

## PERANCANGAN MESIN PEMBERSIH SAMPAH PASIR PANTAI DENGAN METODE SCAMPER

**Fuad Ibrohim Romadoni<sup>1</sup>, Dhika Aditya Purnomo<sup>1\*</sup>, Dian Asa Utari<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

\*Email: [adityadhika@ppns.ac.id](mailto:adityadhika@ppns.ac.id)

### Abstrak

Polusi plastik di pesisir pantai Indonesia merupakan permasalahan serius yang berdampak langsung terhadap lingkungan, ekonomi, pariwisata, serta kesehatan masyarakat pesisir. Sampah laut, khususnya mikroplastik, sangat sulit dibersihkan secara manual karena berukuran kecil, ringan, dan mudah terbawa arus, sehingga diperlukan inovasi berupa mesin pembersih pasir pantai yang terjangkau, efektif, efisien, dan ramah pengguna. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin pembersih pasir pantai menggunakan metode SCAMPER untuk meningkatkan efisiensi pembersihan sekaligus mempertimbangkan faktor ergonomi, kenyamanan operator, keandalan struktur, dan biaya produksi agar dapat diaplikasikan oleh komunitas lokal secara berkelanjutan. Landasan teori meliputi prinsip mekanika permesinan, mekanisme pengayakan pasir, serta analisis kekuatan struktur menggunakan *Finite Element Method* (FEM), sedangkan aspek ergonomi dianalisis melalui metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Metodologi penelitian mencakup studi literatur, observasi lapangan, serta analisis mendalam terhadap produk sejenis yang telah ada. Mesin dirancang dengan sistem pengayakan berbasis vibrasi untuk memisahkan pasir dari sampah plastik berbagai ukuran. Hasil validasi melalui simulasi FEM dan analisis RULA menunjukkan faktor keamanan sebesar 2,942, kapasitas pembersihan 1.800 m<sup>2</sup>/jam, serta nilai RULA sebesar 2 yang menunjukkan postur kerja aman. Estimasi biaya perancangan mencapai Rp26.529.727, jauh lebih ekonomis dibandingkan produk impor. Desain akhir menghasilkan mesin pembersih pantai yang ekonomis, ergonomis, mudah dioperasikan, dan siap mendukung pengelolaan sampah pesisir.

**Kata kunci:** desain ergonomis, FEM, pembersih pantai, RULA, SCAMPER

### Abstract

*Plastic pollution on Indonesia's coastlines is a serious problem that affects the environment, economy, and health. Plastic waste carried by ocean currents, especially microplastics, is difficult to clean up manually. Therefore, an innovation in the form of an affordable, effective, and efficient beach sand waste cleaning machine is needed. This study aims to design such a machine using the SCAMPER method to enhance cleaning efficiency, while considering factors such as comfort, ergonomics, and cost. The theoretical foundation includes aspects of mechanics, screening methods, and structural strength analysis using the Finite Element Method (FEM). Ergonomics is analyzed using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) method. The methodology includes literature review, field observation, and analysis of existing products. The machine uses a vibration-based screening system to separate sand from plastic waste of various sizes. The design is validated through FEM simulation and RULA analysis. Results show the machine has a safety factor of 2.942, a cleaning capacity of 1,800 m/hour, and an RULA value of 2, indicating a sufficiently safe working posture. The design cost estimate reached Rp 26.529.727, significantly more affordable than imported products. The final design produced an economical, ergonomic, and easy-to-operate machine, thereby assisting local communities in addressing beach waste issues sustainably.*

**Keywords:** beach cleaner, ergonomic design, FEM, RULA, SCAMPER

## PENDAHULUAN

Mesin pembersih pasir pantai adalah perangkat yang dirancang untuk membersihkan area pantai dari sampah dan kotoran secara efisien (Yuliarman et al., 2023). Dikenal sebagai *sand cleaner*, muncul sebagai metode yang layak untuk pembersihan mekanis. Mesin ini dirancang untuk bekerja di atas pasir, di mana mereka mampu memisahkan plastik dan polutan lainnya sekaligus memberikan dampak seminimal mungkin pada lingkungan. Mesin ini membantu memperbaiki kondisi lingkungan pesisir dengan secara efisien membuang limbah yang terkumpul dari pasir bersih.

Mesin ini terdiri dari beberapa mekanisme, termasuk mesin pemindah bahan yakni *belt conveyor*. *Conveyor* adalah sistem mekanis yang dirancang untuk memindahkan barang atau material dari satu tempat ke tempat lain secara otomatis dan efisien (Garuda Systrain, 2023). Memindahkan secara horizontal atau dengan sudut kemiringan tertentu, dari satu sistem operasi ke sistem lainnya dalam satu lini produksi. Konveyor ini menggunakan sabuk sebagai media penghantar muatan. Sayangnya, penggunaannya di Indonesia masih terbatas karena biaya yang tinggi, mesin yang belum diproduksi secara lokal, dan rendahnya kesadaran akan manfaat alat ini.

Situasi ini merupakan peluang untuk mengisi kekosongan tersebut dengan mengembangkan mesin pembersih pantai yang efisien dan terjangkau. Dengan memanfaatkan prinsip desain mekanis, ergonomi, dan FEM (*Finite Element Method*), proyek ini bertujuan untuk merancang dan membangun mesin yang efektif dengan harga yang terjangkau, sehingga dapat digunakan oleh komunitas lokal maupun pihak pengelola pantai lainnya. Proyek ini menggunakan metode SCAMPER.

SCAMPER adalah metode berpikir kreatif yang membantu individu atau tim dalam mengembangkan ide-ide baru atau memecahkan masalah dengan menganalisis dan memodifikasi produk, layanan, atau proses yang sudah ada. Istilah SCAMPER merupakan akronim dari tujuh teknik berpikir (Eberle, 1971). Dalam proses pengembangan produk mesin pembersih pasir pantai, diperlukan suatu pendekatan sistematis yang dapat mendorong lahirnya inovasi dan peningkatan fungsionalitas produk secara kreatif. Oleh karena itu, metode SCAMPER dipilih sebagai kerangka berpikir dalam proses pengembangan ini. Penggunaan metode SCAMPER untuk mengevaluasi dan mengembangkan ide atau produk. Penerapan metode ini sangat relevan karena dapat menggali berbagai kemungkinan perbaikan pada desain dan fungsi mesin, baik dari aspek efisiensi kerja, dan *ergonomic*.

## TINJAUAN PUSTAKA

### (A) Metode SCAMPER

SCAMPER adalah struktur yang bermanfaat untuk mendorong kreativitas, memperluas pemikiran, dan menemukan berbagai solusi untuk masalah atau pengembangan produk. Bob Eberle adalah orang pertama yang menerapkan metode ini, menggunakan berbagai pertanyaan untuk membantu dirinya menyelesaikan masalah, memungkinkan ide kreatif muncul selama proses *brainstorming*.

SCAMPER merupakan akronim dari *Substitute, Combine, Adapt, Magnify, Put to Another Uses, Eliminate, Reverse*. Setiap huruf menunjukkan berbagai cara untuk mendorong dan menghasilkan ide-ide. Ini dapat berkaitan dengan tempat, prosedur,

alat, orang, ide, atau bahkan suasana psikologis (Suhartono et al., 2016). Berikut adalah makna dari masing-masing huruf dalam istilah SCAMPER.

(1) *Substitute*

Dalam kata kunci ini, Anda bisa memikirkan tentang pengganti elemen bisnis lainnya dengan yang baru atau berbeda. Contohnya, mengganti bahan baku dengan yang lebih ramah lingkungan atau menggantikan komponen tertentu dalam produk dengan teknologi terbaru. Contoh pertanyaan yang bisa dipakai adalah "bagaimana jika kita menggantikan bahan baku plastik dengan bahan ramah lingkungan dalam produksi produk?".

(2) *Combine*

Dalam aspek ini, Anda bisa menggabungkan dua atau lebih elemen atau konsep untuk menciptakan sesuatu yang baru dan unik. Misalnya, menggabungkan dua produk yang berbeda untuk menciptakan produk baru dengan nilai tambah. Contoh pertanyaan yang bisa dipakai adalah "bisakah kita menggabungkan beberapa produk menjadi satu paket yang lebih lengkap dan menarik bagi pelanggan?".

(3) *Adapt*

Selanjutnya, Anda harus bisa memodifikasi atau adaptasi terhadap ide atau produk yang sudah ada agar sesuai dengan kebutuhan atau permintaan pasar yang berubah. Pertanyaan yang bisa digunakan adalah "bagaimana kita bisa mengadaptasikan produk agar sesuai dengan kebutuhan pasar yang beragam?".

(4) *Modify*

Dalam aspek ini, Anda harus pikirkan tentang cara mengubah beberapa bagian dari produk atau proses bisnis untuk meningkatkan kinerja atau efisiensi. Contoh pertanyaan yang bisa digunakan adalah "bagaimana kita bisa memodifikasi desain produk untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan pengguna?".

(5) *Put to Another Use*

Di sini, Anda bisa mempertimbangkan bagaimana cara menggunakan produk, bahan, atau ide untuk tujuan lain yang mungkin belum terpikirkan sebelumnya. Contoh pertanyaannya adalah "bagaimana jika produk yang kami buat untuk industri juga dapat digunakan untuk keperluan konsumen?".

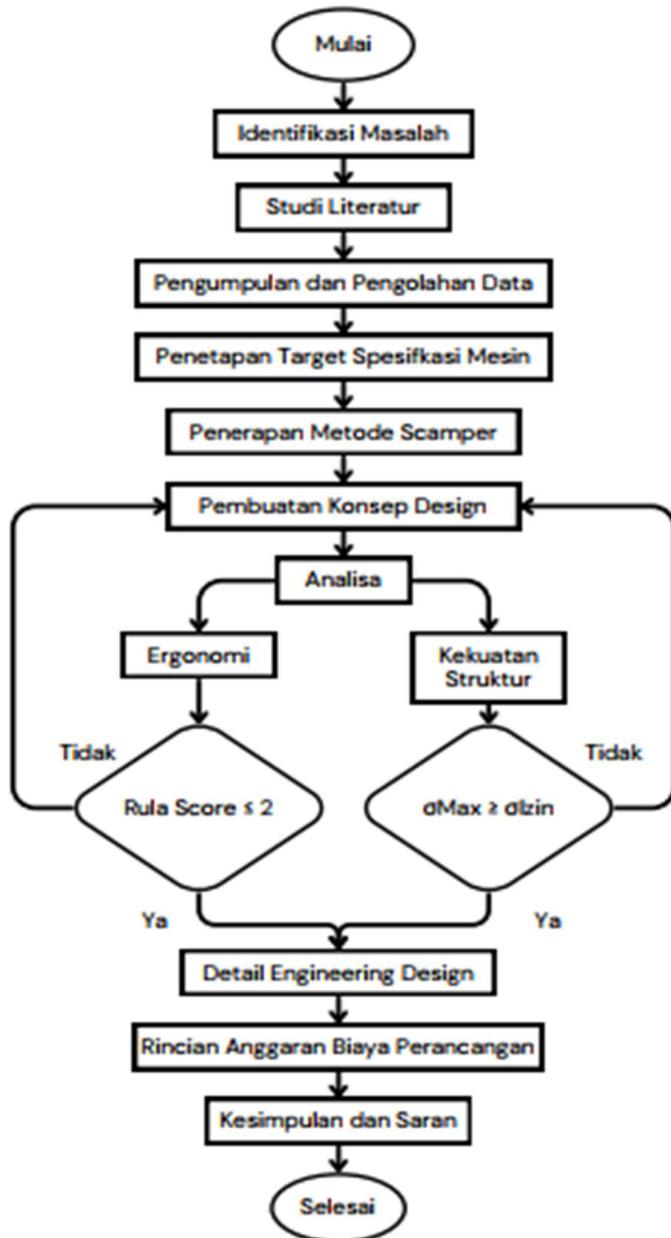
(6) *Eliminate*

Di bagian ini, Anda harus mengidentifikasi elemen atau bagian bisnis yang tidak lagi relevan atau memberikan nilai tambah dan pertimbangkan untuk menghapusnya. Pertanyaan yang bisa dipakai misalnya, "apakah ada fitur atau proses yang bisa dihilangkan untuk mengurangi biaya produksi tanpa mengorbankan kualitas produk?".

(7) *Rearrange or Reverse*

Terakhir, ada bagian *reverse*. Di mana, Anda harus memikirkan tentang membalikkan proses, urutan, atau cara kerja sesuatu untuk menciptakan pendekatan baru. Contoh pertanyaannya adalah "bisakah kita merapikan proses produksi dan distribusi agar lebih efisien dan mengurangi waktu tunggu?".

## METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### (A) Pengembangan Desain Produk

Dalam pengembangan desain produk dilakukan melalui 7 tahap pengembangan, yakni *Substitute* (pengganti), *Combine* (gabungkan), *Adapt* (adaptasi), *Modify* (ubah), *Put to Another Uses* (pakai untuk penggunaan lain), *Eliminate* (hilangkan), dan *Reverse*. Dari seluruh pertanyaan yang menjadi pilihan, dipilih beberapa pertanyaan yang berfokus dalam bidang keteknikan dan sesuai dengan produk yang akan dikembangkan. Tabel pertanyaan seperti tersaji dalam Tabel 1 sebagai berikut:

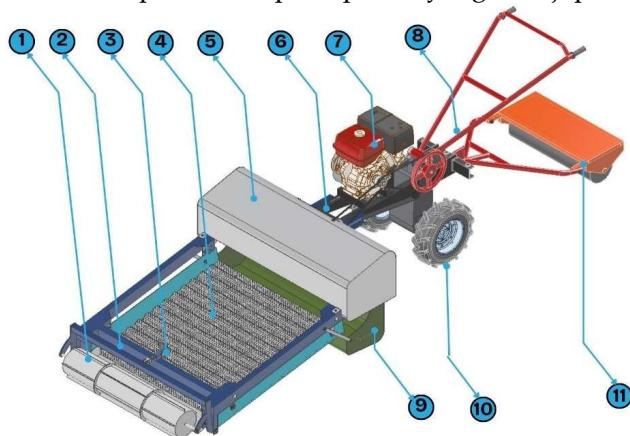
**Tabel 1.** Pertanyaan Metode SCAMPER

Teknik SCAMPER	Pertanyaan yang Diajukan
<i>Substitute</i>	1. Apa yang bisa digantikan untuk membuat perbaikan? 2. Bagaimana cara mengganti bagian produk?
<i>Combine</i>	1. Bisakah mencampur dua atau lebih komponen bersama-sama? 2. Bahan, fitur, produk, atau komponen apa yang dapat digabungkan?
<i>Adapt</i>	1. Apa yang perlu diubah untuk mencapai hasil yang lebih baik? 2. Bagian produk mana yang dapat diubah? 3. Bagaimana cara menyesuaikan produk yang sudah ada? 4. Dapatkah mencari inspirasi dalam produk lain, tetapi dalam konteks yang berbeda?
<i>Modify</i>	1. Dapatkah mengubah arti ataupun bentuk pada produk yang ada? 2. Apa yang bisa ditambahkan? 3. Apa yang bisa dibuat lebih tinggi, lebih besar, atau lebih kuat?
<i>Put to Another Use</i>	1. Kelompok sasaran lain mana yang dapat memperoleh manfaat dari produk ini?
<i>Eliminate</i>	1. Apa yang akan terjadi jika menghapus bagian tertentu? 2. Apa yang bisa dihapus tanpa mengubah fungsinya?
<i>Reverse</i>	1. Dapatkah membalik komponen atau tata letak?

Sumber : Buku Manajemen Inovasi dan Kreativitas oleh Dr. Awan Kostrad Diharto, SE. M. AG

### (B) Pembuatan Konsep Desain

Setelah melakukan penerapan metode SCAMPER dilakukan pembuatan konsep desain. Pembuatan konsep desain merupakan langkah awal, tujuannya untuk menggambarkan konsep dari suatu ide yang telah direncanakan. Sebelum membuat konsep desain diperlukan acuan dimensi. Dimensi yang dipakai saat pembuatan konsep desain mengacu pada ukuran produk yang sudah ada, yakni pada penjelasan. Berikut adalah konsep desain mesin pembersih pasir pantai yang tersaji pada Gambar 2.



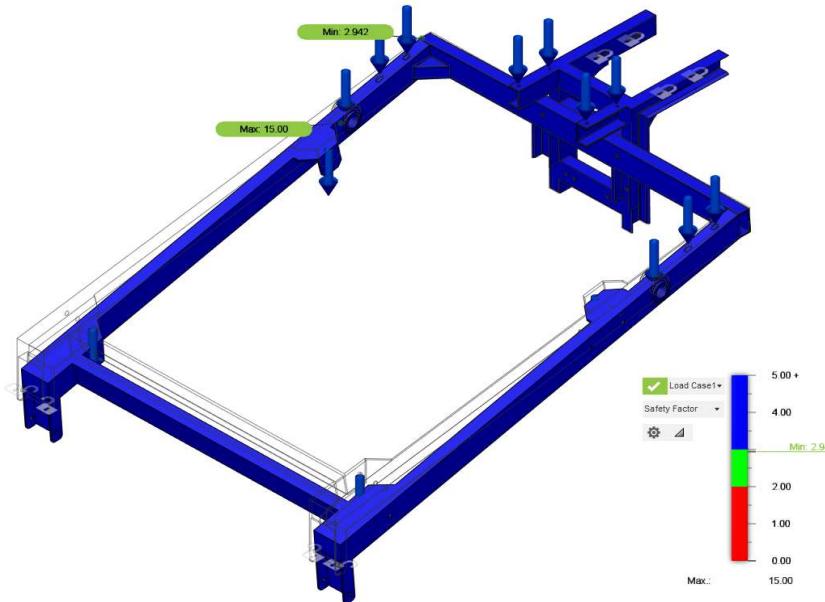
**Gambar 2.** Konsep Desain Mesin Pembersih Pasir Pantai

**Tabel 2.** Komponen Mesin

No	Komponen
1	Roda depan
2	Kerangka utama
3	Tuas pengatur kedalaman pembersihan
4	Sistem pengayak
5	<i>Cover</i> transmisi
6	Kerangka mesin
7	Mesin penggerak
8	<i>Handle</i> operator
9	Penampungan sampah pengayak
10	Roda mesin
11	Tempat operator

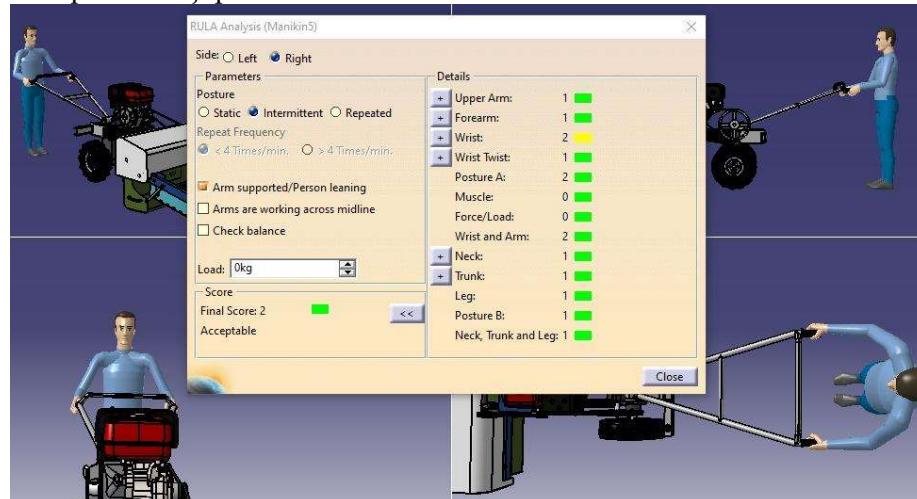
**(C) Simulasi**

*Solving* dilakukan untuk mengetahui hasil simulasi desain rangka setelah melakukan beberapa tahap sebelumnya. Hasil simulasi pada rangka mesin pembersih pasir pantai mendapatkan beberapa nilai, diantaranya nilai *safety factor*, nilai *max stress*, dan juga nilai *max displacement*. Nilai *safety factor* pada hasil simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai minimum *safety factor* sebesar 2,942. Nilai ini menandakan bahwa desain rangka utama mesin pembersih pantai dapat dinyatakan sangat aman, karena nilai tersebut lebih besar dari nilai *safety factor* yang diizinkan, yakni  $2,942 > 2$ .

**Gambar 3.** *Safety Factor* Desain Rangka**(D) RULA (Rapid Upper Limb Assessment)**

Setelah diperoleh hasil desain akhir, tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi terhadap desain alat atau produk untuk menilai sejauh mana aspek ergonomi telah

terpenuhi secara optimal. Salah satu cara untuk menilai ergonomi pengguna saat memakai produk, adalah dengan melakukan penilaian menggunakan analisis RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) menggunakan *software* CATIA V5. Pada analisa RULA terdapat nilai untuk setiap posisi, semakin sedikit nilai yang didapat, maka kenyamanan dari produk saat digunakan semakin baik. Analisis ini menggunakan ukuran proyeksi orang Asia, yakni manekin orang Jepang. Pada *software* CATIA V5, hanya terdapat proyeksi manekin orang China, Jepang, dan Korea serta rata-rata ukuran tubuh orang Jepang dengan orang Indonesia hampir sama. Hasil dari analisis RULA pada *software* CATIA V5 seperti tersaji pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hasil Analisis RULA pada *Software* CATIA V5

Score akhir yang didapatkan dari hasil analisis RULA yakni sebesar 2 dengan tanda berwarna hijau. Hal ini menandakan bahwa pengguna dengan postur yang sesuai pada gambar dapat disimpulkan aman saat pengoperasian tetapi dengan harapan posisi tidak diulang dalam periode yang terlalu lama atau hingga berjam-jam.

#### (E) Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan besar biaya yang dibutuhkan dalam produksi mesin pembersih pasir pantai. Besar *quantity* pada setiap material atau jasa didapatkan dari pengukuran pada hasil desain pada *software* Fusion 360. Referensi harga yang digunakan dalam perhitungan biaya pengadaan material ini bersumber dari platform jual beli digital seperti Shopee, Tokopedia, dan platform lain yang diambil pada bulan Juni 2025. Jika terdapat perbedaan harga dari beberapa toko, maka dilakukan perhitungan rata-rata.

#### (F) Biaya Total

Biaya total berisi tentang hasil dari akumulasi total keseluruhan biaya bahan baku dan biaya fabrikasi mesin pembersih pasir pantai selama proses perancangan dan pembuatan alat dilakukan.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya total} &= \text{Biaya bahan baku} + \text{Biaya fabrikasi mesin} \\
 &= Rp25.913.651 + Rp616.076 \\
 &= Rp26.529.727
 \end{aligned}$$

Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa estimasi biaya yang diperlukan untuk membangun mesin pembersih pasir pantai sebesar Rp 26.529.727, harga estimasi yang didapat lebih murah dibandingkan dengan harga produk referensi yang sebesar Rp 92.812.405.

## KESIMPULAN

Perancangan desain mesin pembersih sampah pasir pantai dengan metode SCAMPER berhasil merancang mesin pembersih pasir pantai sebagai pendekatan inovatif untuk mengatasi permasalahan sampah plastik di wilayah pesisir Indonesia. Dengan menganalisis dan memodifikasi dua produk yang sudah ada *LD-Walker* dan *Barracuda Walk Behind* penelitian ini menggabungkan keunggulan dari masing-masing mesin ke dalam desain baru yang lebih sesuai dengan kebutuhan lokal. Proses SCAMPER meliputi *Substitute* komponen, *Combine* fitur unggulan, *Adapt* desain, *Modify* struktur, *Put to Another Use*, *Eliminate* bagian tidak penting, dan *Reverse* susunan untuk meningkatkan efisiensi dan ergonomi.

Rancangan konsep desain menggunakan mesin penggerak Honda GX 270 dengan daya 9 HP dan *frame* traktor Capung Metal Quick dengan lebar pembersihan 990 mm dan kedalaman 0-20 mm. Kapasitas mesin pembersih pasir pantai ini memiliki kapasitas pembersihan sebesar  $1800 \text{ m}^2/\text{jam}$  dengan getaran pengayak 360 Hz. Dari analisis yang dilakukan pada rangka konsep desain yang terpilih, Didapatkan *safety factor* sebesar 2,942. Dengan tegangan maksimum sebesar 84,362 MPa, apabila dibandingkan dengan perhitungan tegangan izin maka hasil tersebut masih dikatakan aman ( $84,362 \text{ MPa} < 125 \text{ MPa}$ ).

Biaya total yang dibutuhkan untuk membuat mesin pembersih pasir pantai ini yaitu sebesar Rp 26.529.727 dengan rincian biaya bahan baku sebesar Rp 25.913.651 ditambah biaya manufaktur sebesar Rp 616.076.

## REFERENSI

- Alibaba Group. (n.d.). *Beach cleaner sand cleaning machine beach cleaning machine*. [https://www.alibaba.com/product-detail/Beach-Cleaner-Sand-Cleaning-Machine-Beach\\_1600387669160.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Beach-Cleaner-Sand-Cleaning-Machine-Beach_1600387669160.html)
- Clean Sands. (n.d.). *Beach cleaner walk behind Barracuda*. <https://www.cleansands.com/barracuda-walk-behind.html>
- Diharto, A.K. (2022). *Manajemen Inovasi dan Kreativitas* (edisi 1). Yogyakarta. Gerbang Media Aksara.
- Eberle, B. (1971). *SCAMPER: Games for imagination development*. D.O.K. Publishers.
- Garuda Systrain. (2023). *Mengenal peran konveyor dalam kehidupan sehari-hari*. <https://www.garudasystrain.co.id/mengenal-peran-konveyor-dalam-kehidupan-sehari-hari>
- Suhartono, Chamdani, M., Susiani, T. S., & Salim, M. (2016). *Development Scamper Technique With ...* Suhartono, Chamdani, M., Susiani, T. S., Salimi. *The 2nd International Conference on Teacher Training and Education* Sebelas Maret University. 2, 803–811.

Yuliarman, Y., Ikhsani, S. R., Effiandi, N., Zulhendri, Z., & Yetri, Y. (2023).  
Rancang bangun dan pembuatan mesin pembersih pantai. *Manutech: Jurnal  
Teknologi Manufaktur*. 15(2), 141–149.