

## PERANCANGAN UNIT *STORAGE* PADA MESIN PENANAM BIBIT UNTUK LAHAN PASCA TAMBANG DENGAN *SQUARE PIPE FRAME*

Adeisha Widyamardika Palmanta<sup>1</sup>, Johan Christawa<sup>2</sup>, Andreas Avellianus Hendy Nugroho<sup>3</sup>, Y. M Astomo Dwi Setiawan.<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta  
Jl. Adisucipto Km 9,5, Bluluk, Colomadu, Surakarta.

\*Email: gertrudisadeisha2511@gmail.com<sup>1</sup>, tawajohan@gmail.com<sup>2</sup>, andreasave279@gmail.com<sup>3</sup>, astomo.dwi@atmi.ac.id<sup>4</sup>

### Abstrak

*Mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang merupakan mesin yang berperan sebagai alat bantu dalam proses reklamasi lahan pasca tambang. Mesin ini terdiri dari 2 unit utama, yaitu storage unit dan trailer unit. Tujuan utama dalam perancangan storage unit mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang adalah untuk mengurangi biaya proses penanaman. Proses perancangan storage unit mesin ini menggunakan metode penyelesaian dengan pengumpulan data, dan pembuatan morfologi desain. Storage unit mesin ini merupakan unit yang berfungsi sebagai ruang penyimpan input yang memiliki kapasitas tampung kompos 100 buah, bibit sebanyak 336 buah, dan volume air sebanyak 475 liter. Proses transfer mesin ini menggunakan sistem mekanisme cam dan geneva. Input dari unit ini adalah kompos, bibit dan air. Input pertama mesin tersebut yaitu kompos blok dengan ukuran 250x250x150 mm yang ditata kedalam storage secara berjajar. Input kedua yaitu bibit tanaman dengan ketinggian 300 – 400 mm. Input ketiga yaitu air yang diisikan ke dalam tanki air. Mesin ini membutuhkan operator sejumlah 2 orang sebagai driver dan operator mesin itu sendiri.*

**Kata kunci:** *Tambang, Penanam, Pasca Tambang, Kompos Blok*

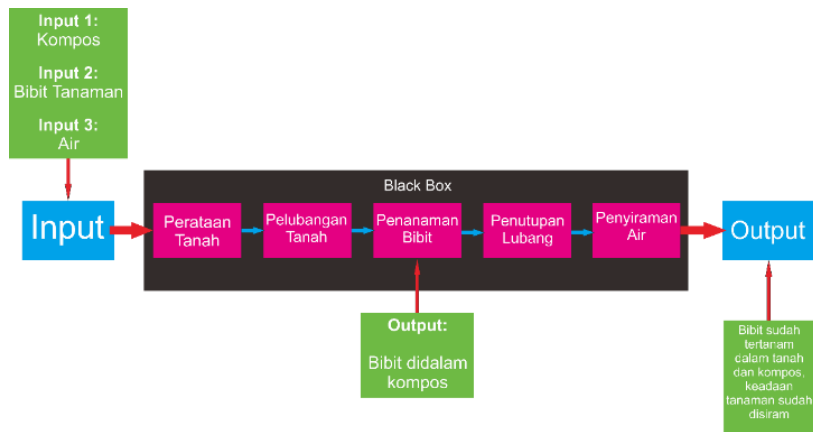
## 1. PENDAHULUAN

Industri pertambangan rawan terhadap kerusakan lingkungan seperti terciptanya lubang – lubang akibat penggalian tanah selama proses pertambangan dilaksanakan. Kerusakan lingkungan akibat dari aktivitas pertambangan menggerakkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan untuk mengeluarkan sebuah aturan di mana perusahaan penambang wajib untuk melakukan prosesi perataan tanah setelah proses penambangan sudah selesai, hal ini tercantum dalam PP No 78 Tahun 2010.

Bapak Idi Bantara, Kepala Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Hutan Lindung (BPDASHL) Baturasa Cerucuk (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan) memiliki gagasan untuk membuat mesin penanam bibit, dengan bertujuan untuk mempercepat proses reklamasi lahan pasca tambang, karena masalah dari proses reklamasi ini adalah suhu area lahan pertambangan yang panas ( $\pm 45^{\circ}\text{C}$ ), dan prosesnya masih dilakukan secara manual atau dikerjakan dengan tenaga manusia. Proses kegiatan reklamasi lahan pasca tambang seluas 1 hektar membutuhkan cukup banyak tenaga manusia, yaitu 10 orang perhari, juga karena suhu yang begitu panas sehingga jam kerja dibatasi pada jam – jam tertentu yaitu jam 07:00 – 11:00, dan jam 14:00 – 17:00. Usaha untuk mencapai jumlah tanam minimal per harinya, bapak Idi melakukan peningkatan jumlah pekerja dari 10 orang menjadi 20 orang yang dibagi menjadi 2 dengan batasan jam yang ditentukan. Upaya penambahan jumlah pekerja ternyata tidak bekerja secara efektif karena pada jam tertentu kinerja pekerja semakin kurang stabil (\*) dan juga pengeluaran yang digunakan untuk membayar upah pekerja bertambah sangat banyak yaitu Rp 125.000/orang untuk satu hari kerja.

Banyaknya pengeluaran dalam proses penanaman bibit pada lahan pasca tambang ini menghadirkan sebuah gagasan tentang perancangan mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang. Penelitian yang dilaksanakan ini memiliki beberapa tujuan, yaitu: mengurangi biaya proses penanaman dan mengurangi jumlah operator. Berdasarkan adanya tujuan tersebut, maka perancangan mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi terhadap masalah di atas. Fokus perancangan pada storage unit dengan trailer unit (unit penarik) yang dijual bebas di pasaran.

Batasan masalah yang menjadi ruang lingkup kerja dari pelaksanaan perancangan mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang yang diajukan adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Black Box

Dilihat dari batasan masalah di atas, mesin rancangan ini memiliki karakteristik *input* dan *output* seperti yang akan dijelaskan di bawah ini:

### 1.1 Spesifikasi *Input*

Di bawah ini akan dijelaskan apa saja yang akan menjadi *input* dari mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang sekaligus dengan spesifikasinya:

a. Kompos Blok



Gambar 2 Kompos Blok

Kompos blok diperlukan sebagai media tanam yang berfungsi sebagai pengembali unsur hara pada lahan tanam tersebut. Kompos blok yang digunakan memiliki dimensi 250 x 250 x 150 mm dan massa 2 kg dalam keadaan kering

b. Bibit Tanaman



Gambar 3 Bibit Tanaman

(Sumber: [www.jasatamanminimalis.net](http://www.jasatamanminimalis.net), 2019)

Bibit yang menjadi batasan masalah untuk mesin ini yaitu dengan spesifikasi:

1. Massa = 0,75 kg
2. Diameter Polybag = 100 mm
3. Tinggi bibit = 300 – 400 mm

Tanaman yang dapat ditanam menggunakan mesin ini akan dibatasi sebagai berikut:

1. Bibit pohon cemara berumur 8 bulan
2. Bibit pohon pulai berumur 8 bulan
3. Bibit pohon mahoni berumur 6 bulan
4. Bibit pohon alpukat berumur 5 bulan
5. Bibit pohon sirsak berumur 6 bulan

c. Air

Air yang dibutuhkan untuk tiap penanaman bibit yaitu sebanyak 0,5 lt/bibit.



Gambar 4 Air

(Sumber: [www.nttonlinenow.com](http://www.nttonlinenow.com) 2019)

## 1.2 Spesifikasi Output

Mesin ini menghasilkan *output* bibit dan kompos yang sudah tertanam didalam tanah dan dalam keadaan sudah tersiram air.



**Gambar 5** Bibit dan kompos yang sudah tertanam

## 1.3 Batasan Proses

Dalam proses perancangan mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang ini, diberikan beberapa batasan untuk membantu pembatasan proses sehingga permasalahan bisa diselesaikan:

- Penggerak utama mesin dilakukan dengan menggunakan traktor berdaya 95 HP
- Proses *input* bibit dan kompos ke dalam *storage* dilakukan secara manual oleh operator
- Proses *input* air ke dalam tanki air dilakukan secara manual oleh operator dengan bantuan pompa air
- Proses awal penanaman atau tiap perbelokan posisi dilakukan pembuatan lubang awal untuk proses penanaman selanjutnya
- Proses penyiraman dan penutupan tanah dilakukan bersama - sama
- Mesin digunakan pada tanah yang sudah diratakan, tanpa bebatuan besar dan siap untuk dilakukan reklamasi.
- Mesin digunakan pada saat kondisi kering, tidak hujan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah

### 2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang antara lain:

- Laptop/PC  
Proses perancangan yang dilakukan membutuhkan laptop/PC dengan jenis *processor* Intel(R) Core(TM) i5-7200 CPU @2.50GHz (4 CPUs) dan memori minimal RAM *size* 4 GB
- Software*  
Proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang membutuhkan AutoCAD 2016 sebagai *software* dalam proses perancangan gambar 2D, Solidworks 2017 Education Version untuk proses perancangan gambar 3D. Microsoft Word 2016 untuk proses penyusunan laporan.

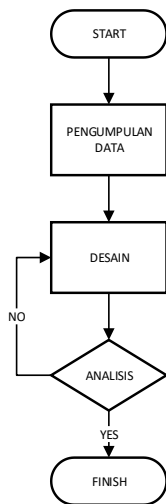
### 2.2 Bahan

Bahan yang digunakan sebagai dasar proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang:

- Hasi Wawancara  
Hasil wawancara digunakan sebagai pelengkap materi dalam proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang. Hasil wawancara biasanya didapatkan dari *customer*.
- Catatan Jurnal  
Jurnal biasanya digunakan sebagai pembanding antara analisis perancangan dengan dasar-dasar *teori* yang sudah ada.

### 2.3 Metode Pengerjaan

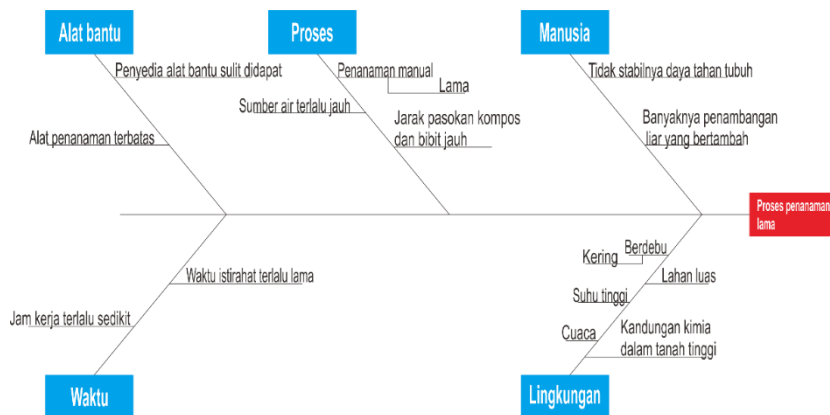
Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* dibawah ini



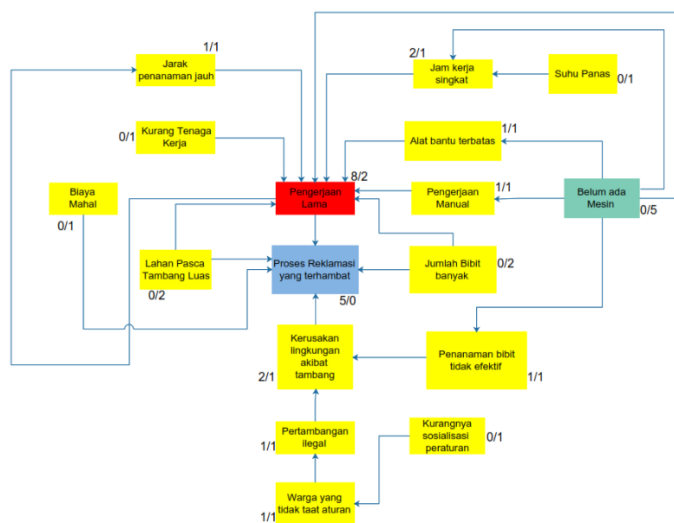
Gambar 6 Flowchart Proses Perancangan

2.3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang kami lakukan dengan wawancara dengan *customer*, sehingga kami mendapatkan berbagai data yang dapat kami masukkan kedalam Batasan masalah dan identifikasi masalah. Selain wawancara dengan *customer*, kami juga mencari jurnal dan data pendukung dari internet, data – data pendukung berupa grafik, peraturan tentang reklamasi lahan pasca tambang, kerusakan lingkungan akibat tambang di beberapa daerah di Indonesia. Selain dengan melakukan wawancara dan data jurnal, terdapat Analisa sebab akibat dengan menggunakan metode *fishbone* dan diagram sebab akibat.



Gambar 7 Metode Fish Bone



Gambar 8 Diagram Keterkaitan

### 2.3.2 Desain

Setelah mengumpulkan semua data yang melengkapi kebutuhan dalam proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang, lalu dilakukanlah poses desain yang dibagi menjadi beberapa tahap:

#### 1. Penentuan Matriks Kebutuhan

Sebelum melakukan proses desain, beberapa data harus ditentukan keterkaitan antara satu dengan yang lain. Pada proses penentuan matriks kebutuhan, diperlukan beberapa data seperti *requirement list* yang didapatkan berdasarkan permintaan *customer*, *engineer characteristic* yang diperlukan untuk menjawab permintaan dari *customer*, dan matriks kebutuhan untuk menentukan hubungan antara *requirement list* dan *engineer characteristic*.

#### 2. Pemilihan Konsep

Pemilihan konsep dilakukan dengan metode *Stuart Pugh* atau biasa dikenal sebagai *morphological metode*. Pemilihan konsep ini dilakukan dengan cara membandingkan antara 3 atau lebih konsep yang dianggap mampu memenuhi *requirement list*.

#### 3. Penilaian Konsep

Penilaian konsep dilakukan berdasarkan kemampuan konsep tersebut dalam memenuhi *requirement list*, dan juga pertimbangan akan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing konsep yang sudah ditentukan

#### 4. Penentuan Konsep Pemenang

Penentuan konsep pemenang dilakukan berdasarkan hasil dari penilaian dengan kriteria pembobotan dan kriteria penilaian. Hasil dari penilaian tersebut merupakan hasil akhir akan desain yang akan dibuat dan dianggap salah satu konsep terbaik yang mampu memenuhi *requirement list* dibandingkan konsep lainnya.

### 2.3.3 Analisis

Analisis dilakukan agar rancangan mesin dapat memenuhi kriteria-kriteria yang dibutuhkan dan aman dalam pengaplikasiannya. Analisis yang dilakukan yaitu terdiri dari perhitungan konstruksi, perhitungan dimensi minimum pada bagian kritis, dan perhitungan daya motor.

#### 1. Perhitungan Kekuatan Daerah Kritis

Perhitungan kekuatan daerah kritis diperlukan untuk menentukan ukuran minimal serta membantu dalam pembuktian kekuatan konstruksi dalam sebuah perancangan mesin.

##### a. Menghitung Kekuatan *Frame*

Kekuatan *frame* dalam *Storage Unit* ini sangatlah dibutuhkan sebagai bukti bahwa konstruksi *frame* yang digunakan sebagai penyangga aman untuk digunakan terhadap beban tertentu.

##### Menghitung Momen Inersia Sumbu Y

(1)

Momen inersia digunakan untuk membandingkan momen yang dialami oleh *frame* saat terjadi pembebanan dengan momen inersia yang diizinkan. Jika momen inersia perhitungan lebih kecil dari momen inersia yang diizinkan maka konstruksi *frame* tersebut aman untuk digunakan.

$$I_y = \frac{L^2 \times F'}{\pi^2 \times E}$$

- L = Panjang *Frame* yang menerima beban  
 F' = Gaya yang diterima dengan angka keamanan  
 E = Modulus Elastisitas

##### b. Menghitung Daya Motor

Perhitungan daya motor diperlukan untuk mengetahui daya berdasarkan torsi motor sesuai dengan beban yang diterima.

**Menghitung Torsi Motor****(2)**

$$T' = \frac{m \times g \times D}{2} \times \vartheta$$

T' = Torsi motor dengan angka keamanan

m = Massa

g = Kecepatan gravitasi

D = Diameter *shaft* $\vartheta$  = Angka keamanan**Menghitung Torsi Motor Sesuai Rasio****(3)**

$$TM = \frac{T'}{i}$$

TM = Torsi motor sesuai rasio

i = Rasio putaran motor

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Perancangan konsep *storage unit* ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu pembuatan desain morfologi, deskripsi konsep, kriteria pembobotan, kriteria penilaian, dan penilaian ketiga buah konsep untuk mendapatkan sebuah konsep pemenang yang sesuai dengan kebutuhan.

**3.1 Penentuan Matriks Kebutuhan****Tabel 1** Tingkat Kepentingan *Requirement List*

NO	Requirement Lists	TK
1	Mudah dioperasikan	5
2	Jenis bibit (cemara, pulai, mahoni, alpukat, sirsak)	5
3	output berjarak sama (serasi)	4
4	berupa alat bantu/kendaraan	4
5	Jumlah operator max 2	3
6	mudah maintenance	3
7	air 0,5 lt per bibit	3
8	kompos blok 25x25x15 cm	3

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa data permintaan *customer* yang memiliki tingkat kepentingan paling tinggi (nilai 5) adalah mudah dioperasikan dan jenis bibit yang ditanam. Sedangkan untuk permintaan *costumer* yang bersifat rata-rata (nilai 3) adalah jumlah operator, kemudahan maintenance, jumlah output air, dan dimensi kompos blok.

Dalam mencapai permintaan tersebut maka dibuatlah rumusan akan solusinya.

**Tabel 2** *Engineer Characteristic*

<i>Engineering Characteristic</i>	
1	Kapasitas <i>Storage</i> (kg)
2	ketinggian <i>storage</i> (m)
3	Lebar <i>storage</i> (m)
4	Desain Kekuatan Konstruksi
5	<i>Human interface</i> jelas
6	Efisiensi pengisian input (%)
7	Meminimalisir kesalahan input (%)
8	Penggunaan part standar (unit)
9	Kekuatan sambungan (kg)
10	Desain <i>Storage</i>
11	Jenis <i>Connector</i>

Adanya *engineer characteristic*, langkah selanjutnya yaitu merumuskan hubungan dari *requirement list* dengan *engineer characteristic* pada tabel matriks kebutuhan.

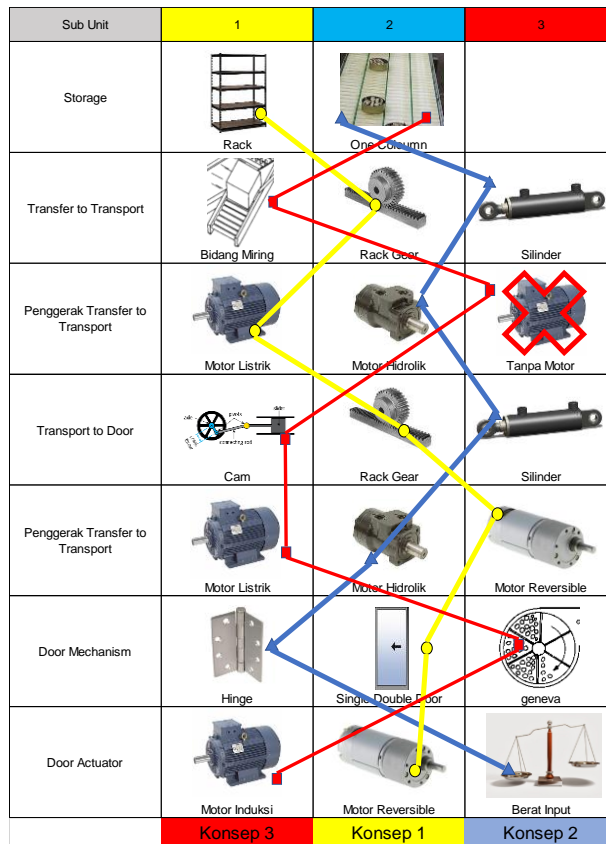
Customer Needs	Voice of Engineer										
	Kapasitas storage (kg)	Ketinggian storage (m)	Lebar storage (m)	Desain kekuatan konstruksi	human interface jelas	efisiensi pengisian input (%)	meminimalisir kesalahan input (%)	penggunaan part local content (mm)	jarak antar sambungan (mm)	Desain Output Tray	Jenis Connector
output berjarak 3x3 m	4					□					
Jumlah operator max 2	3	○	□			□	□	○		○	
berupa alat bantu/kendaraan	4		○	□				○	○		□
Mudah dioperasikan	5		□	□	□	○					
Jenis bibit (cemara, pulai, mahoni, alpukat, sirsak)	5	□	□	□		□	○			□	
mudah maintenance	3		△	□				□	○		□
air 0,5 lt per bibit	3	□									
kompos blok 25x25x15 cm	3	□	○	□						□	
Absolute Importance	111	148	72	153	108	92	32	43	40	72	63
Relative Importance (%)	10.8	14.4	7.0	14.9	10.5	9.0	3.1	4.2	3.9	7.0	6.1

Gambar 9 Tabel Matriks Kebutuhan

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa kapasitas *storage* merupakan hal yang paling penting dalam perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang ini.

### 3.2 Perancangan Konsep *Storage Unit*

Desain morfologi unit ini akan berisikan tentang bagaimana bentuk *storage*, mekanisme penggerak kompos dari *storage* menuju pintu terakhir untuk penanaman



Gambar 10 Morfologi *Storage Unit*

Konsep dihasilkan pada desain morfologi di atas dinyatakan dalam garis berhubungan di mana konsep 1 digambarkan dengan garis berwarna kuning, konsep 2 dengan garis berwarna biru, dan konsep 3 dinyatakan dengan garis berwarna merah.

### 3.3 Penilaian Konsep *Storage Unit*

Penilaian konsep sistem *storage Unit* ini dilakukan dalam 3 tahap, yaitu perhitungan kriteria pembobotan, penentuan kriterian penilaian, dan penilaian ketiga konsep.

#### 1. Pembobotan Faktor Penilaian

Pembobotan faktor penilaian dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 3** Pembobotan Faktor Penilaian *Storage Unit*

Kriteria Pembobotan	Kriteria				
	Jumlah Pengangkutan	Kekuatan Konstruksi Rangka	Ketepatan Output	Kemudahan Maintenance	Kemudahan Pengisian Ulang
Jumlah Pengangkutan	1	1	1	2	2
Kekuatan Konstruksi Rangka	1	1	0	0	1
Ketepatan Output	1	2	1	2	1
Kemudahan Maintenance	0	2	0	1	1
Kemudahan Pengisian Ulang	0	1	1	1	1
	3	7	3	6	6
	0.4	1	0.4	0.9	0.9

#### 2. Kriteria Penilaian

Kriteria penilaian konsep *seed storage & transfer* dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 4** Kriteria Penilaian *Storage Unit*

No	Kriteria	Nilai				
		5	4	3	2	1
1	Jumlah Pengangkutan	> 500 buah	400-500 buah	300-400 buah	200-300 buah	< 200 buah
2	Kekuatan Konstruksi Rangka	Dapat menahan beban produksi saat kendaraan berjalan	-	Dapat menahan beban produksi bersama saat kendaraan diam	-	Dapat menahan beban produksi tiap unit satu persatu saat kendaraan berhenti
3	Ketepatan Output	Terdapat sensor posisi	-	terdapat guide sebagai pembatas dan railnya	-	manual menggunakan mata operator
4	Kemudahan Maintenance	Part khusus yang sulit didapat, repair dilakukan oleh ahli	-	Standart part mudah ditemukan, memerlukan maintenance ahli	-	Standart part mudah ditemukan, tidak begitu memerlukan maintenance ahli
5	Kemudahan Pengisian Ulang	pengisian ulang otomatis	-	pengisian ulang dilakukan oleh operator yang berada diatas mesin	-	pengisian ulang membutuhkan kendaraan atau bantuan lain

#### 3. Penilaian Konsep

Penilaian ketiga buah konsep sistem *storage & transfer* dapat dilihat pada tabel 3.16

**Tabel 5** Penilaian *Storage Unit*

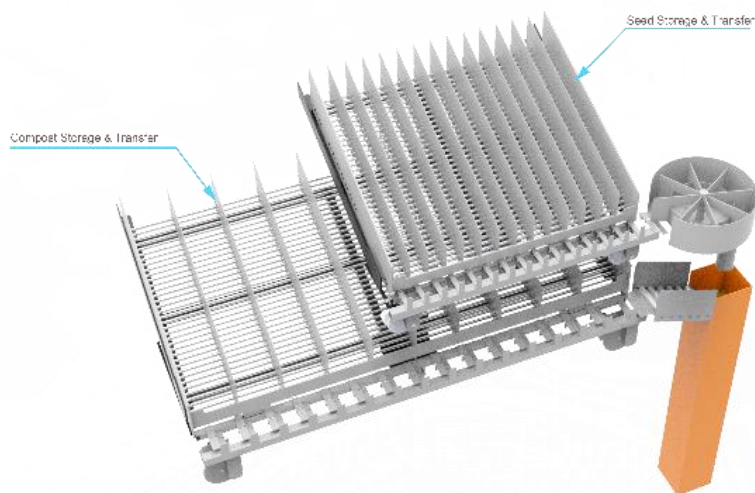
No	Kriteria	Bobot	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
			Nilai	Total	Nilai	Total	Nilai	Total
1	Jumlah Pengangkutan	0.4	5	2.0	2	0.8	2	1
2	Kekuatan Konstruksi Rangka	1.0	1	1.0	3	3.0	1	1
3	Ketepatan <i>Output</i>	0.4	1	0.4	3	1.2	1	0
4	Kemudahan <i>Maintenance</i>	0.9	2	1.8	5	4.5	2	2
5	Kemudahan Pengisian Ulang	0.9	5	4.5	3	2.7	3	3
			14	10	16	12	9	7
3.6			<b>2</b>		<b>1</b>		<b>3</b>	

Disimpulkan bahwa konsep ketiga merupakan konsep yang diambil sebagai konsep sistem *storage & transfer* karena mendapatkan peringkat 1 serta kegunaanya sudah mampu mencukupi kebutuhan mesin yang akan dirancang.

**3.4 Deskripsi Konsep *Storage Unit***

*Storage* yang digunakan juga model *one-line* yang dimiringkan sehingga bibit akan turun meluncur dengan menggunakan bantuan dari *roller* dan beratnya sendiri, sehingga bantuan motor penggerak tidak dibutuhkan dalam unit kecil ini. Setelah keluar dari *storage*, bibit akan diterima langsung dengan mekanisme *cam* yang akan menghantarkan kompos menuju pintu penanam. Mekanisme *cam* yang digunakan memerlukan penggerak motor induksi dan pintu yang digunakan pada konsep ini menggunakan mekanisme *geneva* yang digerakkan oleh motor induksi.

Kelebihan dan kekurangan dari sistem ini, dengan adanya model *storage* ini memang mengakibatkan jumlah bibit yang diangkat lebih sedikit namun sebenarnya jumlah bibit yang dibutuhkan pun tercukupi. Kelebihannya yaitu kekuatan konstruksi *chasis* pada *base unit* akan lebih terjaga. Penggunaan motor untuk penghantaran bibit menuju unit transfer tidak dibutuhkan karena menggunakan bidang miring yang dibantu dengan perputaran *roller* pembantu sehingga mampu menekan biaya pengadaan part elektrik. *Geneva* lebih mampu menjaga posisi bibit namun dalam pergerakannya, bibit harus diberikan ruang yang cukup dalam arti tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil. Jika ruangan yang diberikan terlalu besar maka bibit akan kesulitan memosisikan diri pada lubang dari *geneva*, bila terlalu kecil, bibit akan sulit digerakkan dan kemungkinan *polybag* robek akan terjadi.



**Gambar 11** *Storage Unit* Konsep Pemenang

*Storage Unit* digunakan sebagai unit penyimpanan *input* (bibit dan kompos). Pada unit ini dibagi menjadi dua yaitu *Compost storage & transfer* dan *Seed storage & transfer*.

Mekanisme yang digunakan yaitu *Eccentric Shaft* sebagai pembantu dalam proses transfer input menuju pintu *output*. Sub-unit akan dijelaskan secara mendetail pada penjelasan dibawah ini:



Gambar 12 Storage Unit

*Storage Unit* ini memiliki kapasitas bibit sebanyak 168 bibit dan 50 buah kompos. Pada pengaplikasian didalam mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang memerlukan 2 buah *storage unit* sehingga kapasitas dalam mesin meningkat sebanyak 2 kali yaitu 336 bibit dan 100 buah kompos. Proses transfer input dibantu dengan bantuan *eccentric cam shaft* yang digerakkan dengan motor induksi sebesar 15 watt. Beban *frame* yang mampu ditopang sebesar 500 kg dengan angka keamanan sebesar 3.

### 3.5 Analisa

Analisa yang digunakan dalam proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan *pasca* tambang ini antara lain:

#### 3.5.1 Analisa Perhitungan

##### 1. Menghitung Kekuatan *Frame*

Perhitungan kekuatan *frame* ini memiliki total gaya sebesar 1790,325 N dan memiliki batas momen inersia sebesar 20,894 cm<sup>4</sup>. Pembuktian kekuatan akan dibahas dibawah ini

$$\begin{aligned} L &= 1500 \\ F' &= 1790,325 \text{ N} \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

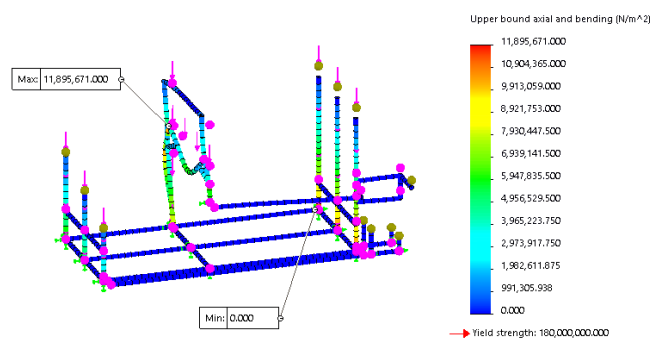
Perhitungan:

$$I_y = \frac{L^2 \times F'}{\pi^2 \times E}$$

$$I_y = \frac{1500^2 \times 1790,325}{\pi^2 \times 210000}$$

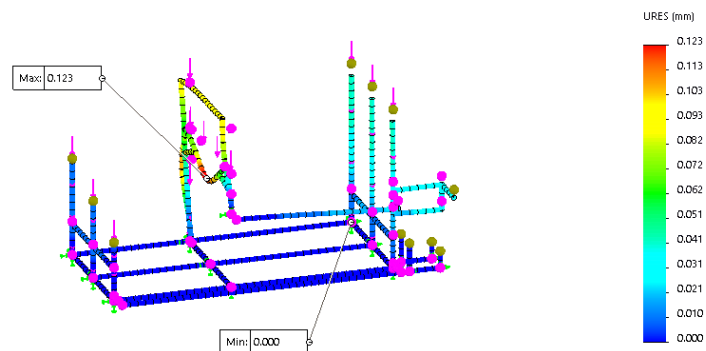
$$= 0,194 \text{ cm}^4$$

Berdasarkan perhitungan di atas,  $I_y$  minimal hasil perhitungan pada tabel di atas tidak ebih besar dari  $I_y$  profil kotak 50x50x3 (0,194 cm<sup>4</sup> < 20,849 cm<sup>4</sup>) jadi konstruksi rangka yang digunakan aman.



Gambar 13 Simulasi Stress Storage frame

Menurut analisis yang dilakukan *Storage Frame* dengan material AISI 304 yang mempunyai batas patah (*yield strength*) sebesar 206 N/mm<sup>2</sup> dan dilakukan pembebanan sebesar 598,41 N dikatakan aman karena batas patah yang terjadi tidak melebihi batas patah yang dimiliki oleh material AISI 304.



**Gambar 14** Simulasi *Displacement Storage Frame*

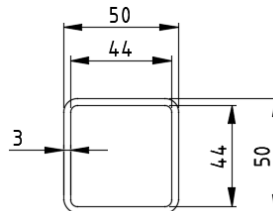
Dari analisis *displacement* atau defleksi dapat dilihat bahwa deformasi yang terjadi ialah sebesar 0,123 mm terdapat di *frame* bagian tengah yang berwarna merah. Deformasi yang terjadi masih diijinkan di kontruksi untuk *frame* karena tidak terlalu besar.

Perhitungan defleksi secara manual:

Diketahui:

- F (Gaya) = 598,41 N
- L (Panjang frame) = 1250 mm
- E (Modulus Elastisitas) = 210.000 N/mm<sup>2</sup>

Penyelesaian:



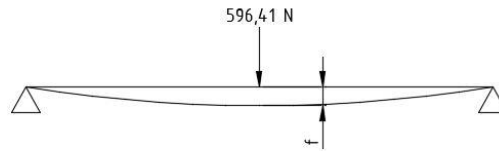
**Gambar 15** Penampang *Frame*

**Menghitung Momen Inersia Sumbu X:**

$$\begin{aligned}
 I_{x1} &= \frac{1}{12} \times B \times H^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 50 \times 50^3 \\
 &= 520833,333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{x2} &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 44 \times 44^3 \\
 &= 312341,333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

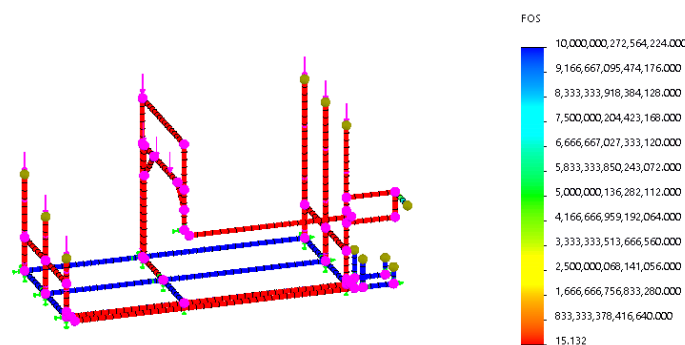
$$\begin{aligned}
 I_x &= I_{x1} - I_{x2} \\
 &= 520833,333 - 312341,333 \\
 &= 208492 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 16** Defleksi *Frame*

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{5}{384} \times \frac{F \times L^3}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{596,41 \times 1250^3}{210000 \times 208492} \\
 &= 0,347 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, *frame* yang terkena gaya sebesar 580,65 N akan menghasilkan defleksi sebesar 0.337 mm dan tidak jauh dari Analisis CAE yang menghasilkan defleksi sebesar 0,123 mm.



**Gambar 17** Analisis Angka Keamanan *Storage Frame*

*Factor of safety* dari sebuah konstruksi dikatakan aman jika nilai FOS yang dihasilkan melebihi angka 1. Nilai 1 dikatakan aman karena dengan pembebanan sebesar 1000 kg dan konstruksi tersebut mampu menahan beban sebesar 1000 kg maka angka keamanannya sebesar 1. Menurut Analisis *factor of safety* pada *frame input* menghasilkan angka keamanan sebesar 15,132 pada area yang berwarna merah dan dapat dikatakan konstruksi *frame* tersebut aman karena nilai yang didapat sebesar  $15 > 1$  dengan pembebanan sebesar 598,41 N.

## 2. Menghitung Daya Motor

Perhitungan daya motor ini memiliki gaya total yang diterima sebesar 490,5 N atau setara dengan 50 kg dan rasio kecepatan sebesar 480,025. Penentuan daya motor akan ditentukan berdasarkan perhitungan dibawah ini.

$$m = 50 \text{ kg}$$

$$D = 110 \text{ mm}$$

$$\vartheta = 2$$

Perhitungan Torsi *Shaft*

$$T = \frac{m \times g \times D}{2} \times \vartheta$$

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{50 \times 9,81 \times 0,110}{2} \times 2 \\
 &= 53,956 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Torsi Motor

$$\begin{aligned}
 TM &= \frac{T'}{i} \\
 &= \frac{53,956}{480,025} \\
 &= 0,112 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data perhitungan dan pembuktian di atas, motor yang digunakan yaitu DKM dengan tipe 8IDGE-15T. Spesifikasi motor memiliki daya 15 Watt, rating torque 0,140 Nm, putaran motor 1250 rpm, dan dengan spesifikasi gearhead motor yaitu rasio 360 dengan tipe 8GB360BMH.

### 3.5.2 Analisa Pasca Desain

Berdasarkan hasil dari proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang dapat dirumuskan tentang status pemenuhan akan tercapainya *requirement list* pada tabel dibawah ini.

**Tabel 6** Tabel Ketercapaian Pasca Desain

NO	Requirement Lists	Spesifikasi Teknis yang Bisa Diukur	Tingkat Kepentingan	Indikator Ketercapaian	Implementasi Dalam Desain
1	Mudah dioperasikan	Penyediaan tombol otomatis dan manual dalam control panel	5	90%	<i>Control Panel</i> menyediakan 2 tombol Penanaman Otomatis dan pelubangan manual. Dimana sistem pelubangan manual hanya digunakan pada saat pertama kali mesin berjalan dan berbelok. Setelah itu, proses selanjutnya menggunakan sistem penanaman otomatis. Dalam <i>control panel</i> juga terdapat tombol <i>emergency</i> dan <i>start switch</i> . Kekurangannya adalah proses <i>troubleshooting</i> tidak bisa dilakukan dengan cepat selain melakukan proses maintenance secara keseluruhan dan ekstra berhati-hati
2	Jenis bibit (cemara, pulai, mahoni, alpukat, sirsak)	Bibit dengan ketinggian 300-400 mm dan berdiameter <i>polybag</i> 100 mm	5	100%	Bibit Tanaman yang digunakan memiliki spesifikasi tinggi 300 mm dan berdiameter <i>polybag</i> 100 mm. Dimana kriteria tersebut terdapat pada cemara usia 8 bulan, pulai berusia 8 bulan, mahoni dengan usia 6 bulan, alpukat berusia 5 bulan, dan sirsak dengan usia 6 bulan
3	output berjarak sama (serasi)	Menggunakan sensor jarak atau odometer	4	60%	Pemosisian jarak mengandalkan kinerja operator sedangkan lebar antar penanaman setara 3000 mm x 3000 mm. Sedangkan untuk 40% yang tidak dapat diimplementasikan yaitu karena pada proses penggunaan sensor ini dapat banyak terjadi kendala seperti sensor tidak membaca perputaran ban atau mungkin terdapat <i>human error</i> yang terlambat menyadari bahwa sensor sudah mendeteksi jarak
4	berupa alat bantu/kendaraan	Mesin utama dioperasikan dengan bantuan mesin lainnya	4	100%	mesin utama diarahkan dengan bantuan mesin (kendaraan) lainnya, yaitu dengan menggunakan bantuan Traktor Kubota
5	Jumlah operator max 2	satu operator sebagai driver dan satu operator untuk mesin utama	3	100%	Satu operator diposisikan dibelakang, tepatnya pada mesin utama dengan tugas menjalankan proses penanaman setelah mesin traktor berhenti berjalan dan sebagai pengontrol keadaan storage dan mesin. Sedangkan operator yang lainnya berada didalam traktor sebagai pengarah traktor menuju ke tempat penanaman satu ke yang lainnya
6	mudah maintenance	Posisi sistem mekanisme berada pada bagian yang mudah dijangkau (dibagian bawah mesin dan disamping untuk unit storage	3	70%	Posisi motor diesel, dan transmisi mesin berada pada bagian bawah <i>mobile unit</i> dimana maintenance dapat dicapai dan juga untuk proses <i>maintenance unit storage</i> dapat mudah dilakukan karena bagian inti unit berada didalam keliling <i>frame</i> . Namun pengecekan dalam <i>maintenance</i> harus dilakukan secara keseluruhan secara manual. 30% hal yang tidak dapat diimplementasikan adalah saat proses <i>maintenance</i> harus dilakukan <i>troubleshooting</i> secara menyuruh dan tidak bisa dideteksi dengan sekali coba saja
7	air 0,5 lt per bibit	Penggunaan Valve dan water pump	3	100%	Sistem pengaliran air hanya menggunakan <i>valve</i> dan pemanfaatan gaya gravitasi dan tekanan air. Sehingga dalam tanki air, berisikan volume air sebesar 2 kali lipat dari yang dibutuhkan untuk mencapai debit air 1 lt/merit nya
8	kompos blok 250 x250 x 150 mm	Kompos berbentuk balok dengan ukuran 250 x 250 x 150 mm	3	100%	Kompos yang digunakan sesuai dengan permintaan dari <i>costumer</i> dimana kompos memiliki dimensi 250 x 250 x 150 mm
Jumlah Nilai					30
Total Ketercapaian					27
Presentase Ketercapaian (%)					90%

$$\text{Ketercapaian (P)} = \frac{\Sigma(\text{Tingkat kepentingan} \times \text{Indikator ketercapaian})}{\Sigma \text{Tingkat kepentingan}}$$

$$P = \frac{(5 \times 90) + (5 \times 100) + (4 \times 60) + (4 \times 100) + (3 \times 100) + (3 \times 70) \times (3 \times 100) + (3 \times 100)}{30}$$

$$P = 2700 / 30$$

$$P = 90\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas terlihat bahwa desain yang mampu terpenuhi sebesar 90% dan penyimpangan sebesar 10%.

#### 4. KESIMPULAN

Perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang menghasilkan rancangan yang mampu menyimpan dan memindahkan bibit dan kompos menuju lubang penanaman. Kapasitas dari unit ini adalah bibit sebanyak 336 buah, kompos sebanyak 100 buah, dan air sebanyak 475 liter. Proses pemindahan bibit dan kompos menuju jalur penanaman menggunakan motor induksi dengan daya 30 Watt. Sumber listrik unit ini berasal dari alternator yang mendapat energi dari putaran motor diesel sebesar 10 HP sehingga menghasilkan listrik sebesar 3000 Watt.

Konstruksi juga telah diperhitungkan keamanannya melalui perhitungan teoritis, namun dalam pembuktiannya masih memerlukan *prototyping* karena perhitungan hanya terfokus pada titik yang dianggap paling kritis saja.

Proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang memiliki capaian keberhasilan desain sebesar 90% dan terdapat 10% kekurangan seperti sulitnya dalam memposisikan lubang satu dengan yang lainnya dan posisi *maintenance* yang sulit dijangkau. Perancangan mesin ini masih belum sempurna, diperlukan adanya pengembangan lebih lanjut diantaranya:

1. Dimensi *storage* dibuat lebih maksimal dalam segi kapasitas dan dimensi yang lebih minimalis.
2. Adanya sistem *trial in error* sehingga proses *maintenance* lebih mudah.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

Agro Indonesia. Kompos Blok Untuk Rehabilitasi Lahan Eks Tambang. Diakses dari <http://agroindonesia.co.id/2019/01/kompos-blok-untuk-rehabilitasi-lahan-eks-tambang>, 17 Januari 2019

Robert L Mott. **Machine Elements in Mechanical Design**, fourth edition. Pearson Prentice Hall. Ohio, 2004

Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah No. 76 tahun 2008 tentang Rehabilitasi dan Reklamasi Hutan. Sekretariat Negara. Jakarta. 2008.

Republik Indonesia. 2011. Peraturan Menteri Kehutanan No P.4/Menhut-II/2011 tentang Pedoman Reklamasi Hutan, Pasal 19. Sekretariat Negara Jakarta

Politeknik ATMI Surakarta. **Tabel Elemen Mesin**. ATMI PRESS SOLO, Surakarta