pada kendaraan. Pemerintah juga perlu mendukung standardisasi desain dan integrasi komponen agar sistem baterai, motor, dan komponen elektronik dapat dikembangkan dengan persyaratan keselamatan dan kompatibilitas yang jelas. Standardisasi tersebut dapat mencakup persyaratan pemasangan *battery pack*, pengaturan ruang *space apart*, sistem kelistrikan seperti *bus bar*, *circuit board*, dan *print circuit board*, serta komponen struktur seperti *motor end cap*, *motor end cover*, dan *guide rail*. Selain itu, pemerintah perlu mendorong pengembangan fasilitas penelitian dan pengujian komponen kendaraan listrik serta memberikan dukungan terhadap riset material dan desain struktur yang lebih ringan, kuat, dan mudah diproduksi.

Secara keseluruhan dari temuan yang ada, bentuk dukungan tersebut penting agar industri domestik tidak hanya mampu merakit kendaraan listrik, tetapi juga meningkatkan kemampuan dalam mengembangkan komponen struktur, sistem motor, baterai, dan komponen kelistrikan secara mandiri. Oleh karenanya, arah pengembangan desain struktur mekanik dan *housing* perlu diarahkan pada struktur kendaraan yang kuat, terintegrasi, mudah dirakit, dan mampu mengakomodasi sistem motor, baterai, serta komponen elektronik. Industri otomotif perlu mengembangkan *housing* dan *main body* yang dapat mendukung pemasangan *motor shaft*, *rotatably support shaft*, *battery pack*, *battery cell*, *guide rail*, *bus bar*, *circuit board*, dan *print circuit board* secara aman dan efisien. Sementara itu, pemerintah perlu memastikan adanya regulasi keselamatan yang selaras dengan UN R100 dan UN R136, fasilitas pengujian REESS (*Rechargeable Electrical Energy Storage System)* dan sistem kelistrikan, standardisasi integrasi komponen, serta dukungan riset dan manufaktur sehingga struktur mekanik dan *housing* dapat berkembang dari sekadar pelindung komponen menjadi bagian integral dari arsitektur kendaraan listrik yang mendukung integrasi sistem penggerak, penyimpanan energi, kelistrikan, keselamatan, dan efisiensi manufaktur.

5.3.2.3 Tema Topik "Sistem kendali dan Manajemen daya kendaraan listrik"

Berikut ini merupakan *mind map* tema topik "Sistem kendali dan Manajemen daya kendaraan listrik":



Gambar 5. 5 *Mind Map* "Sistem kendali dan Manajemen daya kendaraan listrik"

Berdasarkan spesifikasi teknis yang teridentifikasi, arah pengembangan pada tema sistem kendali dan manajemen daya kendaraan listrik mencakup pengelolaan energi, pengaturan dan konversi daya, teknologi pengisian tanpa kontak, integrasi berbagai sumber energi, serta pengelolaan tegangan dan panas. Hal tersebut terlihat dari kemunculan istilah *energy storage*, *storage battery*, *power storage device*, *power supply system*, dan *energy storage device*. Industri perlu mengembangkan sistem manajemen daya yang mampu mengatur penyimpanan dan penyaluran energi secara efisien sesuai kebutuhan kendaraan.

Pada aspek pengaturan dan konversi daya, kemunculan *pulse width*, *pulse width modulation*, *bridge arm*, *direct current*, *direct current bus*, *high voltage*, dan *low voltage* menunjukkan kebutuhan terhadap pengendalian aliran dan distribusi daya pada berbagai tingkat tegangan. Industri perlu mengembangkan sistem konversi dan pengendalian daya yang mampu mengatur tegangan dan arus secara tepat, termasuk melalui *pulse width modulation* dan *bridge arm*, sehingga sistem kelistrikan kendaraan dapat beroperasi secara stabil dan aman.

Selain itu, kemunculan *inductive storage element*, *non-contact power*, *non-contact manner*, dan *resonance non contact* menunjukkan adanya pengembangan transfer energi tanpa kontak. Industri perlu mengembangkan teknologi pengiriman daya tanpa koneksi langsung yang memiliki efisiensi dan kestabilan yang baik serta dapat diintegrasikan dengan sistem *direct current* dan *alternate current*. Pengembangan ini

dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan fleksibilitas sistem pengisian dan transfer energi kendaraan listrik. Pada aspek integrasi sumber energi, kemunculan *fuel cell*, *fuel cell system*, *magnetic field*, *internal combustion engine*, dan *electrical energy storage* menunjukkan adanya perhatian terhadap penggunaan dan pengelolaan sumber energi dengan karakteristik yang berbeda. Industri dan lembaga penelitian perlu mengembangkan sistem manajemen daya yang mampu mengatur distribusi energi dari berbagai sumber secara sesuai dengan kebutuhan kendaraan, sehingga penggunaan energi tetap efisien dan stabil. Selanjutnya, Aspek manajemen termal dan kualitas daya juga terlihat melalui istilah *thermal management system*, *thermal management*, dan *power factor correction*. Industri perlu mengintegrasikan pengelolaan panas untuk menjaga kondisi komponen kelistrikan, terutama pada sistem *high voltage* dan beban daya yang tinggi. Sementara itu, *power factor correction* perlu diterapkan untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi penggunaan daya pada sistem kelistrikan kendaraan (Gauswami et al., 2024). Sementara itu, pemerintah perlu mendukung pengembangan tersebut melalui standardisasi dan pengujian terhadap sistem penyimpanan energi, konversi daya, sistem *high voltage* dan *low voltage*, serta teknologi pengisian tanpa kontak. Regulasi juga perlu memastikan aspek keselamatan, kompatibilitas, dan kinerja sistem sebelum teknologi diterapkan secara luas. Dukungan terhadap penelitian dan pengembangan juga diperlukan untuk memperkuat teknologi *non-contact power*, *fuel cell system*, *energy storage*, serta elektronika dan manajemen daya kendaraan listrik.

Temuan dalam tema ini berfokus pada pengemabnagan sistem kendali dan manajemen daya yang mampu mengelola penyimpanan energi, konversi dan distribusi daya, transfer energi tanpa kontak, berbagai sumber energi, serta kondisi tegangan dan termal secara terintegrasi. Industri berperan dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan teknologi, sedangkan pemerintah berperan melalui standardisasi, pengujian keselamatan, dan dukungan penelitian agar pengembangan sistem kelistrikan kendaraan listrik dapat berlangsung secara aman dan andal.

5.3.2.4 Tema Topik "Integrasi sistem dan Modul baterai"

Berikut ini merupakan *mind map* tema topik "Integrasi sistem dan Modul baterai":



Gambar 5. 6 *Mind Map* "Integrasi sistem dan Modul baterai"

Berdasarkan spesifikasi teknis yang teridentifikasi, tema integrasi sistem dan modul baterai menunjukkan perkembangan pada struktur baterai, koneksi kelistrikan, sistem pengendalian, pengisian dan pertukaran energi, serta perlindungan baterai. Hal ini ditunjukkan oleh istilah *battery cell*, *module battery cell*, *battery module*, *battery pack*, dan *battery management system*, yang menunjukkan bahwa pengembangan baterai tidak hanya berfokus pada sel, tetapi juga pada integrasi sel menjadi modul dan *pack* serta pengelolaan kondisinya.

Pada aspek struktur dan koneksi kelistrikan, kemunculan *plate shape conductive*, *terminal bus bar*, *bus bar*, dan *control relay matrix* menunjukkan perhatian terhadap penghantaran arus dan pengendalian hubungan listrik antarkomponen. Oleh karena itu, pengembangan perlu diarahkan pada konfigurasi *battery cell*, *battery module*, dan *battery pack* dengan koneksi listrik yang andal agar proses *charge discharge* dan penyimpanan energi dapat berlangsung secara optimal.

Pada aspek pengendalian, istilah *battery management system*, *control unit*, *control device*, *open circuit voltage*, *secondary battery*, dan *power storage device* menunjukkan kebutuhan terhadap pemantauan dan pengaturan kondisi kelistrikan baterai. Integrasi sistem pengendalian tersebut perlu dikembangkan agar kondisi baterai dapat dipantau dan penggunaan energi dapat dikendalikan secara lebih efektif.

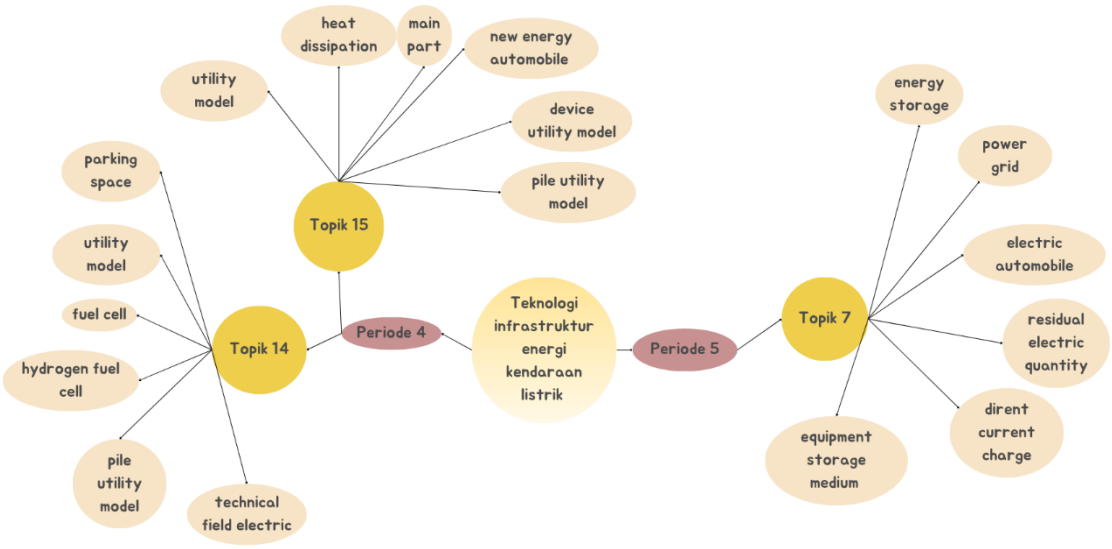
Selanjutnya, kemunculan *power supply*, *direct current charge*, *exchange station*, *exchange station method*, *energy storage*, dan *new energy automobile* menunjukkan bahwa integrasi baterai juga berkembang ke arah sistem pengisian dan pertukaran energi. Pengembangan perlu memastikan baterai dapat terhubung dengan sistem *direct current charge* serta mendukung mekanisme *exchange station* secara aman dan konsisten. Sementara itu, istilah *storage medium*, *electronic equipment*, *follow step*, dan *follow step acquire* menunjukkan adanya pemanfaatan perangkat elektronik dan media penyimpanan untuk mendukung pengelolaan informasi dalam sistem baterai. Selain itu, istilah *full cell system* dan *fuel cell stack* menunjukkan adanya pengembangan sistem energi berbasis integrasi beberapa sel. Hal ini memperlihatkan bahwa teknologi penyediaan energi dapat dikembangkan melalui konfigurasi sel yang terintegrasi sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan kendaraan.

Aspek perlindungan dan pengelolaan panas ditunjukkan oleh istilah *main body*, *accommodate cavity*, *explosion proof valve*, *fire extinguish agent*, *thermal management*, dan *thermal management system*. Istilah tersebut menunjukkan perlunya struktur yang mampu menempatkan dan melindungi komponen energi sekaligus mengelola panas dan kondisi yang berpotensi membahayakan sistem. Oleh karena itu, pengembangan baterai perlu memperhatikan integrasi struktur pelindung, sistem pengelolaan panas, serta mekanisme perlindungan sebagai bagian dari desain sistem baterai.

Temuan pengembangan tema ini mengarah pada sistem baterai yang terintegrasi, terkendali, aman, dan mampu mendukung berbagai kebutuhan penyimpanan serta penyediaan energi kendaraan listrik. Industri perlu mengintegrasikan *battery cell*, *battery module*, *battery pack*, koneksi *bus bar*, *battery management system*, sistem pengisian dan *exchange station*, serta *thermal management system* dalam satu kesatuan sistem. Sementara itu, pemerintah dan lembaga penelitian perlu mendukung melalui standardisasi, fasilitas pengujian, dan penelitian untuk memastikan integrasi baterai, pengisian, pertukaran energi, serta aspek keselamatan dapat dikembangkan secara konsisten dan sesuai kebutuhan kendaraan listrik.

5.3.2.5 Tema Topik "Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik"

Berikut ini merupakan *mind map* tema topik "Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik":



Gambar 5. 7 *Mind Map* "Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik"

Berdasarkan spesifikasi teknis yang teridentifikasi, perkembangan teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik berfokus pada pengembangan fasilitas pengisian, pengelolaan panas, penyediaan dan penyimpanan energi, serta integrasi dengan kendaraan dan jaringan listrik. Hal ini ditunjukkan oleh kemunculan istilah *pile utility model*, *device utility model*, *parking space*, *heat dissipation*, *energy storage*, *power grid*, *residual electric quantity*, *direct current charge*, dan *equipment storage medium*. Dengan demikian, pengembangan infrastruktur tidak hanya berkaitan dengan penyediaan fasilitas pengisian, tetapi juga mencakup desain perangkat, penempatan fasilitas, pengelolaan energi, dan pemantauan proses pengisian.

Pada aspek fasilitas pengisian, *pile utility model* dan *device utility model* menunjukkan kebutuhan pengembangan perangkat yang fungsional, aman, mudah digunakan, dan sesuai dengan karakteristik kendaraan listrik. Sementara itu, *parking space* menunjukkan pentingnya penempatan fasilitas yang terintegrasi dengan area parkir agar proses pengisian lebih praktis. Kemunculan *heat dissipation* juga menunjukkan perlunya desain pelepasan panas yang baik untuk menjaga komponen utama (*main part*) tetap aman dan stabil selama pengoperasian.

Lalu dari sisi sistem energi, kemunculan *energy storage* dan *power grid* menunjukkan perlunya integrasi antara fasilitas pengisian, penyimpanan energi, dan jaringan listrik. *Energy storage* dapat mendukung ketersediaan energi pada fasilitas pengisian, sedangkan *power grid* perlu memiliki kapasitas yang memadai untuk menghadapi peningkatan kebutuhan pengisian. Sementara itu, *direct current charge*

menunjukkan kebutuhan terhadap teknologi pengisian yang mampu mendukung proses pengisian kendaraan secara efektif. Pengembangan infrastruktur juga perlu memperhatikan informasi kondisi energi kendaraan, yang ditunjukkan oleh istilah *residual electric quantity*. Informasi mengenai energi yang tersisa dapat digunakan untuk menyesuaikan kebutuhan energi selama pengisian. Selain itu, *equipment storage medium* menunjukkan kebutuhan perangkat untuk menyimpan data operasional yang dapat mendukung pemantauan dan pengelolaan fasilitas. Kemunculan *electric automobile*, *new energy automobile*, *fuel cell*, dan *hydrogen fuel cell* menunjukkan bahwa perkembangan infrastruktur energi perlu mengikuti keragaman teknologi kendaraan dan sumber energi. Sehingga, pengembangan infrastruktur tidak hanya mendukung kendaraan listrik berbasis baterai, tetapi juga mengantisipasi perkembangan teknologi energi seperti *hydrogen fuel cell*.

Berdasarkan temuan tersebut, industri otomotif dan produsen perangkat infrastruktur perlu mengembangkan perangkat pengisian yang aman, fungsional, dan sesuai dengan kebutuhan kendaraan, termasuk melalui peningkatan *pile utility model*, *device utility model*, *heat dissipation*, serta dukungan terhadap *direct current charge*. Perusahaan listrik perlu memastikan kapasitas *power grid* memadai dan mempertimbangkan *energy storage* untuk mendukung peningkatan kebutuhan energi. Penyedia infrastruktur perlu memastikan fasilitas terintegrasi dengan *parking space*, mudah digunakan, dan mampu mendukung pemantauan melalui informasi *residual electric quantity* serta *equipment storage medium*.

Sementara itu, pemerintah perlu mendukung melalui regulasi dan standar terkait keselamatan perangkat, penempatan fasilitas, integrasi dengan *power grid*, serta pengembangan infrastruktur pengisian. Pemerintah juga perlu memastikan pembangunan fasilitas berjalan seiring dengan peningkatan kapasitas jaringan listrik dan mulai mempertimbangkan kebutuhan infrastruktur bagi teknologi *fuel cell* dan *hydrogen fuel cell*. Secara keseluruhan, arah pengembangan teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik perlu difokuskan pada peningkatan kualitas perangkat pengisian, pengelolaan panas, penyediaan dan penyimpanan energi, integrasi dengan *power grid*, serta penyesuaian fasilitas dengan kebutuhan kendaraan. Sehingga, Infrastruktur energi tidak hanya berfungsi sebagai fasilitas pengisian, tetapi menjadi bagian dari sistem penyediaan dan pengelolaan energi yang mendukung perkembangan kendaraan dan teknologi energi secara lebih luas.

Berdasarkan pendalaman teknis terhadap lima tema teknologi prioritas, perkembangan teknologi motor listrik menunjukkan adanya keterkaitan yang semakin kuat antara sistem penggerak, struktur kendaraan, manajemen energi, baterai, dan infrastruktur pengisian. Arah pengembangan teknologi tidak lagi berlangsung pada masing-masing komponen secara terpisah, tetapi bergerak menuju integrasi antarsistem untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, keandalan, dan kemampuan kendaraan dalam beradaptasi terhadap kondisi operasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengembangan motor listrik perlu diarahkan pada arsitektur kendaraan yang mampu mengintegrasikan aspek elektromagnetik, mekanik, kelistrikan, penyimpanan energi, komunikasi, serta infrastruktur energi dalam suatu sistem yang saling terhubung.

Untuk itu, diperlukan pemetaan *stakeholder* yang paling relevan dan spesifik untuk mendukung arah pengembangan teknologi kendaraan listrik. Pemetaan ini tidak ditujukan untuk mencakup seluruh pihak yang terlibat dalam ekosistem kendaraan listrik, tetapi difokuskan pada *stakeholder* yang memiliki peran langsung terhadap spesifikasi teknis yang teridentifikasi pada setiap tema. Oleh karena itu, *stakeholder* yang dipilih disesuaikan dengan kebutuhan pengembangan teknologi, mulai dari pengembangan komponen dan sistem, penyediaan material dan infrastruktur, pengujian dan penelitian, hingga penyusunan regulasi dan standardisasi. Selanjutnya, setiap *stakeholder* diberikan tindakan rekomendasi yang spesifik sesuai dengan perannya agar hasil analisis spesifikasi teknis dapat diterjemahkan menjadi arah pengembangan yang lebih operasional. Sebagimana disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 5. 2 Pemetaan Tindakan Pengembangan Teknologi Motor Listrik

No	Tema Topik Teknologi	Contoh Istilah Teknis (Bigram & Trigram)	Arah Pengembangan	*Stakeholder*	Tindakan Rekomendasi
1	Desain Elektromagnetik Motor Magnet Permanen	*air gap, iron core, magnetic pole, permanent magnet, permanent magnet motor, permanent magnet rotor, stator core, salient pole, magnetic field, magnetic flux barrier, axial direction, rotary electric machine, hydrodynamic bearing assembly, heat dissipation, eddy current loss*	Pengembangan motor perlu diarahkan pada optimalisasi desain elektromagnetik yang terintegrasi dengan aspek mekanik, termal, efisiensi, dan manufaktur.	Produsen motor listrik; pemasok material magnetik; industri komponen; perguruan tinggi/lembaga penelitian	**Produsen motor listrik:** mengoptimalkan konfigurasi rotor–stator, *permanent magnet*, *magnetic flux barrier*, dan *air gap* untuk meningkatkan efisiensi motor. **Pemasok material magnetik:** mengembangkan material magnet dan *iron core* dengan karakteristik magnetik dan kehilangan energi yang lebih rendah. **Industri komponen:** meningkatkan presisi manufaktur *stator core*, *rotor*, dan *punch sheet* agar konsisten untuk produksi massal. **Perguruan tinggi/lembaga penelitian:** melakukan riset optimasi *magnetic field*, *eddy current loss*, dan

No	Tema Topik Teknologi	Contoh Istilah Teknis (Bigram & Trigram)	Arah Pengembangan	*Stakeholder*	Tindakan Rekomendasi
					heat dissipation untuk menghasilkan desain motor yang lebih efisien.
2	Desain Struktur Mekanik dan *Housing* Kendaraan Listrik	*motor end cap, motor end cover, end cap, end cover, motor shaft, rotatably support shaft, rotary electric machine, planetary gear, planetary gear set, planetary gear mechanism, battery pack, battery cell, lithium cell, guide rail, bus bar, circuit board, print circuit board, main body, space apart, structure utility model, motor utility model*	Pengembangan struktur mekanik dan *housing* bukan hanya sekadar pelindung atau penopang komponen tetapi menjadi struktur yang mengintegrasikan sistem penggerak, baterai, elektronika, dan sistem kelistrikan	Industri otomotif, produsen motor dan baterai, industri komponen struktur, dan produsen elektronika kendaraan	**Industri otomotif:** merancang *main body* dan *housing* yang mengintegrasikan motor, baterai, dan komponen elektronik dengan penggunaan ruang yang optimal. **Produsen motor dan baterai:** menyesuaikan dimensi dan konfigurasi komponen agar kompatibel dengan struktur kendaraan. **Industri komponen struktur:** mengembangkan *motor end cap*, *end cover*, *guide rail*, dan struktur pendukung yang kuat serta mudah diproduksi dan dirakit. **Produsen elektronika kendaraan:** mengoptimalkan penempatan *bus bar*,

No	Tema Topik Teknologi	Contoh Istilah Teknis (Bigram & Trigram)	Arah Pengembangan	*Stakeholder*	Tindakan Rekomendasi
					circuit board, dan *print circuit board* agar terlindungi dan mudah diintegrasikan ke dalam *housing*.
3	Sistem Kendali dan Manajemen Daya Kendaraan Listrik	*energy storage, storage battery, power storage device, power supply system, energy storage device, pulse width, pulse width modulation, bridge arm, direct current, direct current bus, high voltage, low voltage, inductive storage element, non-contact power, non-contact manner, resonance non contact, fuel cell, fuel cell system, power factor correction, thermal management system*	Pengembangan diarahkan pada sistem kendali dan manajemen daya yang mampu mengatur penyimpanan, konversi, dan distribusi energi, transfer daya tanpa kontak, berbagai tingkat tegangan, kualitas daya, serta kondisi termal secara terintegrasi.	Produsen elektronika daya, produsen baterai, penyedia infrastruktur pengisian, dan perguruan tinggi/lembaga penelitian	**Produsen elektronika daya:** mengembangkan sistem *pulse width modulation*, *bridge arm*, dan pengaturan *direct current bus*, *high voltage*, serta *low voltage* untuk distribusi daya yang stabil dan efisien. **Produsen baterai:** memastikan *storage battery* dan *energy storage device* dapat terintegrasi dengan sistem penyimpanan dan penyaluran daya kendaraan. **Penyedia infrastruktur pengisian:** mengembangkan sistem transfer energi yang mendukung *direct current*, *alternate current*, serta teknologi *non-contact power*.

No	Tema Topik Teknologi	Contoh Istilah Teknis (Bigram & Trigram)	Arah Pengembangan	*Stakeholder*	Tindakan Rekomendasi
					Perguruan tinggi/lembaga penelitian: mengembangkan teknologi *fuel cell system*, *non-contact power*, *power factor correction*, dan *thermal management system* untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem daya.
4	Integrasi Sistem dan Modul Baterai	*battery cell, module battery cell, battery module, battery pack, battery management system, plate shape conductive, terminal bus bar, bus bar, control relay matrix, open circuit voltage, secondary battery, power storage device, direct current charge, exchange station, exchange station method,*	Pengembangan baterai yang modular, aman, mudah dipantau, memiliki manajemen termal yang baik, serta mendukung integrasi dan pertukaran baterai.	Produsen baterai, industri otomotif, industri komponen baterai, dan penyedia infrastruktur *battery swapping*	**Produsen baterai:** mengintegrasikan *battery cell–battery, module–battery pack* dengan *battery management system* dan *thermal management system* untuk meningkatkan pengendalian dan keandalan baterai. **Industri otomotif:** memastikan sistem baterai terintegrasi dengan struktur dan sistem kelistrikan kendaraan serta mendukung *direct current charge*. **Industri komponen baterai:**

No	Tema Topik Teknologi	Contoh Istilah Teknis (Bigram & Trigram)	Arah Pengembangan	*Stakeholder*	Tindakan Rekomendasi
		energy storage, storage medium, thermal management system, explosion proof valve, fire extinguish agent			mengembangkan *bus bar*, *terminal bus bar*, *plate shape conductive*, *control relay matrix*, *explosion proof valve*, dan komponen perlindungan yang andal. **Penyedia infrastruktur *battery swapping*:** mengembangkan *exchange station* dan *exchange station method* yang mendukung proses pelepasan, pemasangan, dan penyambungan baterai secara aman dan konsisten.
5	Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik	*pile utility model, device utility model, parking space, heat dissipation, main part, energy storage, power grid, residual electric quantity, direct current charge, equipment storage medium, electric automobile, new*	Pengembangan diarahkan pada infrastruktur energi yang tidak hanya menyediakan fasilitas pengisian, tetapi juga memperhatikan desain perangkat, penempatan fasilitas, pengelolaan	Pemerintah dan badan terstandarisasi, penyedia infrastruktur pengisian/operator *charging station*, perusahaan listrik, produsen perangkat pengisian daya EV.	**Pemerintah dan badan terstandarisasi:** menetapkan standar keselamatan perangkat dan penempatan fasilitas serta mendorong pengembangan infrastruktur yang selaras dengan kapasitas jaringan listrik. **Penyedia infrastruktur/*operator charging***

No	Tema Topik Teknologi	Contoh Istilah Teknis (Bigram & Trigram)	Arah Pengembangan	*Stakeholder*	Tindakan Rekomendasi
		energy automobile, fuel cell, hydrogen fuel cell	panas, penyimpanan energi, kesiapan jaringan listrik, pemantauan kebutuhan energi kendaraan, dan keragaman sumber energi.		***station*:** memperluas fasilitas pengisian pada lokasi yang sesuai, termasuk *parking space*, serta memastikan perangkat mendukung *direct current charge* dan pemantauan kebutuhan energi kendaraan. **Perusahaan listrik:** memperkuat kapasitas *power grid* dan memanfaatkan *energy storage* untuk membantu memenuhi peningkatan kebutuhan pengisian daya. **Produsen perangkat pengisian EV:** mengembangkan *pile utility model* dan *device utility model* yang aman, fungsional, memiliki *heat dissipation* yang baik, dan mampu mendukung kebutuhan pengisian kendaraan listrik.

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan keterbatasan dan temuan penelitian ini, kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Topik teknologi yang paling dominan pada motor listrik berdasarkan pemodelan topik dengan metode *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) adalah 36 topik prioritas yang kemudian dikelompokkan ke dalam tujuh label teknologi, yaitu (1) teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik yang berfokus pada sistem pengisian daya, stasiun pengisian, pengisian cerdas dan nirkabel, serta komunikasi kendaraan–infrastruktur (terdiri dari 3 topik); (2) desain elektromagnetik motor magnet permanen yang berfokus pada penyempurnaan rotor, stator, magnet permanen, kumparan, inti besi, dan komponen pendukung untuk meningkatkan efisiensi, torsi, dan kepadatan daya motor (terdiri dari 7 topik); (3) desain struktur mekanik dan *housing* kendaraan listrik yang berfokus pada pengembangan rangka, poros, bantalan, serta komponen pelindung dan pemasangan untuk meningkatkan kekuatan, stabilitas, dan kemudahan manufaktur (terdiri dari 6 topik); (4) sistem kendali dan manajemen daya kendaraan listrik yang berfokus pada pengaturan, konversi, dan distribusi energi melalui unit kontrol, inverter, konverter, dan sensor untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem (terdiri dari 6 topik); (5) desain struktur pelindung baterai lithium yang berfokus pada pengembangan *shell* dan sistem *seal* untuk melindungi komponen internal baterai (terdiri dari 1 periode); (6) pengembangan elektrokimia baterai lithium yang berfokus pada pengembangan material dan komponen sel seperti elektroda, elektrolit, separator, dan *current collector* untuk meningkatkan kapasitas dan stabilitas baterai (terdiri dari 6 topik); serta (7) integrasi sistem dan modul baterai yang berfokus pada penyusunan sel menjadi modul dan *battery pack* yang dilengkapi BMS (*Battery Management System*) dan BTMS (*Battery Thermal Management System*) untuk mengelola kondisi, pengisian, suhu, dan keamanan baterai (terdiri dari 7 topik). Ketujuh kelompok tersebut menggambarkan bahwa inovasi motor listrik tidak hanya berfokus pada sistem penggerak, tetapi juga mencakup teknologi baterai, struktur kendaraan, sistem kendali, hingga infrastruktur pendukung kendaraan listrik.

2. Pola dan tren pertumbuhan teknologi motor listrik berdasarkan *Time Series-Dynamic Analysis* menunjukkan bahwa perkembangan teknologi motor listrik selama periode 2010–2025 berlangsung secara bertahap dengan pola inovasi yang berbeda pada setiap kelompok teknologi. Desain elektromagnetik motor magnet permanen serta sistem kendali dan manajemen daya telah menjadi teknologi inti yang terus berkembang secara konsisten (*mature*), sementara integrasi sistem dan modul baterai menunjukkan pertumbuhan yang berkelanjutan (*mature growth*). Di sisi lain, desain struktur mekanik dan *housing* kendaraan kembali menjadi fokus pengembangan (*re-emerging growth*), sedangkan teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik menjadi teknologi dengan pertumbuhan paling pesat pada akhir periode penelitian (*emerging*). Sebaliknya, desain struktur pelindung baterai lithium hanya berkembang pada satu periode, sedangkan pengembangan elektrokimia baterai lithium menunjukkan tren yang masih sangat fluktuatif. Melihat dari keseluruhan analisis menunjukkan bahwa arah inovasi motor listrik telah bergeser dari penyempurnaan teknologi inti menuju integrasi sistem baterai dan kendaraan, hingga pengembangan ekosistem kendaraan listrik yang didukung oleh teknologi pengisian daya dan infrastruktur energi.
3. Rekomendasi untuk menentukan arah ide pengembangaan teknologi motor listrik di masa depan adalah dengan dilakukannya kerangka kerja yang sistematis berdasarkan tiga tahapan analisis. Tahap pertama menggunakan LDA untuk mengidentifikasi topik teknologi yang menjadi prioritas berdasarkan aktivitas paten global. Tahap kedua menggunakan analisis *time series* untuk melihat perkembangan setiap topik antarperiode dan menentukan pola trennya, sehingga dapat diketahui teknologi yang sudah matang, terus berkembang, kembali muncul, maupun baru mulai berkembang. Tahap ketiga menggunakan analisis bigram dan trigram untuk memperjelas aspek teknis dari topik yang telah diprioritaskan dengan mengidentifikasi hubungan antarkonsep atau istilah teknis yang sering muncul secara bersamaan.adapun kernagka ini dapat digunakan untuk menelusuri perkembangan teknologi dari tingkat umum hingga lebih teknis, sehingga arah pengembangan tidak hanya didasarkan pada teknologi yang sedang dominan, tetapi juga mempertimbangkan pola perkembangannya dan detail teknis yang menyertainya. Kerangka ini dapat menjadi dasar bagi penelitian atau

pengembangan selanjutnya dalam menentukan fokus teknologi motor listrik yang lebih terarah dan sesuai dengan perkembangan teknologi.

6.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan dan temuan penelitian ini, diperoleh beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Menggunakan sumber yang lebih beragam misalnya menggabungkan data paten dengan sumber lain, seperti artikel ilmiah, laporan industri, media sosial, dan survei konsumen, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai perkembangan teknologi dan kebutuhan pasar *electric motorcycle*.
2. Memperluas cakupan basis data paten dengan memanfaatkan beberapa sumber, seperti WIPO PATENTSCOPE dan *Lens.org*, sehingga cakupan dokumen menjadi lebih luas dan potensi bias yang berasal dari penggunaan satu *platform* dapat dikurangi.
3. Mengembangkan model integrasi teknologi dan implementasi produk berdasarkan hasil penelitian, dengan mengintegrasikan teknologi motor, baterai, sistem kendali, dan infrastruktur pendukung ke dalam rancangan atau konsep produk *electric motorcycle* yang dapat menjadi dasar pengembangan produk.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrazzaq, M. A. (2023). Analisis Ulasan Aplikasi MyPertamina Menggunakan Topic Modeling dengan Latent Dirichlet Allocation. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, *10*(1).

Albalawi, R., Yeap, T. H., & Benyoucef, M. (2020). Using Topic Modeling Methods for Short-Text Data: A Comparative Analysis. *Frontiers in Artificial Intelligence*, *3*. https://doi.org/10.3389/frai.2020.00042

Anggraeni, D. T. (2019). Forecasting Harga Saham Menggunakan Metode Simple Moving Average dan Web Scrapping. *Jurnal Ilmiah MATRIK*, *21*(3).

Astuti, A. R. D., & Cahyono, N. (2023). Analisis Topic Modelling Persepsi Pengguna Internet Menggunakan Metode Latent Dirichlet Allocation. *Indonesian Journal of Computer Science Attribution*, *12*(1), 2023–2326.

Batool, A., & Byun, Y. C. (2024). Enhanced Sentiment Analysis and Topic Modeling During the Pandemic Using Automated Latent Dirichlet Allocation. *IEEE Access*, *12*, 81206–81220. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3411717

Berisha, B., Mëziu, E., & Shabani, I. (2022). Big data analytics in Cloud computing: an overview. *Journal of Cloud Computing: Advances, System and Applications*, *11*(1). https://doi.org/10.1186/s13677-022-00301-w

Blei, D. M. (2012). Probabilistic topic models. *Communications of the ACM*, *55*(4), 77–84. https://doi.org/10.1145/2133806.2133826

Blei, D. M., Ng, A. Y., & Edu, J. B. (2003). Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*, *3*.

Bridgelall, R. (2023). Classifying Invention Objectives of Electric Vehicle Chargers through Natural Language Processing and Machine Learning. *Inventions*, *8*(6). https://doi.org/10.3390/inventions8060149

Challoob, A. F., Bin Rahmat, N. A., A/L Ramachandaramurthy, V. K., & Humaidi, A. J. (2024). Energy and battery management systems for electrical vehicles: A comprehensive review & recommendations. *Energy Exploration and Exploitation*, *42*(1), 341–372. https://doi.org/10.1177/01445987231211943

Climate Trace. (2025). *Climate TRACE Data Show Global Greenhouse Gas Emissions Hit a New Record High in 2025*. https://climatetrace.org/news/climate-trace-data-show-global-greenhouse-gas-emissions-hit-a-new-record-high-in-2025

Damon Motorcycles. (2019). *Damon Motorcycles Reinvents Two-Wheel Commuting, Showcases World's First Transforming Electric Motorcycle with 360º Situational Awareness*. https://ir.damon.com/2019-07-19-Damon-Motorcycles-Reinvents-Two-Wheel-Commuting,-Showcases-Worlds-First-Transforming-Electric-Motorcycle-with-360-Situational-Awareness

Eisler, M. N. . (2022). *Age of auto electric : environment, energy, and the quest for the sustainable car*. The MIT Press.

ENDC RI. (2022). *Enhanced Nationally Determined Contribution Republiic of Indonesia*.

Fernanda, J. W. (2021). *Pemodelan Persepsi Pembelajaran Online Menggunakan Latent Dirichlet Allocation*. *9*(2).

Findawati, Y., & Rosid, M. A. (2020). *Buku Ajar Text Mining* (1st ed.). UMSIDA PRESS.

Fleming, C. (2014). *Harley-Davidson announces its first electric motorcycle, LiveWire*. https://www.latimes.com/business/autos/la-fi-hy-harley-davidson-electric-livewire-20140618-story.html

Friedlingstein, P., Le Quéré, C., O'Sullivan, M., Hauck, J., Landschützer, P., Luijkx, I. T., Li, H., van der Woude, A., Schwingshackl, C., Pongratz, J., Regnier, P., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Canadell, J. G., Ciais, P., Gasser, T., Jones, M. W., Lan, X.,

Morgan, E., … Tian, H. (2026). Emerging climate impact on carbon sinks in a consolidated carbon budget. *Nature*, *649*(8095), 98–103. https://doi.org/10.1038/s41586-025-09802-5

Gauswami, A. R., Shah, H. A., & Gohil, S. N. (2024). Designing & Analyzing an EV Battery Charger with Enhanced Power Quality. In *J. Electrical Systems* (Vol. 20, Number 11).

Global EV Outlook. (2025). *Global EV Outlook 2025 Expanding sales in diverse markets*. www.iea.org

Gunawan, I., Redi, A. A. N. P., Santosa, A. A., Maghfiroh, M. F. N., Pandyaswargo, A. H., & Kurniawan, A. C. (2022). Determinants of Customer Intentions to Use Electric Vehicle in Indonesia: An Integrated Model Analysis. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(4). https://doi.org/10.3390/su14041972

Han, F., Yoon, S., Raghavan, N., Zhang, S., & Park, H. (2025). Technological trajectories and innovation pattern of electric vehicle battery technologies. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, *20*, 1661–1673. https://doi.org/10.1093/ijlct/ctaf107

Haupt, R., Kloyer, M., & Lange, M. (2007). Patent indicators for the technology life cycle development. *Research Policy*, *36*(3), 387–398. https://doi.org/10.1016/J.RESPOL.2006.12.004

Hemavathi, S., & Shinisha, A. (2022). A study on trends and developments in electric vehicle charging technologies. *Journal of Energy Storage*, *52*. https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105013

Hemmungs Wirtén, E. (2019). How patents became documents, or dreaming of technoscientific order, 1895-1937. *Journal of Documentation*, *75*(3), 577–592. https://doi.org/10.1108/JD-11-2018-0193

Hickman, L., Thapa, S., Tay, L., Cao, M., & Srinivasan, P. (2022). Text Preprocessing for Text Mining in Organizational Research: Review and Recommendations. *Organizational Research Methods*, *25*(1), 114–146. https://doi.org/10.1177/1094428120971683

HT Auto Desk. (2022). *Ducati rolls out its first electric race motorcycle called V21L*. https://auto.hindustantimes.com/auto/two-wheelers/ducatis-rolls-out-its-first-electric-race-motorcycle-called-v21l-41640068825070.html

Hu, K., Zhang, G., & Zhang, W. (2022). Analysis and optimization of temperature field of high-speed permanent magnet motor. *Advances in Mechanical Engineering*, *14*(5). https://doi.org/10.1177/16878132221095914

Hu, R., Cai, T., & Xu, W. (2024). Exploring the technology changes of new energy vehicles in China: Evolution and trends. *Computers & Industrial Engineering*, *191*, 110178. https://doi.org/10.1016/J.CIE.2024.110178

Hu, R., Ma, W., Lin, W., Chen, X., Zhong, Z., & Zeng, C. (2022). Technology Topic Identification and Trend Prediction of New Energy Vehicle Using LDA Modeling. *Complexity*, *2022*. https://doi.org/10.1155/2022/9373911

IEA. (2025). *Global Energy Review 2025*. www.iea.org

IEA. (2026). *Global Energy Review 2026*. www.iea.org

IESR. (2024). *Indonesia Energy Transition Outlook 2024 IESR Institute for Essential Services Reform*. www.iesr.or.id

IESR. (2025). *Indonesia Sustainable Mobility Outlook 2025*. www.iesr.or.id

Iwata. (2017). *The 45th Tokyo Motor Show 2017 Yamaha Motor Main Display Models*. https://global.yamaha-motor.com/news/2017/1012/tms.html

Jiang, L., & Goetz, S. M. (2025). Natural language processing in the patent domain: a survey. *Artificial Intelligence Review*, *58*(7). https://doi.org/10.1007/s10462-025-11168-z

Kurniawan, R. (2025, May 20). *Jauh dari Target, Kemenperin Evaluasi Insentif Mobil Listrik*. https://otomotif.kompas.com/read/2025/05/20/082200815/jauh-dari-target-kemenperin-evaluasi-insentif-mobil-listrik

Lee, M. (2020). An analysis of the effects of artificial intelligence on electric vehicle technology innovation using patent data. *World Patent Information*, *63*. https://doi.org/10.1016/j.wpi.2020.102002

Lieponienė, J. (2023). *Big Data Analytics in Cloud Computing*. 19.

Lipu, M. S. H., Mamun, A. Al, Ansari, S., Miah, M. S., Hasan, K., Meraj, S. T., Abdolrasol, M. G. M., Rahman, T., Maruf, M. H., Sarker, M. R., Aljanad, A., & Tan, N. M. L. (2022). Battery Management, Key Technologies, Methods, Issues, and Future Trends of Electric Vehicles: A Pathway toward Achieving Sustainable Development Goals. *Batteries*, *8*(9). https://doi.org/10.3390/batteries8090119

Ma, S. C., Xu, J. H., & Fan, Y. (2022). Characteristics and key trends of global electric vehicle technology development: A multi-method patent analysis. *Journal of Cleaner Production*, *338*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130502

Manurung, D. D. E., Matondang, N. H., & Prasvita, D. S. (2022). *Analisis Sentimen pada Ulasan Aplikasi Jakarta Terkini (JAKI) di Google Play Store Menggunakan Metode Support Vector Machine*.

Matira, Y., & Setiawan, I. (2023). Pemodelan Topik pada Judul Berita Online Detikcom Menggunakan Latent Dirichlet Allocation. *Estimasi: Journal of Statistics and Its Application*, *4*(1), 2721–379. https://doi.org/10.20956/ejsa.vi.24843

Maulidah, M. (2023). Klasifikasi Kepribadian Menggunakan Algoritma Machine Learning. *Maret*, *3*(1), 66–73.

Maysofa, L., & Umam Syaliman, K. (2023). Implementasi Forecasting Pada Penjualan Inaura Hair Care dengan Metode Single Exponential Smoothing. *Jurnal Testing Dan Implementasi Sistem Informasi*, *1*(2), 82–91.

MotorCycles Data. (2026). *Global Electric Motorcycles Industry Hit 2.3 Million Sales YTD April 2026 (+16.1%)*. https://www.motorcyclesdata.com/2026/05/25/electric-motorcycles-market/

Mutmainah, S., Fudholi, D. H., & Hidayat, S. (2023). Analisis Sentimen dan Pemodelan Topik Aplikasi Telemedicine Pada Google Play Menggunakan BiLSTM dan LDA. *JURNAL Media Informatika Budidarma*, *7*(1), 312. https://doi.org/10.30865/mib.v7i1.5486

Narendra, L. W. (2022). Topic Modeling in Conversational Dialogs for Naming Intent Labels Using LDA. *JTECS : Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem Dan Komputer*, *2*(1), 65. https://doi.org/10.32503/jtecs.v2i1.1820

Noruzi, A., Abdekhoda, M., & Author, C. (2014). *Google Patents: The global patent search engine* (Vol. 11, Number 1). http://www.webology.org/2014/v11n1/a122.pdf

Parasati, W., Abdurrachman Bachtiar, F., & Setiawan, N. Y. (2020). *Analisis Sentimen Berbasis Aspek pada Ulasan Pelanggan Restoran Bakso President Malang dengan Metode Naïve Bayes Classifier*. *4*(4), 1090–1099. http://j-ptiik.ub.ac.id

Persada, A. A. B., Gugat, R. M. D., Suprihartini, Y., Rakhmad, H., & Langi, J. P. (2026). Kajian Perkembangan Teknologi Baterai pada Kendaraan Listrik Modern. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, *4*(4), 22942–22952. https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i4.5790

Prawira, D., Mutiah, N., & Rusi, I. (2024). *Pengantar Text Mining dan Implementasinya* (1st ed.).

Purnama, D. A., Lumi, D. P., Febriani, A., Utama T, A. R., Salindri, S. D., Anugerah, A. R., & Aliafari, N. (2025). Data-driven public policy for electric vehicles (EV) through open innovation and dynamic consumer preferences: A time-series social media analysis using integrated IPA-product improvability model. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *11*(3). https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100583

Putra, I. M. K. B., & Kusumawardani, R. P. (2017). Analisis Topik Informasi Publik Media Sosial di Surabaya Menggunakan Pemodelan Latent Dirichlet Allocation (LDA). *Jurnal Teknik ITS*, *2*(2).

PwC Indonesia. (2025). *ASEAN-6 eReadiness 2025 - Survey report*.

Qomariyah, S., Iriawan, N., & Fithriasari, K. (2019). Topic modeling Twitter data using Latent Dirichlet Allocation and Latent Semantic Analysis. *AIP Conference Proceedings*, *2194*. https://doi.org/10.1063/1.5139825

Roadracing World Publicing. (2010, July 20). *Zero Motorcycles Obtains U.S. Patent*. https://www.roadracingworld.com/news/zero-motorcycles-obtains-us-patent/

Rosid, M. A., Fitrani, A. S., Astutik, I. R. I., Mulloh, N. I., & Gozali, H. A. (2020). Improving Text Preprocessing for Student Complaint Document Classification Using Sastrawi. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *874*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/874/1/012017

Royani, N., Widodo, C. E., & Warsito, B. (2024). Topic Modelling Latent Dirichlet Allocation untuk Klasifikasi Komentar pada Layanan Streaming Platform. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, *12*(3). https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v12i3.68492

Salam, A., Zeniarja, J., Septiyan, R., & Khasanah, U. (2018). *Analisis Sentimen Data Komentar Sosial Media Facebook dengan K-Nearest Neighbor (Studi Kasus pada Akun Jasa Ekspedisi Baranag J&T Ekspress Indonesia)*.

Saputra, M. C., & Andajani, E. (2024). Analysis of Factors Influencing Intention to Adopt Battery Electric Vehicle in Indonesia. *ADI Journal on Recent Innovation (AJRI)*, *5*(2), 100–109. https://doi.org/10.34306/ajri.v5i2.993

Saragih, F. A. (2014). *Sepeda Motor Listrik Zero Resmi Bergulir*. https://otomotif.kompas.com/read/2014/09/22/112139815/Sepeda.Motor.Listrik.Zero.Resmi.Bergulir

Setijohatmo, U. T., Rachmat, S., Susilawati, T., Rahman, Y., Komputer, J. T., Bandung, N., Gegerkalong Hilir, J., & Ciwaruga, D. (2020). *Analisis Metode Latent Dirichlet Allocation untuk Klasifikasi Dokumen Laporan Tugas Akhir Berdasarkan Pemodelan Topik*. 26–27.

Sharma, C., Batra, I., Sharma, S., Malik, A., Sanwar Hosen, A. S. M., & Ra, I. H. (2022). Predicting Trends and Research Patterns of Smart Cities: A Semi-Automatic Review Using Latent Dirichlet Allocation (LDA). *IEEE Access*, *10*, 121080–121095. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3214310

Shumway, R., & Stoo, D. S. (2016). *Time Series Analysis and Its Applications With R Examples* (4th ed.). springer.

Simatupang, M. P., & Utomo, D. P. (2019). Analisa Testimonial dengan Menggunakan Algoritma Text Mining dan Term Frequency-Inverse Document Frequence (TF-IDF) pada Toko Allmeeart. *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer)*, *3*(1). https://doi.org/10.30865/komik.v3i1.1697

Soma, V. (2022). Implementing data warehousing solution in Google Cloud Using Big Query. *North American Journal of Engineering and Research*, (1). https://najer.org/najer

Stevens, K., Kegelmeyer, P., Andrzejewski, D., & Buttler, D. (2012). *Exploring Topic Coherence over many models and many topics*. Association for Computational Linguistics. http://mallet.cs.umass.edu/

Sun, B., & Ju, Z. (2023). Research on the promotion of new energy vehicles based on multi-source heterogeneous data: consumer and manufacturer perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(11), 28863–28873. https://doi.org/10.1007/s11356-022-24304-x

Tan, X., & Li, T. (2021). Analysis of challenges and opportunities in the development of new energy vehicle battery industry from the perspective of patents. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *632*(3). https://doi.org/10.1088/1755-1315/632/3/032049

Taylor, M., & Taylor, A. (2012). The technology life cycle: Conceptualization and managerial implications. *International Journal of Production Economics*, *140*(1), 541–553. https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2012.07.006

TIPO. (2024). *Taiwan Intellectual Property Office (TIPO)*.

Uthirapathy, S. E., & Sandanam, D. (2022). Topic Modelling and Opinion Analysis on Climate Change Twitter Data Using LDA and BERT Model. *Procedia Computer Science*, *218*, 908–917. https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.071

Weintraub, S. (2016). *Gogoro scooter and battery swap distribution model get smarter and spread to new cities [CEO Video]*. https://electrek.co/2016/01/06/gogoro-scooter-battery-swap/

World Bank. (2024). *Carbon dioxide (CO2) emissions from Transport (Energy) (Mt CO2e)*. https://data.worldbank.org/indicator/EN.GHG.CO2.TR.MT.CE.AR5

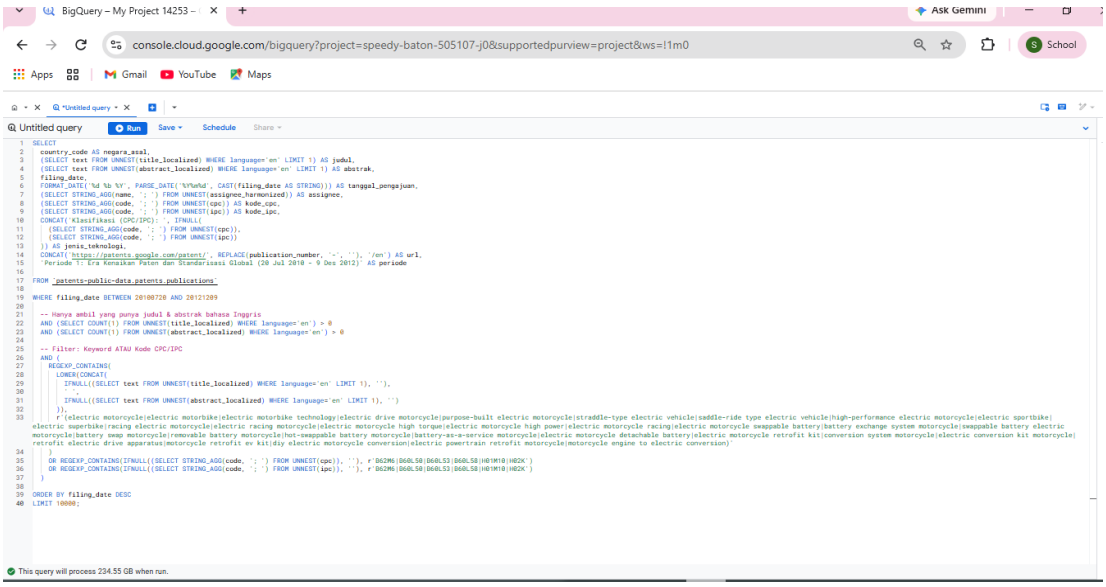
Wren, W. (2019). *Electric Harley Davidson LiveWire now on sale; starts at $29,799*. https://www.autoweek.com/news/auto-shows/a1714151/harley-davidson-livewire-now-sale-starts-29799/

Xia, W., Zheng, S., Qiu, L., Hu, H., Chen, Y., Wei, S., & Zhou, H. (2025). Evolution of the Innovation Network of Lithium-Ion Battery Recycling Technologies in China from the Perspective of Patents. *Polish Journal of Environmental Studies*. https://doi.org/10.15244/pjoes/203046

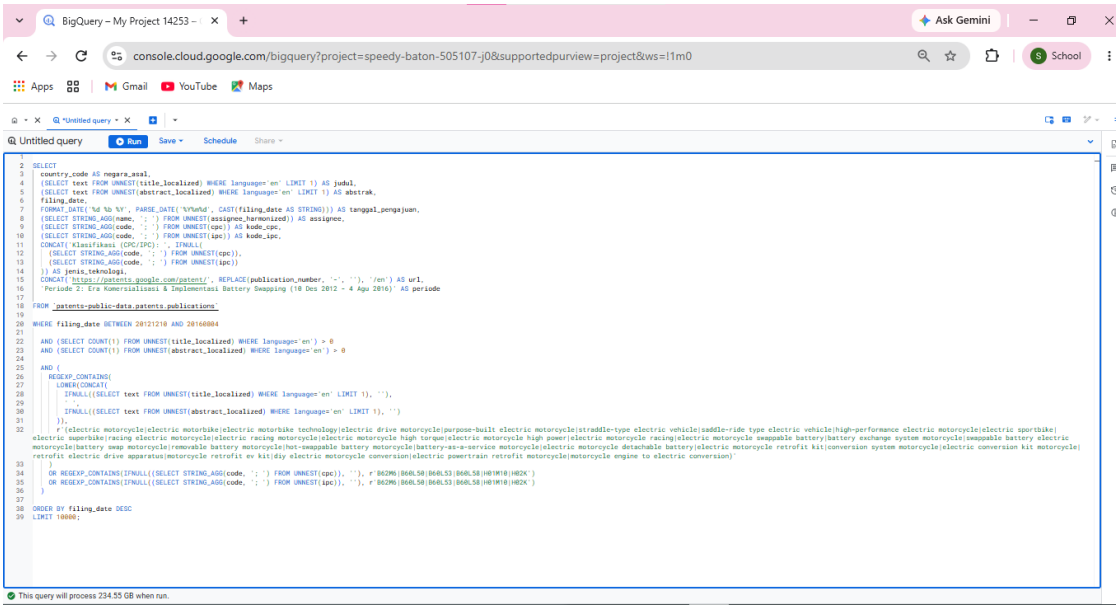
LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengumpulan Data

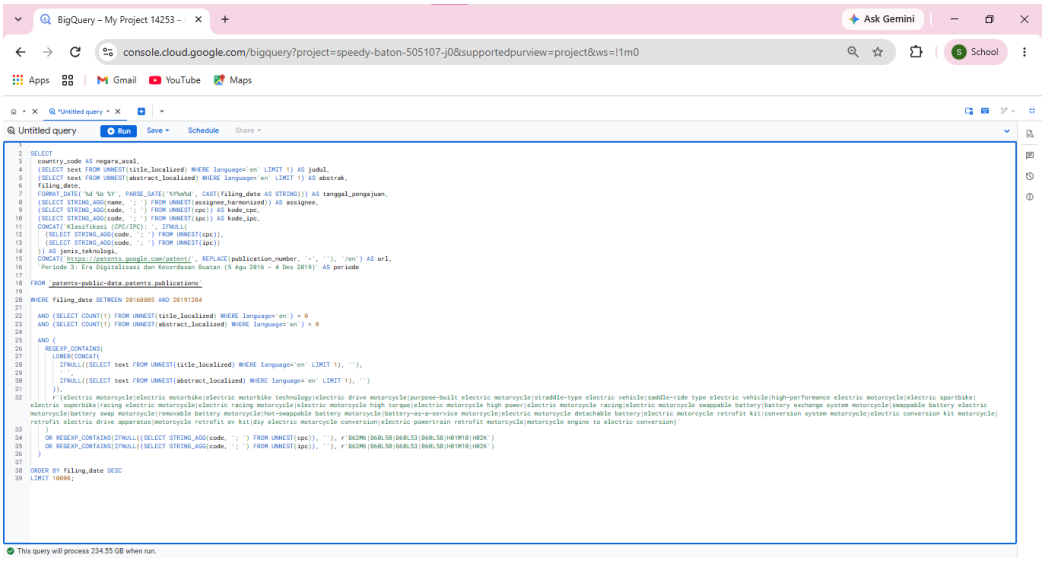
a) *Scrapping* Periode 1



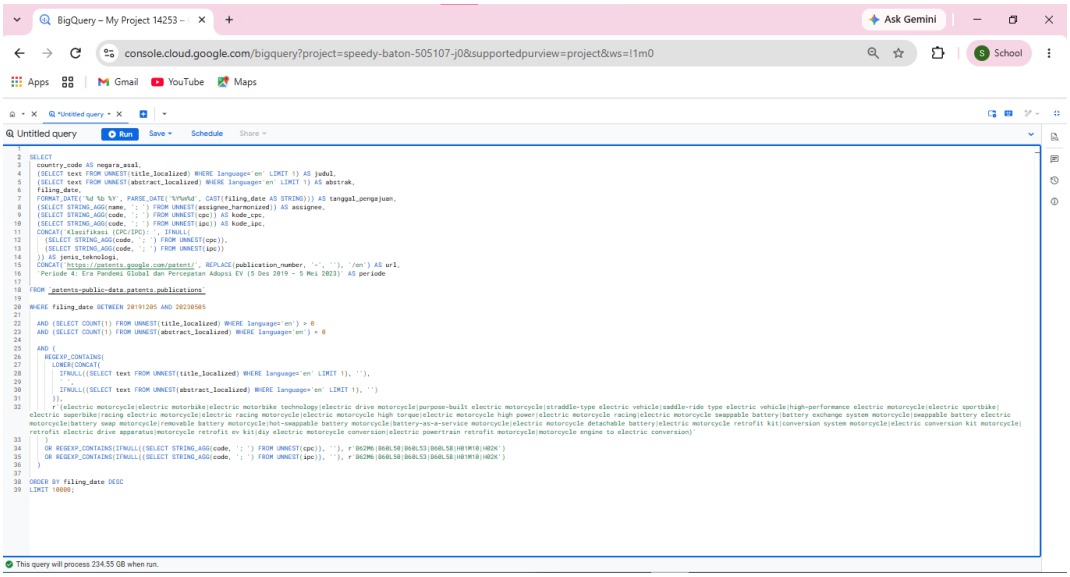
b) *Scrapping* periode 2



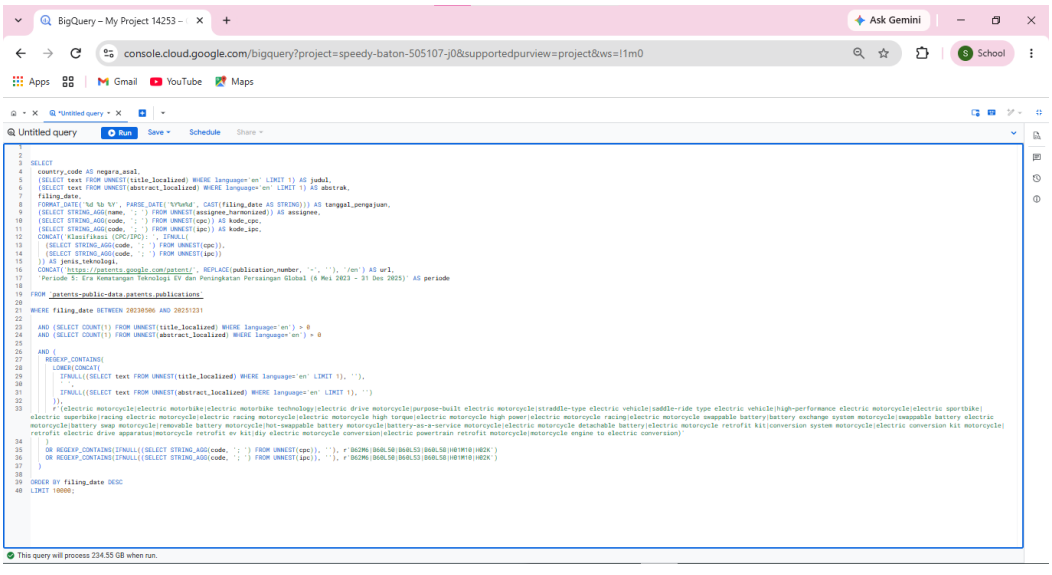
c) *Scrapping* periode 3



d) *Scrapping* periode 4



e) *Scrapping* periode 5



Lampiran 2 Pembersihan dan Pengolahan Data

Folder Pengolahan Data
Periode 1 (2010-2012)
https://drive.google.com/drive/folders/1rnx1HWDj31gHmH0mxTLOW529x5DPRbWg?usp=sharing
Periode 2 (2012-2016)
https://drive.google.com/drive/folders/1MdrJOOrThFMikiaaOfxcmmo8h0Yzhm2z?usp=sharing
Periode 3 (2016-2019)
https://drive.google.com/drive/folders/19t8nzBa3dwr2nselNM1YFRn4eKOwhA02?usp=sharing
Periode 4 (2019-2023)
https://drive.google.com/drive/folders/1g7ob73oRknecXaxcsv0qcQVCZqkBcc9c?usp=sharing
Periode 5 (2023-2025)
https://drive.google.com/drive/folders/1X5rsKKss5M2-Hyb8pgUL7bgS1arH8aRu?usp=sharing

Lampiran 3 Rentang Skor Normalisasi

Periode	Topik	Min	Max
P1 (2010-2012)	Topik_0	0.1403	0.1498
	Topik_1	0.4166	0.4395
	Topik_2	0.3013	0.3076
	Topik_3	0.3542	0.4272
	Topik_4	0.3743	0.5200
	Topik_5	0.0928	0.1518
	Topik_6	0.8165	0.9800
	Topik_7	0.1289	0.2423
	Topik_8	0.6379	0.8329
	Topik_9	0.0000	0.0003
	Topik_10	0.5379	0.5714
	Topik_11	0.5099	0.6303
	Topik_12	0.3953	0.4469
	Topik_13	0.0000	0.0284
	Topik_14	10.000	10.000
	Topik_15	0.1717	0.2650

Periode	Topik	Min	Max
	Topik_16	0.8814	0.9153
P2 (2012-2016)	Topik_0	0.4471	0.4898
	Topik_1	0.0000	0.0000
	Topik_2	10.000	10.000
	Topik_3	0.4273	0.5393
	Topik_4	0.7547	0.8434
	Topik_5	0.5835	0.7751
	Topik_6	0.1537	0.2564
	Topik_7	0.4666	0.5231
	Topik_8	0.7778	0.9223
	Topik_9	0.2327	0.2859
	Topik_10	0.6802	0.7487
	Topik_11	0.5224	0.5790
P3 (2016-2019)	Topik_0	0.7925	0.8803
	Topik_1	0.0000	0.0000
	Topik_2	0.0484	0.0883
	Topik_3	0.4037	0.4894
	Topik_4	0.2456	0.4595
	Topik_5	0.0482	0.0642
	Topik_6	0.4204	0.6294
	Topik_7	0.0047	0.0742
	Topik_8	0.1168	0.2163
	Topik_9	0.3024	0.4671
	Topik_10	0.3928	0.4832
	Topik_11	0.1794	0.2499
	Topik_12	0.1477	0.2100
	Topik_13	10.000	10.000
	Topik_14	0.2219	0.3054
	Topik_15	0.2029	0.2975
	Topik_16	0.1330	0.1912
	Topik_17	0.1332	0.1521
	Topik_18	0.4597	0.4950
P4 (2019-2023)	Topik_0	0.5481	0.6234
	Topik_1	0.0951	0.1421
	Topik_2	0.4245	0.5038
	Topik_3	0.0722	0.1452
	Topik_4	0.3299	0.3727

Periode	Topik	Min	Max
	Topik_5	0.0565	0.1062
	Topik_6	0.7092	10.000
	Topik_7	0.2932	0.3895
	Topik_8	0.1853	0.2783
	Topik_9	0.7004	10.000
	Topik_10	0.0279	0.1195
	Topik_11	0.3899	0.4674
	Topik_12	0.2904	0.4026
	Topik_13	0.1797	0.4004
	Topik_14	0.8675	10.000
	Topik_15	0.2124	0.5732
	Topik_16	0.7374	0.8888
	Topik_17	0.4407	0.6724
	Topik_18	0.2296	0.3342
	Topik_19	0.1073	0.2629
	Topik_20	0.0000	0.0000
	Topik_21	0.8920	0.9968
	Topik_22	0.6834	0.8917
	Topik_23	0.7184	0.8258
P5 (2023-2025)	Topik_0	0.3118	0.5756
	Topik_1	0.0000	0.0257
	Topik_2	0.2231	0.4311
	Topik_3	0.3414	0.3772
	Topik_4	0.4082	0.6414
	Topik_5	0.3460	0.3658
	Topik_6	0.5030	0.5209
	Topik_7	0.6974	10.000
	Topik_8	0.3188	0.3950
	Topik_9	0.7561	10.000
	Topik_10	0.7748	0.7804
	Topik_11	0.4084	0.6699
	Topik_12	0.0916	0.1957
	Topik_13	0.0000	0.0359
	Topik_14	0.1005	0.2019
	Topik_15	0.4336	0.6396

Lampiran 4 Hasil 10 Top Bigram Trigram untuk Topik Terpilih

a) Desain elektromagnetik motor magnet permanen

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
Periode 1 (2010-2012)	Topik_6	Rancangan Poros, Rotor, dan Arah Medan Magnet Motor Listrik	Air gap (790)	motor_problem_solve (138)	Topik ini menggambarkan inovasi desain motor listrik berbasis magnet permanen yang berfokus pada pengembangan rotor, stator, poros, dan posisi magnet untuk meningkatkan efisiensi serta kinerja motor. Selain itu, istilah hub, coil, drive, dan rotary menunjukkan pengembangan teknologi hub motor dan sistem penggerak kendaraan listrik.
			Electrical machine (739)	dynamo_electric_machine (97)	
			Iron core (735)	hydrodynamic_bearing_assembly (80)	
			Salient pole (707)	radial_dynamic_pressure (63)	
			Problem solve (494)	salient_pole_stator (59)	
			Wind turbine (484)	salient_pole_pair (51)	
			Insertion hole (353)	wind_power_generation (45)	
			Coil wound (282)	fluid_dynamic_pressure (40)	
			Rotatably support (256)	Herein_switch_reluctance (38)	
			Peripheral surface (237)	flywheel_energy_storage (38)	
Periode 2 (2012-2016)	Topik_2	Desain Kumparan dan Inti Besi pada Bagian Stator Motor	electric_machine (6464)	rotary_electric_machine (3131)	Topik ini berfokus pada inovasi desain struktur stator motor listrik, termasuk kumparan, inti besi, *housing*, dan komponen pendukung lainnya. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi, kepadatan daya, keandalan motor, serta mempermudah proses manufaktur dan perakitan.
			stator_core (5131)	rotate_electric_machine (890)	
			problem_solve (3989)	electric_machine_stator (789)	
			axial_direction (3218)	rotate_electrical_machine (779)	
			rotary_electric (3164)	machine_problem_solve (697)	
			electric_motor (2822)	electric_machine_problem (622)	
			permanent_magnet (2277)	motor_problem_solve (605)	
			circumferential_direction (2199)	dynamo_electric_machine (531)	
			draw_figure (2141)	stator_rotary_electric (515)	
			rotor_core (2061)	electric_machine_rotor (513)	
	Topik_10	Perancangan Celah Udara dan Inti Besi pada Stator-Rotor	permanent_magnet (21279)	permanent_magnet_motor (1905)	Topik ini berfokus pada inovasi desain elektromagnetik motor magnet permanen melalui pengembangan rotor, stator, magnet permanen,
			iron_core (7414)	permanent_magnet_rotor (1646)	
			magnetic_pole (5314)	stator_iron_core (1580)	

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
			rotor_core (4986)	rotor_iron_core (1388)	kumparan, dan medan magnet. Tujuannya adalah meningkatkan torsi, efisiensi energi, kepadatan daya, dan kestabilan kinerja motor listrik.
			magnetic_field (4597)	permanent_magnet_synchronous (1383)	
			stator_core (4294)	rotor_permanent_magnet (1288)	
			utility_model (4007)	silicon_steel_sheet (1255)	
			motor_rotor (3646)	magnet_synchronous_motor (1053)	
			motor_stator (3268)	motor_utility_model (867)	
			stator_rotor (3033)	motor_stator_rotor (704)	
Periode 3 (2016-2019)	Topik_0	Rancangan Aliran Fluks Magnet dan Bantalan Poros Motor	permanent_magnet (1371)	permanent_magnet_motor (141)	Topik ini berfokus pada inovasi struktur elektromagnetik motor listrik melalui pengembangan rotor, stator, magnet permanen, kumparan, dan inti besi untuk meningkatkan efisiensi dan performa motor. Pengembangannya juga mencakup integrasi dengan poros dan bantalan agar putaran motor lebih stabil dan andal.
			iron_core (453)	rotary_electric_machine (120)	
			electric_machine (329)	permanent_magnet_rotor (71)	
			circumferential_direction (234)	permanent_magnet_synchronous (55)	
			electrical_machine (229)	technical_field_motor (34)	
			axial_direction (206)	end_bearing_bracket (34)	
			end_cover (176)	permanent_magnet_mount (27)	
			air_gap (130)	silicon_steel_sheet (21)	
			coil_wound (130)	permanent_magnet_generator (21)	
			radial_direction (128)	planar_drive_system (21)	
Periode 4 (2019-2023)	Topik_16	Desain Motor Listrik Aksial dan Distribusi Medan Magnet	air_gap (2261)	silicon_steel_sheet (428)	Topik ini berfokus pada inovasi struktur elektromagnetik motor magnet permanen, meliputi desain rotor, stator, inti besi, kumparan, dan medan magnet. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi konversi energi, torsi, dan kinerja motor listrik.
			punch_sheet (1765)	technical_field_motor (404)	
			electrical_machine (1672)	motor_utility_model (331)	
			utility_model (1344)	eddy_current_loss (204)	
			technical_field (1097)	motor_compressor_refrigeration (188)	
			power_generation (844)	flywheel_energy_storage (156)	

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
			method_manufacturing (812)	brushless_direct_current (149)	
			heat_dissipation (785)	planar_drive_system (138)	
			manufacturing_method (770)	salient_pole_rotor (134)	
			peripheral_surface (735)	punch_sheet_body (129)	
Periode 5 (2023-2025)	Topik_4	Rancangan Struktur Inti, Kutub, dan Alur Lilitan Motor	electric_core (783)	technical_field_battery (366)	Topik ini berfokus pada inovasi desain struktur inti motor listrik melalui pengembangan inti magnet, kutub, pelat laminasi, alur lilitan, dan integrasi komponen mekanik. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi, kekuatan struktur, keandalan, dan kemudahan perakitan.
			iron_core (704)	main_body_part (251)	
			electrode_assembly (677)	soft_package_battery (199)	
			main_body (557)	current_collect_disc (187)	
			negative_electrode (380)	battery_utility_model (177)	
			positive_electrode (344)	active_material_layer (171)	
			utility_model (336)	magnetic_steel_groove (154)	
			manufacturing_method (311)	silicon_steel_sheet (140)	
			punch_sheet (282)	application_technical_field (137)	
			electric_equipment (268)	liquid_cool_plate (127)	
	Topik_6	Integrasi Poros, Kecepatan, dan Magnet Permanen pada Motor	permanent_magnet (853)	permanent_magnet_motor (390)	Topik ini berfokus pada inovasi struktur elektromagnetik motor listrik berbasis magnet permanen melalui pengembangan rotor, stator, magnet permanen, dan kumparan. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi konversi energi, torsi, kepadatan daya, serta keandalan sistem penggerak kendaraan listrik
			magnetic_field (700)	permanent_magnet_synchronous (273)	
			axial_direction (609)	permanent_magnet_rotor (248)	
			electric_machine (600)	technical_field_motor (157)	
			iron_core (520)	rotary_electric_machine (140)	
			magnetic_pole (518)	flywheel_energy_storage (80)	
			magnetic_steel (517)	magnetic_field_modulation (74)	
			magnetic_flux (377)	permanent_magnet_magnetic (70)	
			air_gap (355)	extend_axial_direction (67)	
			circumferential_direction (332)	print_circuit_board (61)	

b) Desain struktur mekanik dan *Housing* kendaraan listrik

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
Periode 1 (2010-2012)	Topik_8	Perancangan Sistem Transmisi Gigi dan Penggerak Roda Kendaraan	internal_combustion (2569)	internal_combustion_engine (2097)	Topik ini menggambarkan inovasi pada sistem penggerak kendaraan listrik untuk mengoptimalkan penyaluran tenaga, torsi, kecepatan, dan transmisi agar meningkatkan efisiensi serta stabilitas kendaraan. Istilah generator, hybrid, dan engine menunjukkan bahwa inovasi juga mendukung pengembangan sistem penggerak hibrida, termasuk perpindahan sumber tenaga dan pemulihan energi saat pengereman.
			problem_solve (1486)	vehicle_problem_solve (752)	
			planetary_gear (1202)	device_problem_solve (338)	
			regenerative_brake (744)	planetary_gear_set (322)	
			electrical_machine (465)	planetary_gear_mechanism (233)	
			sun_gear (397)	start_internal_combustion (211)	
			way_clutch (366)	power_transmission_path (174)	
			transmission_path (354)	continuously_variable_transmission (113)	
			operating_point (296)	control_method_program (101)	
			accelerator_pedal (293)	planetary_gear_train (76)	
	Topik_14	Desain Casing Luar dan Rangka Penyangga Komponen Kendaraan	problem_solve (743)	voice_coil_motor (197)	Topik ini berfokus pada inovasi perancangan housing dan struktur pelindung kendaraan listrik untuk melindungi komponen, meningkatkan kekuatan mekanis, dan mempermudah perakitan. Pengembangannya juga mencakup sistem pemasangan dan penyangga komponen agar struktur lebih kokoh serta proses perawatan dan penggantian komponen menjadi lebih efisien.
			axial_direction (602)	print_circuit_board (175)	
			brush_holder (482)	rotary_electric_machine (114)	
			circuit_board (451)	rotate_electrical_machine (104)	
			spindle_motor (350)	device_problem_solve (87)	
			power_supply (320)	motor_problem_solve (69)	
			bus_bar (292)	motor_driven_compressor (54)	
			power_storage (271)	vehicle_problem_solve (47)	
			stator_core (246)	structure_charge_port (47)	
			radial_direction (241)	rotatably_support_shaft (39)	
Periode 2 (2012-2016)	Topik_5	Desain Penutup, Pelindung, dan Bantalan Poros Motor	utility_model (15940)	motor_utility_model (2360)	Topik ini berfokus pada inovasi struktur mekanis motor listrik, termasuk desain housing, poros, bantalan, dan komponen pendukung. Pengembangannya meliputi sistem pemasangan, penguncian, dan perlindungan motor untuk meningkatkan
			end_cover (8262)	utility_model_motor (1591)	
			end_cap (4476)	motor_end_cover (1357)	
			rotate_shaft (3366)	end_cover_end (994)	
			motor_shaft (2684)	lithium_ion_battery (949)	

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
			motor_stator (2417)	structure_utility_model (880)	kestabilan, keandalan, umur pakai, serta kemudahan perakitan dan pemeliharaan.
			motor_utility (2362)	cover_end_cover (824)	
			motor_end (2325)	motor_end_cap (669)	
			motor_rotor (2184)	utility_model_structure (569)	
			motor_case (2054)	direct_current_motor (541)	
Periode 4 (2019-2023)	Topik_9	Mekanisme Penjepit, Rel Geser, dan Penyangga Rangka	utility_model (14056)	new_energy_automobile (2094)	Topik ini berfokus pada inovasi sistem pemasangan dan penopang komponen kendaraan listrik agar terpasang kuat, presisi, dan mudah dirakit. Pengembangannya bertujuan meningkatkan kestabilan komponen, kemudahan perawatan, serta keandalan struktur kendaraan listrik.
			technical_field (5568)	device_utility_model (1296)	
			new_energy (3555)	battery_utility_model (775)	
			heat_dissipation (3220)	unmanned_aerial_vehicle (694)	
			charge_pile (3005)	fill_electric_pile (651)	
			lithium_cell (2672)	technical_field_battery (540)	
			guide_rail (2299)	new_energy_battery (479)	
			left_right (1712)	technical_field_motor (465)	
			lithium_ion (1708)	structure_utility_model (461)	
			power_supply (1403)	mechanism_utility_model (448)	
	Topik_21	Perakitan Dinding Casing dan Pengaturan Ruang Internal	power_storage (1839)	rotary_electric_machine (625)	Topik ini berfokus pada inovasi desain housing untuk melindungi dan menopang komponen kendaraan listrik. Pengembangannya bertujuan meningkatkan kekuatan struktur, perlindungan komponen, efisiensi ruang, dan kemudahan perakitan
			draw_figure (1781)	print_circuit_board (273)	
			circuit_board (1424)	part_draw_figure (234)	
			method_manufacturing (1229)	pressure_relief_mechanism (204)	
			manufacturing_method (1206)	direction_draw_figure (175)	
			energy_storage (1192)	battery_power_consumption (165)	
			electric_machine (1110)	energy_storage_system (163)	
			bus_bar (973)	technical_field_battery (158)	
			space_apart (841)	manufacturing_method_manufacturing (136)	

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
			utility_model (834)	electricity_utilization_device (109)	
Periode 5 (2023-2025)	Topik_9	Perancangan Rangka Utama dan Pemasangan Sistem Penggerak	charge_pile (1831)	new_energy_automobile (618)	Topik ini berfokus pada inovasi desain sistem pemasangan dan penopang motor listrik agar struktur lebih stabil. Pengembangannya bertujuan meningkatkan ketepatan pemasangan, kekuatan struktur, kemudahan instalasi, dan keandalan motor listrik.
			main_body (1162)	technical_field_motor (278)	
			battery_cell (1097)	technical_field_battery (249)	
			battery_pack (1057)	fill_electric_pile (245)	
			rotate_shaft (951)	method_technical_field (164)	
			charge_gun (800)	device_utility_model (159)	
			lithium_battery (717)	application_technical_field (140)	
			technical_field (701)	permanent_magnet_motor (134)	
			energy_storage (566)	unmanned_aerial_vehicle (126)	
			heat_dissipation (447)	solid_state_battery (119)	

c) Sistem kendali dan manajemen daya kendaraan listrik

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
Periode 1 (2010-2012)	Topik_10	Rangkaian Sakelar Tegangan Tinggi dan Pengubah Daya Listrik	problem_solve (265)	device_problem_solve (79)	Topik ini menggambarkan inovasi pada rangkaian elektronik untuk pengendalian dan konversi daya kendaraan listrik melalui integrasi inverter, konverter, relay, sakelar, dan pengendali. Inovasi juga berfokus pada pemantauan kondisi kelistrikan serta pengelolaan koneksi antarperangkat agar distribusi daya lebih stabil, efisien, dan aman.
			energy_storage (142)	inductive_storage_element (39)	
			pulse_width (133)	single_phase_level (39)	
			single_phase (101)	system_problem_solve (38)	
			half_bridge (100)	low_pas_filter (38)	
			main_relay (86)	circuit_linear_vibration (36)	
			reference_numeral (84)	lithium_ion_battery (33)	
			fuel_cell (76)	pulse_width_modulation (25)	
			bus_bar (73)	inductive_magnetic_field (24)	

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
			management_system (65)	circuit_energy_superposition (22)	
	Topik_16	Sistem Catu Daya dan Manajemen Beban Energi Listrik	non_contact (1335)	non_contact_power (618)	Topik ini berfokus pada inovasi pengelolaan aliran energi listrik pada kendaraan listrik agar sistem bekerja secara efisien dan stabil. Pengembangannya meliputi integrasi sistem catu daya, penyimpanan energi, unit kontrol, serta teknologi pengisian dan konversi energi.
			problem_solve (759)	system_problem_solve (269)	
			direct_current (280)	non_contact_manner (253)	
			high_frequency (265)	non_contact_charge (135)	
			alternate_current (247)	device_problem_solve (129)	
			magnetic_field (217)	resonance_non_contact (108)	
			electromagnetic_field (167)	method_problem_solve (99)	
			portable_electronic (145)	solution_non_contact (68)	
			electromagnetic_resonator (131)	vehicle_problem_solve (68)	
			fuel_cell (124)	primary_self_resonant (68)	
Periode 2 (2012-2016)	Topik_4	Rangkaian Pengisian dan Distribusi Daya Listrik Kendaraan	power_supply (12265)	energy_storage_device (2217)	Topik ini berfokus pada inovasi pengelolaan daya listrik pada kendaraan listrik melalui pengisian, penyimpanan, distribusi, serta pengendalian tegangan dan arus agar sistem bekerja secara efisien, stabil, dan aman. Pengembangannya mencakup integrasi perangkat elektronik dan unit kontrol untuk meningkatkan efisiensi energi, keandalan sistem, dan keamanan kendaraan listrik.
			electric_vehicle (6836)	power_supply_system (1469)	
			energy_storage (5791)	power_storage_device (1453)	
			storage_device (4785)	power_supply_device (1278)	
			electric_power (4303)	electric_vehicle_charge (1233)	
			power_source (3484)	energy_storage_system (1004)	
			power_storage (3264)	charge_electric_vehicle (708)	
			storage_battery (2895)	vehicle_charge_station (577)	
			control_unit (2736)	electric_power_supply (575)	
			power_generation (2516)	power_supply_power (563)	
Periode 3 (2016-2019)	Topik_13	Kontroler motor dan Pengatur Output Tenaga Listrik	fuel_cell (439)	unmanned_aerial_vehicle (147)	Topik ini berfokus pada inovasi sistem pengendalian dan distribusi daya listrik untuk mengatur suplai energi ke motor dan komponen kendaraan. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi energi,
			draw_figure (252)	internal_combustion_engine (104)	
			unmanned_aerial (186)	fuel_cell_system (78)	
			direct_current (168)	electrical_energy_store (55)	
			magnetic_field (138)	fuel_cell_stack (52)	

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
			internal_combustion (137)	magnetic_field_generate (35)	kestabilan operasi, respons akselerasi, serta performa kendaraan listrik secara keseluruhan.
			utility_model (101)	fuel_cell_test (34)	
			alternate_current (100)	lithium_ion_pack (28)	
			energy_store (97)	autonomous_move_body (25)	
			regenerative_brake (82)	generate_magnetic_field (24)	
Periode 4 (2019-2023)	Topik_17	Rangkaian Pengubah Daya dan Pelindung Arus (Konverter)	utility_model (2407)	system_utility_model (287)	Topik ini berfokus pada inovasi elektronika daya untuk mengatur, mengonversi, dan mengendalikan aliran energi listrik pada kendaraan listrik. Pengembangannya bertujuan memastikan penyaluran daya antara baterai, motor listrik, dan komponen lainnya berlangsung secara efisien, stabil, dan aman.
			fuel_cell (1413)	power_factor_correction (240)	
			bridge_arm (1334)	new_energy_automobile (236)	
			negative_electrode (1010)	fuel_cell_system (230)	
			positive_electrode (915)	phase_bridge_arm (217)	
			technical_field (872)	fuel_cell_stack (167)	
			draw_figure (522)	pulse_width_modulation (155)	
			new_energy (497)	vehicle_utility_model (154)	
			mount_charger (416)	field_effect_transistor (143)	
			super_capacitor (396)	single_chip_microcomputer (136)	
Periode 5 (2023-2025)	Topik_10	Sistem Manajemen Daya dan Modul Pensaklaran (Switching)	high_voltage (1323)	direct_current_bus (167)	Topik ini berfokus pada inovasi sistem manajemen daya untuk mengatur penyimpanan dan distribusi energi listrik pada kendaraan listrik. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi energi, menjaga kestabilan suplai listrik, serta meningkatkan keandalan sistem kelistrikan kendaraan.
			low_voltage (715)	thermal_management_system (167)	
			direct_current (586)	new_energy_automobile (167)	
			circuit_board (571)	method_technical_field (120)	
			charge_pile (422)	technical_field_battery (93)	
			alternate_current (410)	new_energy_vehicle (90)	
			fuel_cell (365)	application_technical_field (89)	
			positive_electrode (288)	hydrogen_fuel_cell (88)	
			negative_electrode (281)	technical_field_energy (86)	
			input_end (277)	direct_current_converter (84)	

d. Integrasi sistem dan Modul baterai

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
Periode 1 (2010-2012)	Topik_11	Perakitan Modul Baterai dengan Rangkaian Proteksi Seri-Paralel	charge_discharge (190)	external_input_output (58)	Topik ini menggambarkan inovasi dalam perancangan dan integrasi battery pack, mulai dari penyusunan sel, konfigurasi rangkaian, hingga sistem proteksi untuk meningkatkan kapasitas, keandalan, dan keamanan. Kemunculan istilah seperti management, protection, control, dan connection menunjukkan fokus pada pengelolaan battery pack agar setiap sel bekerja seimbang dan tetap aman selama pengisian maupun penggunaan.
			energy_storage (118)	pack_problem_solve (28)	
			motor_vehicle (113)	plate_shape_conductive (22)	
			bus_bar (110)	assembly_cathode_separator (21)	
			problem_solve (94)	balance_discharge_amount (20)	
			electric_vehicle (86)	terminal_bus_bar (19)	
			power_supply (77)	mount_seal_surplus (19)	
			external_input (74)	control_relay_matrix (18)	
			charge_equalization (62)	system_problem_solve (17)	
			electrical_energy (57)	case_together_electrolyte (17)	
Periode 2 (2012-2016)	Topik_7	Sirkuit Pengaman dan Manajemen Suhu Sel Baterai	battery_cell (11127)	battery_pack_battery (1817)	Topik ini berfokus pada inovasi perancangan paket baterai dan integrasi sistem manajemen baterai (BMS). Pengembangannya bertujuan memantau kondisi baterai, mengatur proses pengisian dan pengosongan, serta meningkatkan keamanan, efisiensi, keandalan, dan umur pakai baterai.
			battery_pack (10139)	battery_module_battery (1789)	
			battery_module (8412)	battery_cell_battery (1332)	
			storage_battery (2471)	lithium_ion_battery (1264)	
			module_battery (2283)	battery_management_system (1108)	
			pack_battery (1931)	module_battery_module (754)	
			cell_battery (1741)	pack_battery_pack (734)	
			battery_management (1737)	module_battery_cell (566)	
			secondary_battery (1736)	cell_battery_cell (535)	
			battery_battery (1716)	lead_acid_battery (456)	
	Topik_11	Metode Pendeteksian Sensor dan	secondary_battery (3844)	internal_combustion_engine (1188)	Topik ini berfokus pada inovasi sistem kendali kendaraan listrik melalui pemantauan kondisi operasional secara real-time. Data sensor dimanfaatkan untuk mengoptimalkan
			electric_vehicle (3286)	fuel_cell_system (658)	
			control_unit (3172)	hybrid_electric_vehicle (654)	

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
		Estimasi Daya Baterai	control_device (3149)	open_circuit_voltage (635)	pengisian baterai, mengendalikan arus, dan meningkatkan efisiensi, keselamatan, serta keandalan sistem kendaraan listrik.
			hybrid_vehicle (2904)	power_storage_device (589)	
			charge_discharge (2729)	control_unit_control (569)	
			fuel_cell (2579)	battery_management_system (471)	
			state_charge (2207)	fuel_cell_vehicle (461)	
			problem_solve (2156)	vehicle_control_device (448)	
			battery_pack (2146)	high_voltage_battery (442)	
Periode 3 (2016-2019)	Topik_6	Sistem Pengaturan Arus dan Status Pengisian Baterai	energy_storage (545)	exchange_station_method (53)	Topik ini berfokus pada inovasi sistem pengisian dan pengelolaan baterai melalui pengendalian tegangan, arus, status baterai, dan manajemen energi. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi, keamanan, umur pakai baterai, serta kinerja kendaraan listrik.
			power_supply (290)	new_energy_automobile (42)	
			exchange_station (266)	direct_current_charge (41)	
			electric_automobile (208)	follow_step_acquire (39)	
			follow_step (157)	exchangeable_energy_storage (35)	
			direct_current (157)	open_circuit_voltage (33)	
			draw_figure (139)	internal_short_circuit (30)	
			storage_medium (137)	estimate_state_health (29)	
			electric_quantity (127)	equipment_storage_medium (21)	
			lithium_ion (106)	exchange_station_base (21)	
Periode 4 (2019-2023)	Topik_23	Sistem Pemantauan dan Pengendalian Siklus Isi-Ulang Baterai	follow_step (4159)	follow_step_acquire (1204)	Topik ini berfokus pada inovasi Battery Management System (BMS) untuk mengelola proses pengisian dan pengosongan baterai berdasarkan data tegangan, arus, suhu, dan kondisi operasi. Pengembangannya bertujuan meningkatkan akurasi pemantauan, keamanan, keandalan, serta umur pakai baterai.
			storage_medium (3733)	fuel_cell_system (820)	
			fuel_cell (3347)	open_circuit_voltage (530)	
			electric_quantity (2665)	equipment_storage_medium (488)	
			lithium_ion (1783)	new_energy_automobile (438)	
			electronic_equipment (1312)	residual_electric_quantity (401)	
			technical_field (1271)	readable_storage_medium (349)	
			early_warn (1228)	fuel_cell_stack (309)	
			thermal_runaway (1212)	battery_thermal_runaway (280)	

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
			draw_figure (1208)	follow_step_determine (264)	
Periode 5 (2023-2025)	Topik_11	Desain Casing Battery Pack dan Ruang Kedap Udara	box_body (521)	explosion_proof_valve (316)	Topik ini berfokus pada inovasi desain struktur battery pack yang aman, kokoh, dan mudah dirakit. Pengembangannya bertujuan meningkatkan keamanan, efisiensi ruang, kemudahan perakitan, serta keandalan sistem baterai kendaraan listrik
			main_body (446)	power_storage_device (244)	
			accommodate_cavity (326)	energy_storage_device (177)	
			power_storage (295)	energy_storage_system (139)	
			pressure_relief (240)	technical_field_battery (115)	
			fire_extinguish (232)	pack_electric_equipment (82)	
			explosion_proof (211)	liquid_injection_hole (82)	
			method_manufacturing (208)	fire_extinguish_agent (80)	
			accommodate_space (207)	thermal_management_component (61)	
			thermal_runaway (196)	device_electricity_utilization (53)	
	Topik_15	Sistem Pendingin Berbasis Cairan dan Udara dengan heat exchange	box_body (1780)	thermal_management_system (687)	Topik ini berfokus pada inovasi BTMS berbasis pendinginan cair melalui pengembangan sistem pertukaran panas dan saluran pendingin. Pengembangannya bertujuan menjaga suhu baterai tetap stabil, mencegah overheating dan thermal runaway, serta meningkatkan efisiensi, keamanan, dan umur pakai baterai kendaraan listrik.
			energy_storage (1319)	energy_storage_system (541)	
			thermal_management (508)	energy_storage_device (434)	
			control_method (484)	energy_storage_cabinet (418)	
			charge_pile (466)	technical_field_battery (307)	
			electric_core (445)	new_energy_automobile (250)	
			flow_passage (395)	energy_storage_equipment (180)	
			technical_field (383)	phase_change_material (175)	
			flow_path (364)	application_technical_field (171)	
			air_duct (348)	energy_storage_container (129)	

e. Teknologi infrastruktur energi kendaraan listrik

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
Periode 4 (2019-2023)	Topik_14	Sistem Komunikasi dan Pengisian Daya Nirkabel untuk Stasiun pengisian daya	unmanned_aerial (2300)	unmanned_aerial_vehicle (2042)	Topik ini berfokus pada inovasi sistem pengisian daya kendaraan listrik melalui integrasi kendaraan, stasiun pengisian, dan sistem kendali. Pengembangannya mencakup metode pengisian, manajemen daya, komunikasi pengisian, serta teknologi pengisian nirkabel untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kemudahan pengisian baterai.
			parking_space (1319)	new_energy_automobile (301)	
			utility_model (1245)	follow_step_acquire (169)	
			follow_step (1077)	equipment_storage_medium (157)	
			draw_figure (1047)	technical_field_electric (143)	
			storage_medium (951)	hydrogen_fuel_cell (123)	
			fuel_cell (876)	non_contact_manner (116)	
			technical_field (847)	computer_program_product (110)	
			direct_current (789)	automate_storage_retrieval (94)	
			high_voltage (769)	internal_combustion_engine (74)	
	Topik_15	Rancangan Fisik Kotak Daya dan Tiang Pengisian (Charging Pile)	utility_model (13854)	new_energy_automobile (4320)	Topik ini berfokus pada inovasi desain fisik perangkat pengisian daya kendaraan listrik, meliputi charging pile, kabinet, panel, kotak pelindung, konektor, dan charging gun. Pengembangannya bertujuan meningkatkan keandalan, keamanan, kemudahan instalasi, serta kemudahan pengoperasian infrastruktur pengisian daya
			new_energy (5964)	unmanned_aerial_vehicle (1878)	
			technical_field (4343)	pile_utility_model (1659)	
			unmanned_aerial (3736)	new_form_energy (1119)	
			heat_dissipation (3444)	technical_field_charge (1008)	
			main_part (2779)	device_utility_model (714)	
			battery_pack (2189)	charge_utility_model (506)	
			power_supply (2017)	alternate_current_charge (500)	
			lithium_cell (1367)	new_energy_charge (472)	
			display_screen (1315)	function_utility_model (460)	
Periode 5 (2023-2025)	Topik_7	Metode Pengendalian Arus dan Pengelolaan Sistem Pengisian Cerdas	energy_storage (1394)	new_energy_automobile (457)	Topik ini berfokus pada inovasi sistem pengisian daya cerdas melalui pengelolaan proses pengisian, arus, status baterai, serta siklus energi. Pengembangannya bertujuan meningkatkan efisiensi pengisian, integrasi dengan stasiun pengisian daya, dan umur pakai baterai.
			electric_automobile (980)	unmanned_aerial_vehicle (357)	
			electric_quantity (890)	equipment_storage_medium (272)	
			step_obtain (815)	technical_field_battery (217)	
			power_grid (587)	direct_current_charge (209)	
			work_condition (503)	technical_field_charge (207)	

Periodisasi	Topik_ID	Label Topik	Top Bigram & Frekuensi	Top Trigram & Frekuensi	Interpretasi Topik
			storage_medium (488)	residual_electric_quantity (197)	
			thermal_management (415)	thermal_management_system (169)	
			self_adaptive (370)	relate_technical_field (164)	
			energy_consumption (361)	storage_medium_application (162)	