

Analisis *Design For Manufacturing and Assembly (DFMA)* Dalam Pengembangan *Case* Baterai Motor Listrik C70

1st Muhammad Syahril Hartadi

Falkutas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

syahrilhartadi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Rahaditya Dimas Prihandianto

Falkutas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

rdp@telkomuniversity.ac.id

3rd Auffer Fikri Dimiyati

Falkutas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

aufferfd@telkomuniversity.ac.id

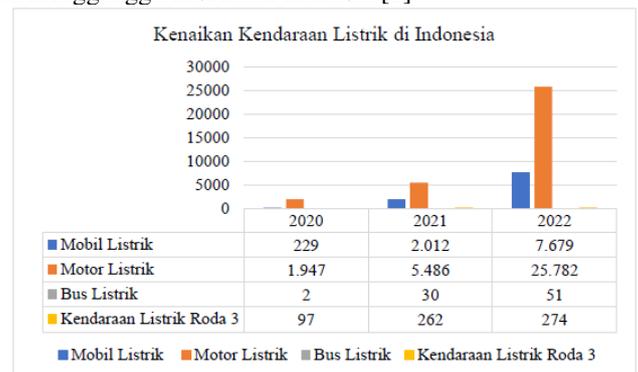
Abstrak — Perkembangan kendaraan listrik roda dua di Indonesia semakin pesat, dengan motor listrik sebagai salah satu pilihan utama karena biaya operasional dan perawatan yang rendah. Motor listrik memiliki tiga komponen utama, yaitu motor, kontroler, dan baterai. Baterai merupakan sumber energi utama untuk mengoperasikan seluruh sistem elektronik motor listrik. *Design case* baterai juga penting sebagai pelindung baterai. Kondisi awal *design case* baterai membutuhkan banyak proses perakitan dan pemasangan. Penelitian ini bertujuan memberikan usulan *design improvement case* baterai menggunakan metode *Design For Manufacturing And Assembly (DFMA)* untuk meminimalkan jumlah proses perakitan dan pemasangan *case* baterai motor listrik. Penelitian ini menganalisis dan mengembangkan *design case* baterai motor listrik C70 dengan pendekatan *DFMA*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *design* baru berhasil mengurangi total waktu proses dari 6961 detik menjadi 3198 detik dan mengurangi limbah dari 20 gram menjadi 11,5 gram, yang masing-masing mencerminkan pengurangan sebesar 54% dan 42,5%. Selain itu, total biaya produksi turun signifikan dari Rp116.062 menjadi Rp55.294, menghasilkan penghematan biaya hingga 52,3%. *Design improve* tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam proses manufaktur dan perakitan, tetapi juga menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Penelitian ini diharapkan berkontribusi dalam pengembangan kendaraan listrik yang lebih efisien dan berkelanjutan, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang teknik industri dan otomotif. Saran untuk penelitian lebih lanjut mencakup pengujian *prototype* dan eksplorasi penggunaan material alternatif yang lebih inovatif.

Kata kunci— *case* baterai, *dfma*, *improvement*, motor listrik

I. PENDAHULUAN

Gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan oleh polusi udara dapat menyebabkan perubahan iklim. Salah satu penyebabnya adalah penggunaan bahan bakar minyak yang berlebihan. Jumlah kendaraan berbahan bakar minyak, seperti kendaraan bensin dan diesel, yang banyak dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan manusia dan pencemaran lingkungan [1]. Seiring berjalannya waktu, pabrik otomotif mengembangkan produknya dari yang

sebelumnya menggunakan bahan bakar minyak menjadi kendaraan listrik. Penggunaan kendaraan listrik diharapkan dapat mengurangi gas rumah kaca (GRK) dan polusi yang dapat mengganggu kesehatan manusia [2].



GAMBAR 1

(GRAFIK KENAIKAN KENDARAAN LISTRIK)

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa jumlah kendaraan listrik di Indonesia meningkat antara tahun 2020 dan 2022. Pengguna motor listrik terbesar terus meningkat setiap tahunnya. Kendaraan listrik (EV) merupakan produk dalam pengembangan yang diharapkan dapat berkontribusi terhadap pengurangan polusi. Salah satu kendaraan listrik yang paling banyak diminati adalah motor listrik. Motor listrik menjadi *trend* dan semakin populer di kalangan masyarakat modern karena di jaman sekarang banyak masyarakat yang penasaran dengan beberapa keunggulan motor listrik [3]. Motor listrik memiliki biaya operasional yang relatif rendah karena cenderung memerlukan perawatan yang sedikit. Meskipun harga awal pembelian motor listrik lebih tinggi daripada kendaraan konvensional. Motor listrik adalah kendaraan yang ramah lingkungan dan bebas polusi udara karena tidak menghasilkan gas buang seperti kendaraan berbahan bakar minyak [4].

Motor listrik memiliki tiga komponen utama, yaitu motor, kontroler, dan baterai. Motor merupakan komponen penting pada kendaraan listrik. Fungsi motor adalah menggerakkan roda kendaraan. Komponen motor pada motor listrik menghasilkan tegangan yang diperlukan agar

kendaraan dapat berjalan sesuai kecepatan yang telah ditentukan. Adapun kontroler merupakan komponen elektronik yang mengatur aliran energi dari baterai ke motor listrik. Selain itu, kontroler juga berfungsi mengendalikan arus listrik yang masuk ke motor listrik sehingga dapat menyeimbangkan kinerja motor listrik. Kontroler pada motor listrik dapat diatur secara manual atau otomatis, bergantung pada jenis motor listrik yang digunakan [5]. Baterai adalah bagian penting yang berfungsi sebagai sumber energi utama yang di gunakan untuk menggerakkan motor dan mengoperasikan seluruh sistem elektronik pada motor listrik [6].

Pilihan pembuatan wadah baterai sangat penting untuk motor listrik. Kapasitas baterai dapat memengaruhi penempatan wadah baterai. Wadah baterai pada motor listrik berfungsi sebagai pelindung fisik berbentuk dudukan untuk menyimpan baterai dan komponen terkait. Fungsi wadah ini adalah sebagai penutup baterai bagian bawah dan atas. Wadah baterai sangat penting untuk melindungi baterai dari kerusakan dan panas berlebihan. Pada kasus riset motor listrik C70 yang diteliti di Telkom University Kampus Kota Surabaya, wadah baterai sebelumnya masih melibatkan banyak proses pembongkaran dan pemasangan. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan pengguna dengan menggunakan wadah baterai yang lebih praktis untuk motor listrik, mudah dibongkar pasang, dan memudahkan penanganan saat terjadi kerusakan pada baterai motor listrik. Kondisi awal dari wadah baterai C70 dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



GAMBAR 2

(CASE BATERAI EXISTING MOTOR LISTRIK C70)

Berdasarkan Gambar 2 yang diambil dari objek pengamatan, kondisi *case* baterai menunjukkan bahwa *case* baterai tersebut menggunakan material besi L dan besi galvanis. Sistem penguncian tutup *case* baterai masih menggunakan baut, mur, dan ring, sehingga proses manufaktur dan pemasangan *case* baterai terlalu banyak. *Case* baterai motor listrik C70 yang ada saat ini memiliki enam komponen, yaitu bagian kotak *case* baterai, tutup *case* baterai, *bracket*, baut, mur, dan ring. *Case* baterai tersebut menggunakan material besi galvanis dan besi L yang dibentuk melalui proses pemotongan, pengelasan, dan pengeboran. Setelah proses manufaktur selesai, dilakukan proses perakitan. Proses perakitan dimulai dengan memasukkan baterai ke dalam kotak *case* baterai. Selanjutnya, *case* baterai ditutup menggunakan penutup *case* baterai, kemudian dikunci menggunakan baut, ring, dan mur di bagian atas dan bawah kotak *case* baterai untuk memastikan penutup *case* baterai terpasang dengan aman dan siap dipasangkan ke sasis motor listrik.

Penelitian ini menggunakan motor listrik C70 milik Telkom University Kampus Kota Surabaya. *Case* baterai pada motor listrik ini masih banyak melibatkan proses bongkar pasang untuk pengisian daya. Selain itu, material yang digunakan, yaitu besi L dan besi galvanis, menyebabkan kesulitan apabila terjadi kerusakan baterai. Permasalahan pada *case* baterai kendaraan listrik tersebut adalah material yang digunakan dan proses manufaktur yang masih banyak sehingga mempersulit proses perakitan dan pemasangan. Dalam rancangan *case* baterai C70, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi karena kompleksitas produk dan proses. Proses perancangan harus mempertimbangkan berbagai faktor, seperti material dasar yang digunakan, *design* produk, spesifikasi produk, komponen atau bagian produk, hingga kemudahan dalam proses perakitan produk [7]. Oleh karena itu, penanganan kompleksitas proses dan produk *case* baterai C70 sangat penting untuk menghasilkan rancangan *design* yang optimal. *Design* yang optimal tidak hanya memenuhi standar keamanan dan fungsi, tetapi juga memperhatikan jumlah proses manufaktur dan *assembly* agar memungkinkan produksi yang lebih hemat biaya dan efisien. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan metode *Design For X (DFX)*. Metode *DFX* adalah suatu pendekatan untuk pengembangan dan peningkatan produk. Dalam metode *DFX*, "X" mengacu pada berbagai aspek pengembangan produk, seperti teknik, manufaktur, perakitan, dan penyimpanan. "*Design*" mengacu pada perancangan produk untuk memenuhi berbagai karakteristik dan masalah dari faktor-faktor tersebut. Dengan demikian, *DFX* berguna untuk mengendalikan dan meningkatkan karakteristik akhir produk, sehingga memberikan nilai berupa biaya produk, kualitas, fleksibilitas, dan keandalan [8]. Tujuan penelitian ini Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *design case* baterai *existing* dengan metode *DFMA*, menganalisis kompleksitas produk dan proses *design* berdasarkan *DFMA*, serta mengusulkan *design* baru dengan nilai *DFM* dan *DFA* yang lebih baik.

Penelitian ini diharapkan dapat mengubah *design* material *case* baterai pada motor listrik C70. *Design* awal menggunakan material besi L dan besi galvanis, serta baut, mur, dan ring untuk sistem pengunciannya, sehingga melibatkan banyak proses manufaktur dan *assembly*. *DFMA* akan digunakan untuk menganalisis *design* dari sudut pandang *DFM* dan *DFA*. *DFM* berfokus pada proses manufaktur *case* baterai, sedangkan *DFA* berfokus untuk mempermudah bongkar pasang dan mempersingkat waktu pemasangan. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan berguna bagi riset Telkom University Kampus Kota Surabaya. Dari aspek manufaktur, penelitian ini diharapkan menghasilkan perbaikan material *case* baterai sehingga menghasilkan produk yang lebih efisien, ringan, dan aman. Dari aspek *assembly*, penelitian ini diharapkan menghasilkan *design* yang membutuhkan waktu singkat saat proses pemasangan.

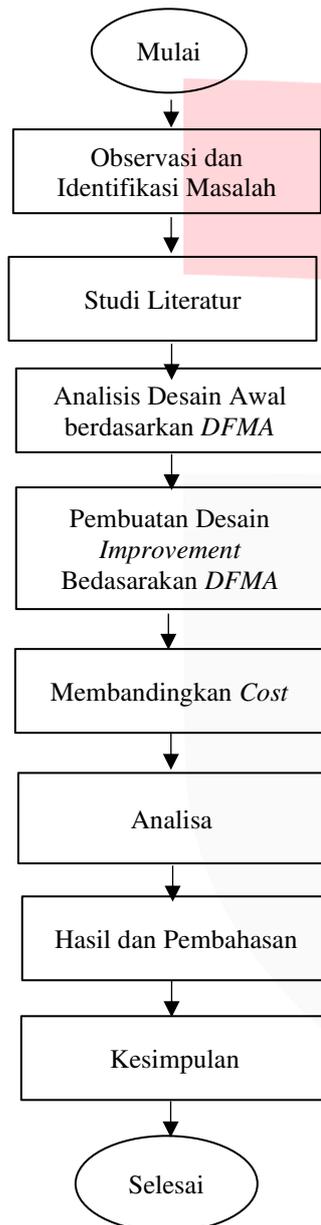
II. METODE

DFX (Design for X) adalah pendekatan dalam rekayasa *design* yang bertujuan untuk mengoptimalkan suatu produk berdasarkan faktor tertentu yang diwakili oleh "X". Faktor tersebut bisa berupa kualitas, biaya, manufaktur, keandalan, atau aspek lainnya yang dianggap penting dalam proses

pengembangan produk. Metode *DFX* membantu insinyur dan desainer untuk mempertimbangkan berbagai aspek sejak tahap awal *design* sehingga produk yang dihasilkan lebih efisien, berkualitas, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna (Nurchayanie & Rohmadiani, n.d.). Di dalam *Design For X* terdapat beberapa jenis yaitu: *Design for Manufacturing (DFM)*, *Design for Assembly (DFA)*, *Design for Cost (DFC)*, *Design for Environment (DFE)*, *Design for Service (DFS)*, *Design for Reability (DFR)*

A. Tahapan Perancangan

Pada gambar 3 di bawah ini merupakan *Flowchart* alur penelitian. Penjelasan detail tahapan penelitian bisa dilihat di bawah ini.



GAMBAR 3
(ALUR PENELITIAN)

B. Pengumpulan Data

Penelitian ini diawali dengan observasi langsung terhadap objek (*case* baterai) di laboratorium sistem produksi Telkom University Kampus Kota Surabaya untuk mencari data dan informasi, dilanjutkan dengan identifikasi masalah pada *design* kotak baterai sebelumnya, yaitu banyaknya proses

pembongkaran dan perakitan akibat penggunaan besi galvanis, besi L, serta baut, mur, dan ring pada *design* awal kendaraan listrik C70, yang menyebabkan instalasi memakan waktu lama dan menunjukkan *design* yang belum optimal dalam hal manufaktur dan perakitan, sehingga diperlukan pendekatan baru untuk meningkatkan efisiensi proses, dan diakhiri dengan studi literatur dari berbagai sumber seperti penelitian terdahulu, artikel, jurnal, dan buku untuk mencari dan memperoleh informasi serta teori yang relevan sebagai pendukung penelitian.

C. Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data, serangkaian analisa dilaksanakan terhadap *design* awal serta pengembangan *design* perbaikan untuk meningkatkan efektivitas dalam produksi dan perakitan. Proses ini mencakup analisa dengan menggunakan pendekatan *Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)* yang terbagi menjadi dua aspek utama, yaitu *Design for Manufacturing (DFM)* dan *Design for Assembly (DFA)*. Selain itu, dilakukan pula perbandingan biaya antara *design* awal dan *design* perbaikan.

D. Deskripsi Mekanisme Validasi Hasil Rancangan

Pada tahap ini, peneliti tidak melakukan validasi hasil karena penelitian ini hanya sebatas rancangan usulan *design case* baterai C70. Dan tidak sampai ke tahap validasi hasil rancangan atau *prototype*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Usulan *Design* Baru

Design baru ini dirancang dengan pendekatan inovatif untuk mengatasi berbagai kelemahan pada *design* awal, terutama dalam efisiensi manufaktur dan perakitan. Dengan menggunakan metode *Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)*, pendekatan ini tidak hanya bertujuan meningkatkan kualitas dan keandalan produk, tetapi juga meminimalkan biaya produksi dan waktu siklus manufaktur [9]. *DFMA* memungkinkan analisis menyeluruh terhadap *design* produk untuk memastikan bahwa setiap elemen dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan proses manufaktur dan perakitan. Pendekatan ini sangat relevan untuk mengoptimalkan *design* dengan mempertimbangkan efisiensi operasional di seluruh siklus hidup produk. Melalui penerapan *DFMA*, *design* ini mengutamakan beberapa aspek utama, yaitu:

1. Reduksi Komponen: Menyederhanakan struktur case baterai untuk mengurangi potensi kesalahan produksi dan perakitan.
2. Pemilihan Material: Menggunakan aluminium sebagai material utama case baterai karena ringan, mudah diproses, kuat, andal, serta memiliki konduktivitas termal yang baik untuk mencegah *overheating* baterai. Aluminium juga lebih ekonomis dan mudah didaur ulang dibandingkan serat karbon, serta lebih baik dari plastik *ABS* dan *fiberglass* dalam ketahanan mekanik dan termal. Material *stainless steel* juga dipertimbangkan namun aluminium menawarkan keseimbangan optimal antara kekuatan, bobot ringan, kemampuan pembuangan panas, dan ketahanan korosi.
3. Penyederhanaan Perakitan: Menciptakan *design* yang lebih intuitif dan mudah dirakit, baik secara manual maupun otomatis.

Design baru ini menghadirkan inovasi dalam pemilihan dan penggunaan komponen dengan tujuan meningkatkan efisiensi, kemudahan perakitan, dan performa keseluruhan produk. Setiap komponen dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan fungsional dan optimalisasi manufaktur, sehingga menghasilkan struktur yang lebih ringan, kuat, dan mudah dirakit. Dengan *design* yang lebih terintegrasi dan efisien, produk ini mampu memberikan solusi yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan. Komponen-komponen pada *design* baru meliputi:

1. *Body Case*: Dibuat dari material aluminium yang dipilih karena bobotnya yang jauh lebih ringan dibandingkan dengan material seperti besi L. Aluminium tidak hanya memberikan pengurangan berat yang signifikan, tetapi juga menawarkan ketahanan terhadap korosi, sehingga meningkatkan umur pakai produk.
2. *Tutup Case*: Lebih baik menggunakan material aluminium, dengan mekanisme pemasangan yang dirancang lebih sederhana melalui sistem kait, menggantikan kebutuhan penggunaan baut dan mur, sehingga mempercepat proses perakitan.
3. *Kait*: Komponen ini berfungsi sebagai pengunci *tutup case*, menggantikan metode tradisional seperti baut dan mur. *Design* dibuat untuk mempermudah pemasangan dan pembukaan *tutup* tanpa memerlukan alat tambahan, sehingga meningkatkan efisiensi operasional.
4. *Pin*: Bertindak sebagai penghubung antara *bracket* dan *body case*. Komponen ini dirancang agar mudah dipasang dan dilepas, sehingga mendukung konsep modularitas dalam *design*.
5. *Bracket*: Terbuat dari aluminium, *bracket* ini dirancang untuk menyokong *body case* dengan kokoh, sambil tetap menjaga bobot keseluruhan produk agar tetap ringan.

B. Perbandingan *Design* Lama dan *Design* Baru

Perbandingan antara *design* awal dan *design* baru dilakukan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai peningkatan efisiensi, baik dari segi material, jumlah komponen, mekanisme, maupun proses manufaktur dan perakitan. Berikut ini adalah perbedaan utama yang ada dalam penelitian ini:

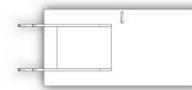
TABEL 1
(PERBADINGAN *DESIGN*)

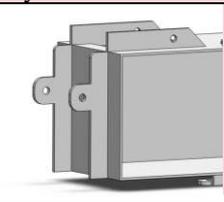
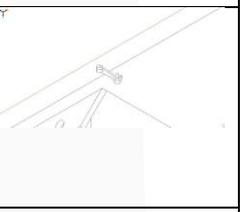
Aspek	<i>Design Lama</i>	<i>Design Baru</i>
Bahan	Besi Galvanis untuk <i>case</i> dan <i>tutup case</i> , besi L untuk komponen lainnya	Aluminium untuk semua komponen
Sistem Penguncian	Baut, mur, dan ring	Kait
Harga Material	Relatif lebih murah per kilogram	Sedikit lebih mahal per kilogram
Harga Operasional	Lebih tinggi karena membutuhkan proses	Lebih rendah karena aluminium lebih

Aspek	<i>Design Lama</i>	<i>Design Baru</i>
	pengelasan dan penghalusan yang rumit	mudah dikerjakan
Bobot	Lebih berat, meningkatkan biaya transportasi dan kurang efisien	Lebih ringan, mengurangi biaya transportasi
Ketahanan	Rentan terhadap korosi meskipun dilapisi galvanis	Tahan korosi secara alami, lebih tahan lama
Kemudahan Produksi	Lebih sulit dipotong dan dirakit	Lebih mudah dipotong, dirakit, dan disambungkan
Limbah Manufaktur	Tinggi	Rendah
Efisiensi Biaya	Biaya awal lebih rendah, tetapi biaya operasional tinggi	Biaya awal sedikit lebih tinggi, tetapi efisiensi jangka panjang lebih baik
Keuntungan Utama	Material mudah didapat dengan biaya awal rendah	Tahan lama, bobot ringan, dan ramah lingkungan

Design baru memanfaatkan material aluminium yang lebih ringan dan kuat, sehingga mengurangi bobot total *case* baterai. Selain itu, sistem penguncian dengan kait menggantikan baut dan mur, sehingga perakitan menjadi lebih cepat dan mudah. Untuk perbandingan dari *visual* dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2
(PERBEDAAN *VISUAL DESIGN EXISTING* DAN *IMPROVEMENT*)

No	Nama Part	<i>Design Existing</i>	<i>Design Improvement</i>
1	<i>Case</i>		
		Kesimpulan Pada <i>design existing</i> terlihat bada bagian dalam terdapat banyak bagian yang bertumpuk namun pada <i>design improve</i> menggunakan satu lapisan sehingga menghemat material <i>cost</i>	
2	<i>Bracket</i> (Bagian Atas)		
		Kesimpulan Pada <i>bracket</i> bagian atas terdapat pemotongan yang tidak rapi sehingga mengganggu estetika produk, namun pada <i>design improve</i> bagian <i>bracket</i> atas	

No	Nama Part	Design Existing	Design Improvement
		dilakukan pengukuran yang presisi sehingga estetika produk tetap terjaga.	
3	Case (Bagian Bawah)		
	Kesimpulan Design existing pada badan case bagian bawah terdapat banyak bekas pengelasan dikarenakan menggunakan banyak lapisan pada proses pembuatan, namun pada design improve dibuat satu lapisan sehingga menghemat biaya material		
4	Bracket (Bagian Belakang)		
	Kesimpulan Dibagian bracket belakang terdapat bagian yang tidak simetris dikarenakan kurangnya ketelitian pada pengukuran, namun di design improve pembuatan prototype design dibuat sepresisi mungkin supaya keamanan dan estetika tetap terjaga.		
5	Kait (Sebelumnya mur dan baut)		
	Kesimpulan Bagian atas pada design existing (ditunjukkan dengan warna merah) merupakan penghubung pengunci antara case dan tutup case. Sedangkan design improve menggunakan pengait untuk mempermudah membongkar dan memasang tutup case, sehingga bisa mempercepat waktu perakitan.		

C. Analisis Hasil DFMA

Hasil analisis menggunakan metode *Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)* menunjukkan peningkatan efisiensi yang signifikan pada *design* baru dibandingkan dengan *design* awal, baik dari perspektif manufaktur (*DFM*) maupun perakitan (*DFA*). Pendekatan *DFMA* ini memberikan gambaran komprehensif mengenai cara mengoptimalkan *design* produk agar lebih mudah diproduksi, lebih efisien, dan lebih ramah lingkungan. Melalui pengurangan jumlah komponen, penyederhanaan langkah-langkah proses manufaktur, dan pemilihan material yang lebih sesuai, *design* baru dapat menghasilkan produk yang lebih berkualitas dan hemat biaya. Perhitungan efisiensi dilakukan berdasarkan rumus yang tertera di [10].

$$\text{Efisiensi (\%)} = \left(\frac{\text{Nilai Awal} - \text{Nilai Akhir}}{\text{Nilai Awal}} \right) \times 100\%$$

Rumus 1. Perhitungan Efisiensi

Berikut adalah rincian peningkatan efisiensi yang diperoleh melalui analisis *DFMA* dan Kesimpulannya:

1. Dari Perspektif *DFM (Design For Manufacturing)*
Penggunaan aluminium pada *design* baru memberikan keuntungan besar dalam hal kemudahan pemrosesan dibandingkan besi L dan galvanis yang lebih sulit diproses karena aluminium lebih mudah dibentuk, dipotong, dan disesuaikan dengan spesifikasi *design* yang diinginkan sehingga mengurangi kompleksitas dan waktu manufaktur; langkah-langkah manufaktur pun mengalami penyederhanaan signifikan, dari pemotongan, pengeboran, dan pengelasan pada *design* awal menjadi hanya pemotongan dan pembentukan pada *design* baru sehingga mempersingkat waktu produksi dan meningkatkan *throughput*; selain itu, pengurangan limbah produksi sangat signifikan karena material aluminium lebih mudah diproses sehingga potongan dan sisa material yang terbuang lebih sedikit, yang tidak hanya membantu menekan biaya bahan baku, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan dampak lingkungan.
2. Dari Perspektif *DFA (Design For Assembly)*
Design baru case baterai motor listrik ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi berkat pengurangan jumlah komponen utama dari enam menjadi lima, penggunaan sistem penguncian kait yang menggantikan baut, mur, dan ring sehingga mengurangi waktu perakitan hingga 30%, penyederhanaan langkah perakitan yang berdampak pada total waktu perakitan lebih singkat, dan efisiensi biaya hingga 20% melalui pengurangan limbah, penggunaan material efisien, serta penyederhanaan proses manufaktur dan perakitan.
3. Kesimpulan Analisis *DFMA*
Secara keseluruhan, *design* baru case baterai motor listrik C70 menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi manufaktur dan perakitan. Peningkatan ini berpotensi memberikan dampak positif pada biaya produksi, waktu pemasaran, dan keberlanjutan produk. Dengan mengadopsi prinsip-prinsip *DFMA*, *design* baru berhasil mengurangi jumlah langkah manufaktur dan perakitan yang dibutuhkan, serta mengoptimalkan penggunaan material yang lebih ringan dan hemat biaya. Proses perakitan yang lebih cepat, berkat penggunaan sistem penguncian yang lebih sederhana, tidak hanya mempercepat waktu produksi, tetapi juga mengurangi potensi kesalahan selama perakitan. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan yang lebih efisien dalam *design* tidak hanya meningkatkan kualitas dan daya saing produk, tetapi juga mendukung pengembangan produk yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.
4. Perhitungan Efisiensi:
Hasil yang diperoleh akan dihitung dengan rumus 1 untuk mengetahui *presentase* hasil peningkatan antara *design existing* dan *design improve*.
 - a. Efisiensi Produksi (Detik)

$$\text{Efisiensi Produksi (\%)} = \left(\frac{6961 - 3198}{6961} \right) \times 100\% = 54\%$$

Rumus 2. Perhitungan Efisiensi Produksi

Dari efisiensi produksi menunjukkan bahwa kecepatan produksi meningkat 54%.

b. Efisiensi Limbah (Gram)

$$\text{Efisiensi limbah (\%)} = \left(\frac{20-11,5}{20} \right) \times 100\% = 42,5\%$$

Rumus3. Perhitungan Efisiensi Limbah

Perhitungan efisiensi limbah menunjukkan bahwa ada pengurangan limbah sebanyak 42,5%. Dimana itu akan sangat menguntungkan bagi lingkungan.

c. Efisiensi Biaya (Rp)

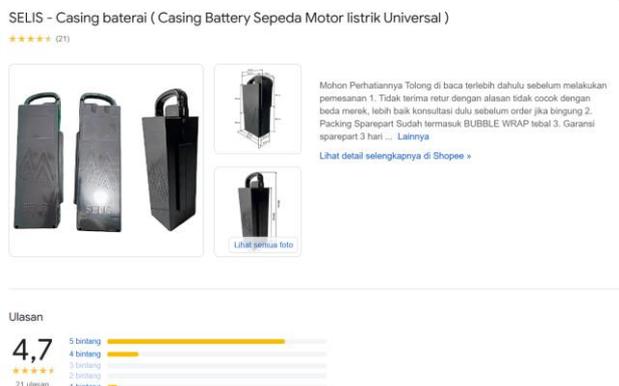
$$\text{Efisiensi Biaya (\%)} = \left(\frac{116.062-55.294}{116.062} \right) \times 100\% = 52,3\%$$

Rumus 4. Perhitungan Efisiensi Biaya

Perhitungan efisiensi biaya menunjukkan pengurangan operational dan material cost sebesar 52,3%.

D. Validasi

Design case dengan menggunakan bahan aluminium sudah beredar di pasaran juga mempunyai *feedback* yang sangat bagus dari customernya seperti contoh pada gambar ini [11]:



GAMBAR 3

(APLIKASI MATERIAL ALUMINIUM CASE BATERAI)

Kesimpulan dari Gambar 3 diatas adalah pengguna motor listrik lebih memilih material aluminium karena material tersebut memiliki kombinasi ideal antara kekuatan, bobot ringan, dan ketahanan terhadap korosi. apabila *design case* yang dibahas pada penelitian ini diaplikasikan dengan benar juga bila memperoleh *feedback* yang baik dari pemakai.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan identifikasi *design awal case* baterai C70 yang menggunakan material besi galvanis dan besi L dengan kekurangan dalam hal berat, efisiensi manufaktur, dan limbah produksi, serta kompleksitas produk dan proses manufaktur yang ditunjukkan oleh tingginya total waktu produksi (6961 detik) dan limbah produksi (20 gram), maka melalui pendekatan *DFM* dan *DFA* dilakukan perbaikan *design* dengan mengganti material ke aluminium yang lebih ringan, tahan korosi, dan mudah diproduksi, sehingga menghasilkan peningkatan efisiensi signifikan dengan penurunan total waktu produksi hingga 54% (dari 6961 detik menjadi 3198 detik), pengurangan limbah produksi sebesar 42,5% (dari 20 gram menjadi 11,5 gram), dan penghematan biaya produksi sebesar 52,3% (dari Rp116.062 menjadi Rp55.294),

termasuk peningkatan efisiensi pada proses penyambungan dan penghalusan (dari 1321 detik dengan limbah 5 gram menjadi 840 detik dengan limbah 4 gram) serta penggunaan mekanisme kait sebagai pengganti baut untuk meningkatkan efisiensi perakitan.

Dengan demikian, implementasi *design improve* terbukti lebih efisien dalam aspek waktu produksi, biaya, dan limbah, menjadikannya solusi yang lebih unggul untuk 77 produksi *case* baterai kendaraan listrik C70. Oleh karena itu, disarankan untuk mengadopsi *design improve* dalam produksi massal, dengan tetap melakukan pemantauan dan evaluasi guna meningkatkan efisiensi serta mengidentifikasi peluang perbaikan lebih lanjut.

REFERENSI

- [1] A. I. Nur dan A. D. Kurniawan, "Proyeksi Masa Depan Kendaraan Listrik di Indonesia: Analisis Perspektif Regulasi dan Pengendalian Dampak Perubahan Iklim yang Berkelanjutan," *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, vol. 7, no. 2, hlm. 197–220, 2021, doi: 10.38011/jhli.v7i2.260.
- [2] Kementerian Perindustrian, 2022
- [3] E. Prasetyo, R. Hermawan, M. N. I. Ridho, I. I. Hajar, H. Hariri, dan E. A. Pane, "Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin *Transverse Ducting Flange (TDF)* Menggunakan *Software Solidworks*," *Rekayasa*, vol. 13, no. 3, hlm. 299–306, 2020, doi: 10.21107/rekayasa.v13i3.8872.
- [4] I. Veza, M. A. Abas, D. W. Djamari, N. Tamaldin, F. Endrasari, B. A. Budiman, M. Idris, A. C. Opia, F. B. Juangsa, dan M. Aziz, "*Electric Vehicles in Malaysia and Indonesia: Opportunities and Challenges*," *Energies*, vol. 15, no. 7, hlm. 1–24, 2022, doi: 10.3390/en15072564.
- [5] A. Fadianto, "Rancang Bangun Mesin Pemotong Rumput Elektrik," *Andrew's Disease of the Skin Clinical Dermatology*, hlm. Dc, 4–22, 2019.
- [6] F. A. Said, H. Adiluhung, dan Y. Pujiraharjo, "Perancangan Sepeda Motor Listrik Untuk Masyarakat Urban Diperkotaan (*Designing Electric Motors for Urban Communities in Engineering*)," *E-Proceeding of Art & Design*, vol. 9, no. 1, hlm. 491–507, 2022.
- [7] S. Hartanto, "Ketidakpastian Dan Kompleksitas Rantai Pasok Dalam Kinerja Operasional Yang Berkelanjutan," *JEA17: Jurnal Ekonomi Akuntansi*, vol. 6, no. 1, hlm. 129–140, 2021, doi: 10.30996/jea17.v6i1.5228..
- [8] Y. D. Nurcahyanie dan L. D. Rohmadiani, "Tibuana Journal of applied Industrial Engineering-University of PGRI Adi Buana p- ISSN 2622-2027 e- ISSN 2622-2035 *Design For Longevity and Design For X : Concepts , Applications , and Perspectives Tibuana Journal of applied Industrial Engineering-Univers.*"
- [9] M. A. Firdaus, I. Santosa, R. Hidayat, A. Wibowo, dan F. M. Dewadi, "*Mechanical Xplore (JTMMX)* Optimasi Jenis Kompresi Uap untuk Desalinasi Air Laut Menggunakan..
- [10] R. Ginting dan C. Wibowo, "Perbaikan Proses Produksi Karung Goni Plastik Dengan Metode *Design For*

*Manufacturing (DFM)," TALENTA Conference
Series: Energy and Engineering, vol. 3, no. 2, 2020,
[11] Selis Casing Baterai, 2020*

