

RESEARCH ARTICLE

Perancangan Dan Pengujian Mesin Pengaduk Pupuk Otomatis Dengan Metode *Set Based Concurrent Engineering*

Muhammad Dzaki Fakhruddin, Tatang Mulyana* and Sri Martini

Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, Bandung, 40257, Jawa Barat, Indonesia

* Corresponding author: tatangmulyana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Universitas Telkom adalah salah satu kampus yang mengikuti program *green metric* yang diselenggarakan oleh kampus Universitas Indonesia, program tersebut merupakan kegiatan penghijauan dan keberlanjutan lingkungan. Salah satu cara yang dilakukan membuat pupuk kompos, masalah pada penelitian ini adalah proses produksi pupuk yang tidak mencapai target. Dibuat solusi pada penelitian ini, yaitu membuat dan menguji mesin pengaduk pupuk otomatis dengan menggunakan metode *Set Based Concurrent Engineering* (SBCE) dan metode Rapid Entire Body Assessment (REBA) sebagai acuan untuk membuat mesin tersebut. Pada perancangan tersebut diambil 3 referensi desain mesin pengaduk sesuai dengan implementasi *Set Based Concurrent Engineering* (SBCE) dan di bentuklah mesin pengaduk pupuk otomatis dengan penggerak motor yang ditenagai oleh listrik sebesar 1100 watt dengan material utama baja ringan atau steel mild, serta pada rancangan tersebut menilai postur tubuh pekerja dengan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dengan nilai analisis sebesar 3, yang menandakan bahwa mesin baik digunakan.

Key words: SBCE, REBA, dan Mesin Pengaduk Pupuk Otomatis

Pendahuluan

Indonesia merupakan komoditas hasil perkebunan tertinggi di dunia, menurut CNBC, sebagai contoh ekspor utama kelapa sawit sebesar 75% pada tahun 2021 dan ini merupakan produsen terbesar. Pada Gambar 1 disajikan presentasinya yang terdiri dari kelapa sawit, karet, kelapa, kakao, kopi, dan lainnya. Data tersebut membuka peluang sektor teknologi pertanian berkembang pesat, seperti yang disajikan pada Tabel 1. Universitas Telkom merupakan perguruan tinggi yang mengikuti program *green metric* yang diadakan oleh Universitas Indonesia dengan menilai berdasarkan komitmen dan tindakan universitas terhadap penghijauan dan keberlanjutan lingkungan. Dilakukan untuk melakukan pengolahan sampah. Gambar 2 merupakan data sampah daun kering pada tahun 2024. Untuk mengatasi permasalahan sampah tersebut, membuat pupuk kompos menjadi solusi untuk mengurangi penumpukan sampah daun. Namun, dalam proses pembuatannya masih menggunakan cara yang konvensional. Gambar 3 merupakan alur proses pembuatan pupuk kompos yang berada di *Green House* Universitas Telkom. Berdasarkan Gambar 3, pada pekerjaan pencampuran bahan pupuk masih dilakukan secara konvensional dengan menggunakan alat sekop. Proses produksi memakan waktu 1 jam, tahap pengadukan pupuk memakan waktu kurang lebih 20 menit untuk setiap produksinya dan pekerja harus terus mengaduk agar bahan

pupuk tercampur secara merata. Hal ini menyebabkan pekerja merasakan keluhan sakit pinggang dan bagian bahu sebelah kanan. Produksi pupuk memiliki target mingguan sebesar 100 pcs, namun pekerja hanya mampu memproduksi 18 – 24 pcs per hari, hal ini menyebabkan persediaan pupuk kompos menjadi terbatas. Gambar 4 merupakan data produksi pupuk kompos pada bulan Januari tahun 2024. Data di atas menunjukkan bahwa produksi pupuk tidak pernah mencapai target produksinya yang membuat pelanggan kehabisan ketika ingin membeli produk. Dilihat dari data penjualan pupuk kompos peminatnya cukup banyak. Gambar 5 menunjukkan data penjualan pupuk kompos pada Bulan Januari sampai April tahun 2024. Berdasarkan latar belakang tersebut, ditemukan beberapa permasalahan mengenai proses pembuatan pupuk kompos di Universitas Telkom. Berikut merupakan *fishbone* diagram berdasarkan permasalahan yang terdapat di latar belakang. Berdasarkan identifikasi permasalahan menggunakan *fishbone* diagram di atas. Didapatkan alternatif solusi yang dapat dilihat pada Tabel 3.

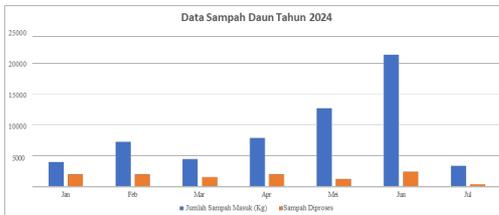
Tinjauan Pustaka

Set Based Concurrent Engineering

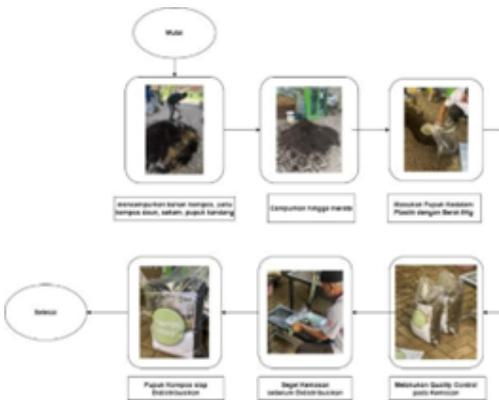
Set Based Concurrent Engineering (SBCE) merupakan metodologi pengembangan produk yang menekan eksplorasi berbagai solusi



Gambar 1. Diagram Kontribusi Komoditas Ekspor Perkebunan Utama Indonesia



Gambar 2. Data Sampah Daun Tahun 2024



Gambar 3. Proses Pembuatan Pupuk Konvensional

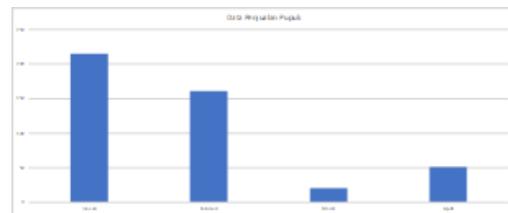
potensial secara paralel sejak tahap awal perancangannya yang diperkenalkan oleh Dr. Ward pada tahun 1989 dengan tujuan untuk meningkatkan fleksibilitas dan mengurangi pengerjaan ulang [1]. SBCE adalah gabungan dari dua ide, yaitu *set based design* (SBD) dan *concurrent engineering* (CE). *Set based design* (SBD) digunakan untuk menyediakan berbagai kemungkinan komponen standar dari katalog berdasarkan persyaratan *input* yang memungkinkan berbagai desain mekanis, sementara *concurrent engineering* (CE) digunakan untuk mengembangkan subsistem secara paralel. Dapat disimpulkan bahwa metode SBCE merupakan sebuah kerangka logis yang digunakan untuk mendesain produk terkait dengan pembaruan yang tinggi. Gambar 7 merupakan ilustrasi proses dalam metode *Set Based Concurrent Engineering* (SBCE), pada Tabel 3 adalah tahapannya.

Rapid Entire Body Assesment

Rapid Entire Body Assessment (REBA) merupakan metode dalam bidang ergonomi yang digunakan untuk menilai posisi kerja operator yang terdiri dari postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki [2]. Pada penelitian ini digunakan untuk menilai postur tubuh pekerja secara cepat melalui pengambilan data postur pekerja yang



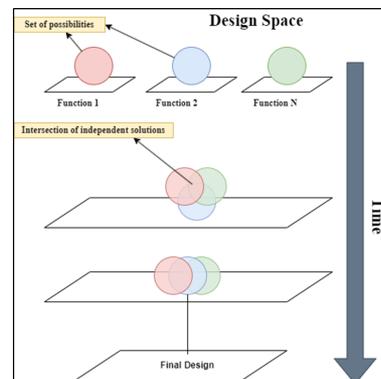
Gambar 4. Data produksi pupuk bulan Januari tahun 2024



Gambar 5. Data penjualan pupuk bulan Januari sampai April tahun 2024



Gambar 6. Fishbone Diagram



Gambar 7. Model Set Based Concurrent Engineering

selanjutnya dilakukan penentuan sudut pada bagian tubuh pekerja. Hasil dari metode REBA adalah skor REBA yang akan dikelompokkan berdasarkan lima jenis tingkatan tindakan yang harus dilakukan yaitu dapat dilihat pada tabel 4. Gambar 8 adalah langkah-langkah dalam

Table 1. Teknologi Pertanian yang Diterapkan Indonesia

Nama	Gambar	Fungsi
Transplanter		Memberikan jarak yang tepat barisan padi.
Indo Combine Harvester		Memudahkan proses panen padi
Mesin pemilih bibit unggul		Menentukan bibit terbaik
Mesin pengaduk		Memudahkan mencampur adonan
Instalasi Pengolah limbah pertenakan		Mengolah limbah ternak menjadi pupuk organik

Table 2. Alternatif Solusi

Akar Masalah	Alternatif Solusi
Posisi operator tidak ergonomis saat mengaduk pupuk.	Perancangan mesin pengaduk pupuk dengan desain yang ergonomis
Lingkungan yang kotor akibat dari proses pengadukan pupuk.	Perancangan mesin pengaduk pupuk yang memperhatikan aspek lingkungan
Masih menggunakan alat konvensional untuk mengaduk pupuk.	Perancangan dan pembuatan mesin pengaduk pupuk otomatis

Table 3. Tahapan Metode *Set Based Concurrent Engineering*

Tahapan	Penjelasan
<i>Map the Design Space</i>	Perancangan berbagai macam alternatif desain untuk mendapatkan serangkaian kemungkinan.
<i>Integrate by Intersection</i>	perpotongan dari himpunan yang layak untuk menerapkan batasan minimum
<i>Establish Feasibility Before Commitment</i>	Menetapkan kelayakan dengan tujuan untuk mengelola pengendalian ketidakpastian

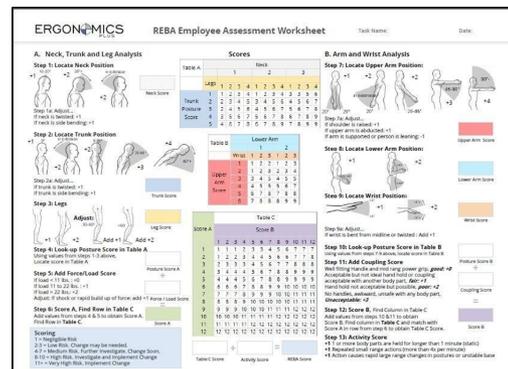
metode REBA yang dipakai untuk menilai suatu pekerjaan dan mengidentifikasi apakah pekerja tersebut mengalami gangguan pada anggota tubuh atau tidak.

Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang berperan dalam meningkatkan aktivitas biologi, kimia, dan fisik tanah sehingga tanah menjadi subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman. Menurut [3] pupuk organik merupakan nama kolektif untuk semua jenis bahan organik asal tanaman dan

Table 4. Skor REBA

Skor	Level	Tindakan
1	Negligible risk	Tidak ada tindakan yang diperlukan
2-3	Low risk	Perubahan mungkin diperlukan
4 – 7	Medium risk	Investigasi lebih lanjut dan segera dilakukan perubahan
8 – 10	High risk	Selidiki dan terapkan perubahan
11+	Very high risk	Menerapkan perubahan



Gambar 8. Langkah pengerjaan REBA

hewan yang dapat dirombak menjadi hara tersedia bagi tanaman. Pada tabel 20 menyajikan kandungan unsur hara mikro dan makro dari berbagai jenis pupuk kandang dari sumber *Organic Vegetable Cultivation* in Malaysia tahun 2005.

Mesin Pengaduk

Mixing/pencampuran adalah suatu proses mencampurkan satu atau lebih bahan dengan menambahkan satu bahan ke bahan lainnya, sehingga membuat suatu bentuk yang seragam dari beberapa konstituen seperti cair-cair, cair-padat, padat-padat, ataupun cair-gas dalam [4] komponen yang jumlahnya lebih banyak disebut fasa kontinyu sedangkan komponen yang jumlahnya lebih sedikit disebut fasa *disperse*. Pada Tabel 6 menjelaskan beberapa contoh mesin pengaduk. Berdasarkan permasalahan pada penelitian ini, yaitu proses pengadukan pupuk yang masih bersifat manual sehingga proses produksi terhambat. Oleh karena itu disulkan perancangan alat pengaduk pupuk otomatis dengan menggunakan metode *Set Based Concurrent Engineering* (SBCE). Alasan pemilihan metode tersebut pada penelitian ini, yaitu metode ini cocok untuk membuat alat yang baru dengan membuat banyak contoh desain dari kebutuhan pekerja yang akhirnya dapat disimpulkan menjadi satu alat yang dapat memudahkan proses pengadukan pupuk di Universitas Telkom.

Metodologi Penelitian

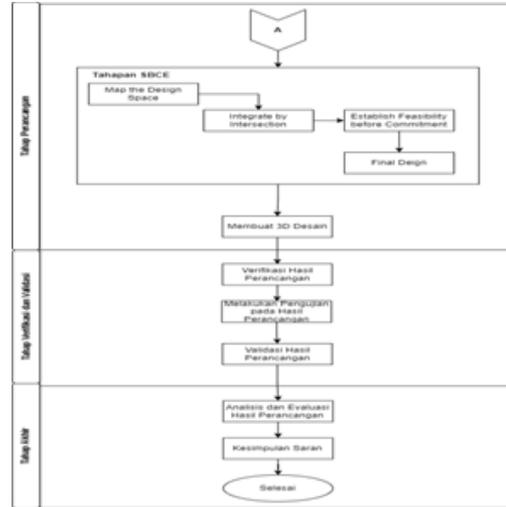
Untuk merancang sebuah produk, diperlukan sebuah alur perancangan yang sistematis dan terperinci. Pada Gambar 10 merupakan sistematisa perancangan dalam tugas akhir ini. Pada gambar 11 dan gambar 12 merupakan tahapan- tahapan yang akan dilalui pada penelitian yang terdiri dari tahap pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data, perancangan dan kesimpulan dan saran.

Table 5. Kandungan unsur hara makro dan mikro berbagai jenis pupuk kandang

Jenis hewan ternak	Unsur hara makro (%)					Unsur hara mikro (ppm)			
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
Ayam	1,72	1,82	2,18	9,23	0,86	610	3475	160	501
Sapi	2,04	0,76	0,82	1,29	0,48	528	2597	56	239
Kambing	2,43	0,73	1,35	1,95	0,56	468	2891	42	291
Domba	2,03	1,42	1,61	2,45	0,62	490	2188	23	225

Table 6. Alat Mesin Pengaduk

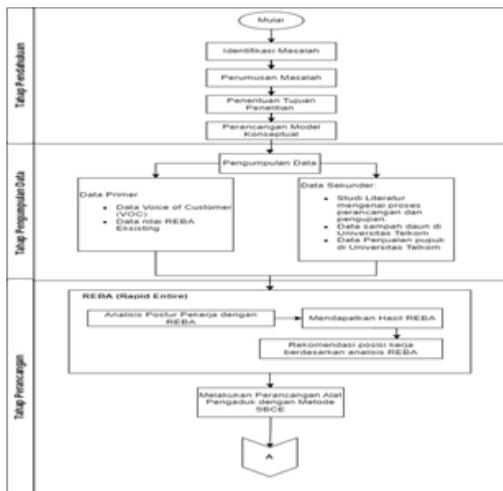
Nama Alat	Gambar	Fungsi
Mesin Pengaduk Bumbu (Hexagona I)		Mencampurkan adonan bumbu kering menjadi homogen.
Mesin Pengaduk adonan bakso		Mencampur adonan daging dan bumbu secara cepat dan merata.
Mesin pengaduk vertikal pabrik plastik		Menyimpan, mengaduk, dan mengeringkan bahan yang telah dihancurkan.



Gambar 10. Sistematika Perancangan (Lanjutan)

Table 7. Hasil Voice of Customer (VoC)

Voice of Customer (VoC)
Proses pengadukan pupuk masih dilakukan secara konvensional menggunakan sekop.
Proses pengadukan membutuhkan waktu yang cukup lama.
Proses pengadukan menyebabkan pegal-pegal pada tubuh.
Proses pengadukan tidak efektif karena tidak dapat memenuhi target.
Setelah melakukan proses produksi tempat jadi kotor dan perlu di bersihkan



Gambar 9. Sistem Perancangan

Hasil dan Pembahasan

Voice of Customer (Voc)

Wawancara dilakukan dengan pekerja pengaduk pupuk kompos di Green Lounge Universitas Telkom. Berikut adalah hasil wawancara dengan pekerja pengaduk pupuk yang berupa VoC 7.

Nilai REBA Eksisting

Selanjutnya dilakukan pengukuran menggunakan metode REBA untuk mengidentifikasi risiko yang ditimbulkan dari penggunaan alat pengaduk pupuk konvensional terhadap postur tubuh pekerja. Berikut merupakan penerapan metode REBA:

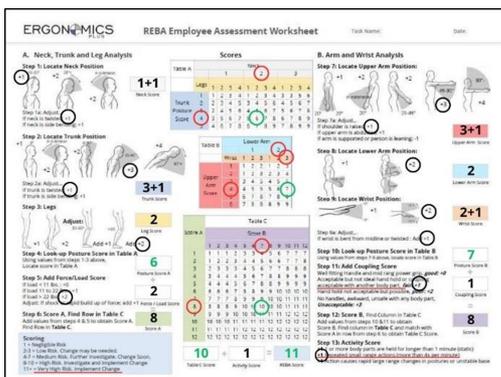
1. Menentukan sudut dan memberikan penomoran pada postur tubuh pekerja yang sedang melakukan pengadukan pupuk secara konvensional. Berikut adalah hasil penentuan sudut postur tubuh pekerja: 11
2. Mengukur besar sudut sesuai dengan penomoran postur tubuh pekerja seperti gambar 11. Berikut merupakan hasil pengukuran besar sudut pada postur tubuh pekerja: 8 Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode REBA, didapatkan skor postur kerja pengaduk pupuk sebesar 11. Skor tersebut ini menunjukkan bahwa tingkat risiko dari postur tersebut sangat tinggi (*Very high risk*).



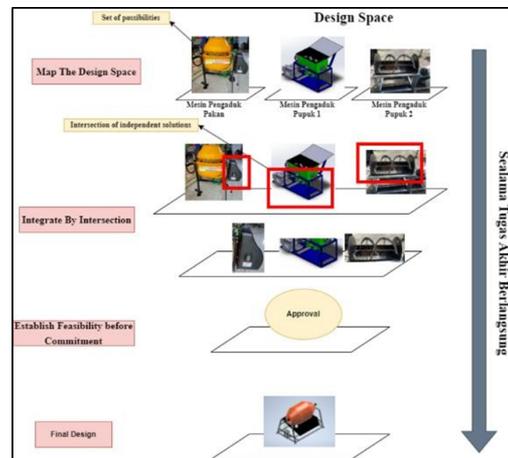
Gambar 11. Analisis Hasil REBA Eksisting

Table 8. Hasil Voice of Customer (VoC)

Sudut	Besar Sudut
A ° (sudut punggung)	7°
B ° (sudut leher)	40°
C ° (sudut lengan atas)	88°
D ° (sudut lengan bawah)	31°
E ° (sudut pergelangan tangan)	36°
F ° (sudut kaki)	223°
G ° (sudut punggung)	59°



Gambar 12. Hasil skor REBA



Gambar 13. Alur Proses Set Based Concurrent Engineering (SBCE)

Penerapan Metode (SBCE)

Tahap selanjutnya adalah tahap perancangan mesin pengaduk pupuk kompos otomatis yang menerapkan metode *Set Based Concurrent Engineering* (SBCE). Berikut merupakan penjelasan setiap tahapan dari *Set Based Concurrent Engineering* (SBCE).

- 1. Map The Design Space**
Tahapan ini mengumpulkan beberapa ide desain rancangan mesin pengaduk beserta spesifikasinya, rancangan yang di cari adalah rancangan mesin pengaduk yang bersifat otomatis dengan bobot kapasitas sebesar 50 Kg (Kilogram) yang bertujuan untuk memudahkan pekerja memakai alat dan dapat menghasilkan pupuk yang banyak dengan waktu yang singkat. Berikut adalah tabel 9 spesifikasi dari alat-alat yang menjadi ide desain rancangan mesin pengaduk pupuk otomatis.
- 2. Integrate By Intersection**
Tahapan selanjutnya adalah melakukan perpotongan ide desain yang telah dipilih sebelumnya. Perpotongan diambil berdasarkan kebutuhan, yaitu mesin yang bersifat otomasi agar tidak perlu lagi mengaduk secara manual menggunakan sekop dan memiliki kapasitas yang banyak untuk memaksimalkan target produksi. Berikut adalah tabel perpotongan beserta penjelasannya.
- 3. Establish Feasibility before Commitment**
Tahap selanjutnya perkecil lagi semua aspek yang dipilih dengan melakukan persetujuan dari ide desain yang telah di tentukan, lalu setelah mendapat persetujuan desain bisa langsung di implementasikan.
- 4. Final Design**
Tahap berikutnya adalah menyetujui desain final, artinya desain sudah sesuai dan sudah disetujui oleh pelanggan.
- 5. Membuat 3D Desain**
Selanjutnya di tahap akhir ini, akan membuat 3D Desain dengan menggunakan aplikasi inventor.

Oleh karena itu, diperlukan untuk menerapkan perubahan agar dapat memperbaiki postur pekerja pengaduk pupuk.

Table 9. Hasil Map the Design Space

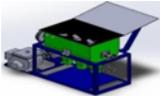
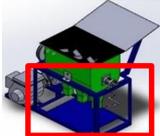
Nama	Gambar	Spesifikasi
Mesin Pengaduk Pakan		Kapasitas: 120 liter Penggerak: Listrik bertenaga 220 V - 50 Hz
Mesin Pengaduk Pupuk 1		Kapasitas: 40-50 Kg Bertenaga: Motor dengan bahan bakar bensin
Mesin Pengaduk pupuk 2		Kapasitas: 40 Kg Penggerak: Motor dengan bahan bakar bensin

Table 10. Hasil Integrate by Intersection

Nama Mesin	Perpotongan Yang diambil	Gambar	Alasanya
Mesin pengaduk pakan	Penggerak yang menggunakan listrik dan cara kerja mesin yang memutar rangka utama		Penggerak dengan listrik lebih hemat secara bahan bakar dan cara memutar rangka untuk adonan dinilai lebih efektif
Mesin pengaduk pupuk 1	Kaki-kaki mesin dan penempatan penggerak mesin		Kaki mesin terlihat lebih kokoh dan mampu menahan beban seberat 54 Kg .
Mesin pengaduk pupuk 2	Kerangka utama yang berbentuk seperti tabung dengan kapasitas sebesar 50 Kg		Kerangka utama yang berbentuk seperti tabung dapat menahan kapasitas lebih banyak dan leluasa ketika diaduk

Pengolahan Metode REBA

Pada gambar 14 dapat dilihat bahwa pada saat pekerja menggunakan mesin pengaduk pupuk otomatis, posisi pekerja berubah menjadi tegak. Lalu dilakukan pengukuran sudut pada setiap bagian postur tubuh. Berikut merupakan tabel nilai besar sudut pada kondisi pekerja setelah menggunakan mesin pengaduk pupuk otomatis: 11 Setelah mengetahui besar sudut pekerja dari bagian-bagian postur tubuh yang digunakan. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan metode REBA untuk mengetahui apakah posisi pekerja sudah

dinyatakan lebih baik dari sebelumnya atau tidak. Berikut merupakan hasil analisis menggunakan metode REBA: 15

Pengolahan Metode SBCE

Pengolahan Desain 3D

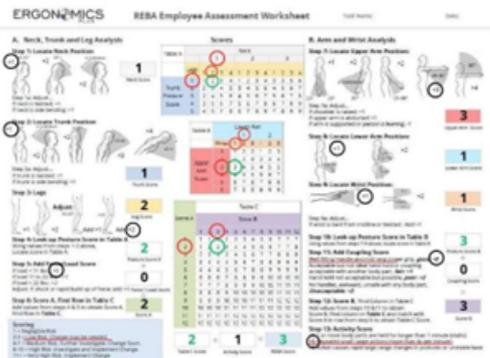
Pada tahap ini, membuat rancangan untuk mesin pengaduk pupuk otomatis yang dibagi menjadi 5 bagian 16, Berikut adalah penjelasan dari setiap bagian-bagian mesin pengaduk pupuk otomatis.



Gambar 14. Sudut Postur Baru

Table 11. Besar sudut

Sudut	Besar Sudut
A° (Sudut pada punggung)	A° = 12°
B° (Sudut pada leher)	B° = 0°
C° (Sudut pada lengan atas)	C° = 89°
D° (Sudut pada lengan bawah)	D° = 34°
E° (Sudut pada pergelangan tangan)	E° = 14°
F° (Sudut pada kaki)	F° = 200°
G° (Sudut pada punggung)	G° = 130°



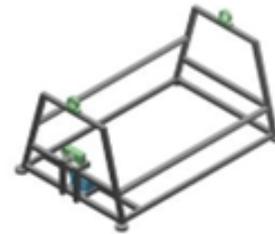
Gambar 15. Hasil Skor REBA Baru



Gambar 16. Hasil Desain G3



Gambar 17. Desain Bagian Drum Roll



Gambar 18. Desain Bagian Drum Roll



Gambar 19. Plat Out

1. Desain Bagian Drum Roll Drum Roll 17 merupakan bagian utama pada mesin pengaduk pupuk otomatis yang berfungsi sebagai tempat pengaduk bahan-bahan pupuk di proses. Bagian ini memiliki berat 136.558 Kg dengan material Mild Steel. Tabel 13 spesifikasi dari Drum Roll.
2. Desain Bagian Rangka Rangka 18 merupakan bagian kaki-kaki pada mesin pengaduk pupuk otomatis yang berfungsi sebagai penahan bagian drum roll. Bagian ini memiliki berat 92,991Kg dengan material Mild Steel. Berikut adalah tabel 14 spesifikasi dari Rangka.
3. Desain Bagian Plat Out Plat Out 19 merupakan bagian pada mesin pengaduk pupuk otomatis yang berfungsi sebagai tempat penampung keluarnya pupuk yang sudah tercampur dengan rata dari drum roll. Bagian ini memiliki berat 73,628Kg dengan material Mild Steel. Berikut adalah tabel 16 spesifikasi dari Plat Out.
4. Desain Bagian V-Belt V-Belt merupakan bagian pada mesin pengaduk pupuk otomatis yang berfungsi sebagai penggerak motor agar drum roll berputar selama proses pengadukan berlangsung. Bagian ini memiliki berat 0,021Kg dengan material Rubber. Berikut adalah tabel 16 spesifikasi dari V-Belt.
5. Tuas
Tuas 21 berfungsi sebagai saklar agar mesin menyala. Tuas digunakan dengan cara memutar pedal ke depan agar mesin pengaduk berputar searah arah jarum jam, apabila tuas diputar ke arah sebaliknya maka mesin pengaduk akan berputar berlawanan dengan

Table 12. Hasil pengolahan Metode SBCE

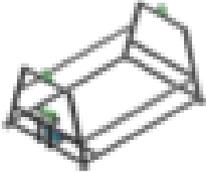
Nama Part	Gambar	Berat	Quantity	Material	Center of Gravity
Dum Roll		136.558 Kg	1	Mild Steel	X=4.885 mm Y=-0.001 mm Z=249.886 mm
Rangka		92,991 Kg	1	Mild Steel	X=404.250 mm Y=182.321 mm Z=509.038 mm
V-Belt		0,021Kg	1	Rubber	X=-0.316 mm Y=-169.389 mm Z=5.000 mm
Plat Out		73,628 Kg	1	Mild Steel	X=425.000 mm Y=312.419 mm Z=300.163 mm
Tombol		0,682 pounds	1	PVC, Piping	X=-3.667 mm Y=3.023 mm Z=-0.674 mm

Table 13. Spesifikasi Drum Roll

Berat	Quantity	Material	Center of Gravity
136.558 Kg	1	Mild Steel	X = 14.346 mm Y = -0.000 mm Z = 131.983 mm

Table 14. Spesifikasi Rangka

Berat	Quantity	Material	Center of Gravity
92,991Kg	1	Mild Steel	X = 404.250 mm Y = 182.321 mm Z = 509.038 mm

Verifikasi dan Validasi

jarum jam. Bagian ini memiliki berat 0,4 Kg dengan material PVC, Piping. Berikut adalah tabel 17 spesifikasi dari tuas.

Pada tahap ini dilakukan verifikasi hasil rancangan dengan memeriksa kesesuaian antara rancangan dengan keluhan pekerja berdasarkan VOC pupuk di *green house* Universitas Telkom. Berikut adalah tabel

Table 15. Desain Bagian *Plat Out*

Berat	Quantity	Material	Center of Gravity
73,628Kg	1	Mild Steel	X = 425.000 mm Y = 312.419 mm Z = -300.163 mm



Gambar 20. *V-Belt*

Table 16. Spesifikasi *V-Belt*

Berat	Quantity	Material	Center of Gravity
0,021 Kg	1	Rubber	X = -0.316 mm Y = -169.389 mm Z = 5.000 mm



Gambar 21. Tuas

Table 17. Spesifikasi Tuas

Berat	Quantity	Material	Center of Gravity
0,4 Kg	1	PVC, Piping	X=-3.667 mm Y=3.023 mm Z=-0.674 mm

hasil verifikasi perancangan: 18 Pada tahap validasi ini, dilakukan identifikasi pencapaian serta umpan balik dari Stakeholder. Berikut adalah tabel 19 validasi hasil rancangan mesin pengaduk pupuk otomatis dari pengganggu jawaban tempat produksi pupuk. Pada tahap ini, dilakukan hasil uji coba terhadap mesin pengaduk pupuk otomatis dengan 3 kali percobaan. Berikut adalah tabel 20 hasil uji coba mesin pengaduk pupuk otomatis.

Analisis hasil perancangan

Gambar 22 merupakan posisi postur tubuh pekerja ketika melakukan pengadukan pupuk dengan mesin pengaduk pupuk otomatis. Gambar 23 merupakan hasil analisis menggunakan metode REBA.



Gambar 22. Posisi Pekerja Memasukan Pupuk kedalam Mesin



Gambar 23. Hasil Analisis Skor REBA

Analisis Hasil Material

Material yang digunakan untuk perancangan mesin pengaduk pupuk otomatis adalah material yang kuat, Maka dipilihlah baja karbon rendah pada bagian rangka. Cara agar material tersebut dinyatakan cocok, dilakukan *stress analysis* pada perancangan tersebut menggunakan aplikasi Autodesk *Inventor Professional 2025*. *Stress Analysis* adalah sebuah analisa perhitungan pada komponen atau *assembling* dari permesinan untuk memastikan nilai dari sebuah tegangan (*Stress*) akibat beban tidak melebihi dari limitasi yang diatur oleh aturan atau standar tertentu. Adapun input yang dibutuhkan dalam menjalankan simulasi ialah beban, titik acuan reaksi tegangan, dan jenis material. Melakukan *stress analysis*, dapat mengetahui bagian-bagian yang tidak cocok dengan rancangan. Analisis ini dapat mengetahui bahwa perancangan itu berfungsi dengan baik. Pada perancangan mesin pengaduk pupuk otomatis, bagian yang akan dilakukan *stress analysis* adalah bagian rangka, karena pada bagian tersebut menerima beban seberat 490.000 N atau sekitar 50 kg ketika proses pengadukan dilakukan.

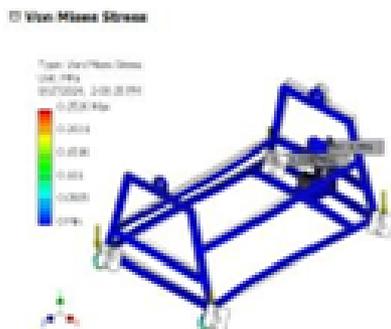
Dari Gambar 224 pada pada bagian Rangka untuk mesin pengaduk pupuk otomatis, di dapatkan nilai von mises *stress* sebesar 0,2526 Mpa. Bagian tersebut menunjukkan bahwa gaya yang diterima ditandai dengan warna biru, artinya material baja ringan cocok dengan perancangan mesin pengaduk pupuk otomatis karena baja ringan memiliki *Tensile strength* sebesar 550 Mpa. Diharapkan dalam hasil analisis tersebut dapat membuat perancangan menahan beban dan tetap kuat ketika hasil rancangan mesin pengaduk pupuk otomatis sudah dibuat.

Table 18. Verifikasi Hasil Perancangan

Keluhan dari VOC	Kebutuhan akhir	Hasil Rancangan	Kesesuaian
Pengadukan masih menggunakan alat konvensional	Alat Pengaduk yang otomatis	Mesin pengaduk yang otomatis	Sesuai
Proses pengadukan membutuhkan waktu 20 menit dalam satu kali produksi	Membuat alat yang dapat mempercepat proses pengadukan kurang dari 20 menit	Mesin pengaduk membutuhkan waktu 2 menit untuk mengaduk	Sesuai
Proses pengadukan menyebabkan pegal- pegal pada tubuh	Membuat alat yang mudah digunakan	Mesin pengaduk mudah digunakan	Sesuai
Proses pengadukan tidak efektif karena tidak dapat memenuhi target	Membuat alat yang efektif untuk membantu untuk mencapai target	Mesin pengaduk dapat memenuhi target produksi	Sesuai
Tempat menjadi kotor setelah proses produksi selesai	Membuat alat yang ramah lingkungan ketika produksi	Mesin pengaduk tidak membuat tempat produksi kotor produksi	Sesuai

Table 19. Verifikasi Hasil Perancangan

Kategori Validasi	Target Validasi	Pemenuhan
Target Kinerja	Dapat mempermudah proses produksi pekerja	Perancangan mesin pengaduk pupuk otomatis dibuat untuk mempermudah pekerja melakukan proses pengadukan karena bekerja secara otomatis dan mempercepat proses pengadukan.
Stakeholder Requirement	Mesin dapat menampung berat 30 Kg	Mesin memiliki kapasitas sebesar 50 Kg
	Mesin pengaduk bekerja secara otomatis	Mesin pengaduk bekerja secara otomatis dengan penggerak motor yang di colokan ke listrik
	Mesin pengaduk beroperasi dengan cepat ketika mengaduk pupuk	Mesin pengaduk hanya memerlukan waktu 2 menit untuk mencampurkan pupuk dalam satu kali produksi

**Gambar 24.** Hasil *Stress Analysis*

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di *green house* Universitas Telkom, diperoleh hasil rancangan berupa pengaduk pupuk otomatis. Kemudian dilakukan pengujian terhadap hasil rancangan yang menunjukkan bahwa produk pengaduk pupuk otomatis dapat menampung

muatan hingga 50 kg serta melakukan proses pengadukan pupuk dalam waktu 2 menit. Setelah dilakukan pengujian pada hasil rancangan didapatkan hasil analisis menggunakan metode REBA dengan nilai akhir sebesar 3. Nilai tersebut menyatakan bahwa postur tubuh pekerja termasuk ke dalam kategori resiko rendah (*Low risk*) dan perubahan mungkin diperlukan.

Daftar Pustaka

- Welo T, Lycke A, Ringen G. Investigating the use of set-based concurrent engineering in product manufacturing companies. In: *Procedia CIRP*; 2019. .
- Valentine A, Wisudawati N. Analisis Postur Kerja pada Pengangkutan Buah Kelapa Sawit menggunakan Metode RULA dan REBA Analysis Of Work Posture On The Transportation Of Oil Palm Fruit Using The RULA And REBA Methods. 2020.
- Simanungkalit RDM. Pupuk organik dan pupuk hayati = Organic fertilizer and biofertilizer. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian; 2006.
- Hasibuan K. Analisis Energi Pelelehan dan Pencampuran pada Mesin Internal Mixer; 2023.

Table 20. Verifikasi Hasil Perancangan

Uraian	Hasil	Waktu	Jumlah /Pcs	Keterangan	Gambar
50 Kg	Merata	2 Menit	11-13 Pcs	Mesin aman dan target produksi tercapai	
70 Kg	Merata	4 menit	15-17 Pcs	Motor penggerak pada mesin mengeluarkan bunyi yang nyaring, dan baut yang mulai keluar	