

---

# RANCANG BANGUN MESIN PELANGSIRAN MATERIAL KONSTRUKSI TOWER TRANSMISI SITEM *CRANE PULLEY* DENGAN KAPASITAS MAKSIMAL 250 KG

Alaya Fadlu Hadi Mukhamad<sup>1</sup>, Seno Darmanto<sup>2</sup>, Firdaus Kurniawan Haqni<sup>3</sup>

Universitas Diponegoro; Jl.Hayam Wuruk No.4 Pleburan Semarang 50241

Sekolah Vokasi Rekayasa Perancangan Mekanik,Departemen Teknologi Industri

UNDIP, Semarang

e-mail: [firdauskurniawanhaqni@yahoo.com](mailto:firdauskurniawanhaqni@yahoo.com)

## **Abstrak**

Mesin langsir material digunakan pada proyek konstruksi guna untuk memindahkan material dari titik awal ke titik yang dituju. Mesin langsir ini menggunakan jenis atau sistem crane pulley. Di dunia konstruksi mesin langsir jarang bisa digunakan diberbagai medan baik medan datar, medan lembah atau medan bukit. Oleh karena itu makalah ini bertujuan agar proses pelangsiran / pemindahan material konstruksi tower transmisi 150 kV dapat berjalan baik di medan datar hingga medan yang sulit seperti lembah dan bukit dengan berdasarkan beberapa faktor pertimbangan. Proses rancang bangun mesin langsir material terdiri dari tiga tahapan yaitu perancangan desain, pembuatan alat serta pengujian alat. Proses desain, terdiri dari beberapa tahapan yaitu tinjauan lapangan dan ketersediaan sistem penunjang serta bahan baku. Proses fabrikasi, melakukan assembly material yang sudah tersedia sesuai dengan desain yang telah ditentukan. Proses pengujian alat, menggunakan metode pengujian langsung di lapangan sehingga data yang disajikan adalah data real pembebanan. Mesin langsir material dapat digunakan dengan baik di lapangan dengan hasil kapasitas angkut maksimal ialah 250 kg dengan kapasitas efektif alat tertinggi 12.424 kg/jam serta bahan bakar yang terpakai sebanyak 0,91 liter/jam.

**Kata kunci :** Rancang Bangun, Solidworks, Alat Langsir Material, Mesin Langsir, Langsir Material

## **Abstract**

Material shredders are used in construction projects to move materials from the starting point to the intended point. This trimming machine uses a type or system of crane pulley. In the world of construction, it can rarely be used in various terrains, whether flat terrain, valley terrain, or hilly terrain. Therefore, this paper aims to ensure that the process of upgrading / transferring the construction material of the 150 kV transmission tower can run well on flat terrain to difficult terrain such as valleys and hills based on several consideration factors. The design process of the material shredder consists of three stages, namely design, tool making, and tool testing. The design process consists of several stages, namely field review and the availability of supporting systems and raw materials. The fabrication process, carries out the assembly of materials that are already available by the predetermined design. The process of testing the tool, using the test method directly in the field so that the data presented is real loading data. The material drill engine can be used well in the field with a maximum carrying capacity of 250 kg with the highest effective tool capacity of 12,424kg/hour and fuel sed as much as 0.91 liters/hour

**Keywords :** Design and Construction, Solidworks, Material Transfer Tool, Shifting Machine, Material Mover

---

## 1. PENDAHULUAN

Masyarakat Indonesia semakin hari semakin membutuhkan listrik dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, PT PLN (Persero) selalu mengikuti perkembangan jaman sehingga kehandalan listrik di Indonesia terjamin. Salah satu caranya ialah dengan mengembangkan serta memperluas jaringan transmisi skala besar baik 70 kV, 150 kV hingga 500 kV guna mempercepat pemerataan kelistrikan di Indonesia. Pendistribusian tersebut harus ditunjang dengan pembuatan konstruksi tower-tower transmisi.

Pendirian tower transmisi yang dibutuhkan untuk memperluas jaringan listrik di Indonesia dibangun diberbagai medan baik di kontur datar, lembah maupun perbukitan. Hal tersebut yang terkadang menjadikan pembangunan tower transmisi terkendala. Kendala yang paling sering dirasakan atau dialami ialah dalam pengangkutan atau pemindahan material tower transmisi ke lokasi pembangunan. Fakta lapangan saat ini, pelangsiran atau pemindahan material konstruksi seperti batu kerikil, semen, pasir, molen dan sebagainya masih menggunakan sumber daya manusia dengan cara diangkat atau dipikul [1] sehingga membuat waktu dan tenaga serta biaya yang dikeluarkan lebih banyak dan lama.

Mesin langsir material adalah salah satu metode untuk mempersingkat dan mempermudah pemindahan material di lapangan. Sistem yang digunakan oleh mesin langsir ini ialah dengan sistem crane pulley dimana terdapat dua bagian dari alat ini yaitu mesin dan bucket. Penggunaan alat ini juga sangat sederhana, hanya menggunakan sling besi sebagai rel bucket yang telah diisi material siap angkat serta mesin yang berfungsi sebagai penarik dari bucket sehingga bucket dapat dipindahkan dari titik awal ke titik tujuan dengan mudah. Alat tersebut dapat beroperasi diberbagai medan baik medan datar, medan lembah dan perbukitan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat desain, assembly hingga fabrikasi mesin langsir material crane pulley dari beberapa referensi mesin pengangkut lainnya serta kemudian diuji coba untuk memastikan mesin ini dapat berfungsi ayau beroperasi dengan baik.

## 2. METODE PENELITIAN

Salah satu metode dalam penelitian ini ialah melakukan perancangan yang merupakan salah satu hal yang penting dalam membuat sebuah alat. Adapun tujuannya ialah untuk memberi gambaran lengkap mengenai alat yang akan didesain dan mudah dipahami sehingga mudah dalam penerapannya[2]

Selain itu, pengertian mengenai bangun sendiri ialah sebuah kegiatan menciptakan sesuatu dari sebuah desain yang ada dengan cara merakit atau assembly sehingga alat tersebut dapat dipergunakan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Rancang Bangun adalah perencanaan, penggambaran dan pembuatan desain dalam kesatuan yang utuh sehingga dapat dilakukan assembly serta dapat difungsikan [2]

Alat pemindah material adalah peralatan yang dipergunakan untuk memindahkan muatan yang berat dari satu tempat ke tempat lain dalam jarak tertentu, misalnya pada tempat penumpukan material, lokasi konstruksi, tempat penyimpanan material serta dengan arah pemindahan baik vertikal, horizontal atau kombinasi dari keduanya. [2]

Dalam dunia industri berbagai macam peralatan angkut sangatlah diperlukan, hal tersebut berkaitan dengan kelancaran kegiatan operasional, alat-alat angkut tersebut digunakan agar mengemat waktu pekerjaan. Karena semakin banyak waktu terbuang maka kegiatan operasional juga akan terhambat. Berikut adalah beberapa macam peralatan angkut barang yang umumnya digunakan dalam dunia industri : [3]

- a Belt Conveyor
- b Chain Conveyor
- c Screw Conveyor

Mesin yang digunakan dalam perancangan alat langsir ini adalah dari mesin Supra X 100 cc tahun 2004. Tipe mesin yang digunakan adalah 4 stroke SOHC pendinginan udara

dengan daya maksimum yang dihasilkan yaitu 7,3 PS atau 8.000 rpm. Untuk spesifikasi lengkap mengenai mesin Supra X 100 cc tahun 2004 dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Mesin Langsir (Supra X 100 cc Tahun 2004) [4]

Nama	Spesifikasi
Tipe Mesin	4 Langkah SOHC, pendingin udara
Volume Langkah	97,1 cc
Perbandingan Kompresi	9 : 1
Daya Maksimum	7,19 HP / 8.000 rpm
Torsi Maksimum	7,26 Nm / 6.000 rpm
Sistem Pengapian	AC-CDI, Magneto

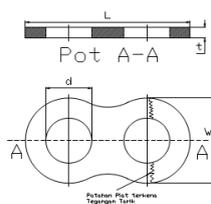
Dari tabel 1 tersebut maka penulis gunakan dalam pembuatan alat langsir yang dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Mesin Motor Supra X 100 cc

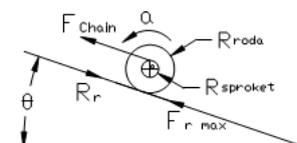
Berdasarkan pada gambar 1 maka mesin motor supra yang akan digunakan sudah terpasang dan siap beroperasi.

Selain itu, perlu juga diketahui tingkat kemuluran dari rantai yang dipakai. Hal tersebut bertujuan dengan pemakaian alat yang digunakan diberbagai medan baik medan datar, bukit hingga lembah. Berikut ialah analisa kekuatan plat rantai dihitung dari tegangan Tarik dan tegangan geser.



**Gambar 2.** Tegangan Tarik

Sehingga analisa gaya pada rantai yang dapat diambil ketika momen dititik 0 ialah sebagai berikut :



**Gambar 3.** Analisa gaya pada lantai

dengan persamaan gaya yang terjadi pada rantai adalah [5]:

$$F_{chain} = 9277.9309 N$$

(1)

Dari hasil tersebut maka dapat dicari tegangan tarik plat dan tegangan geser plat sebagai berikut:

1. Tegangan tekan plat

$$\sigma_c = \frac{F_{chain}}{2} \cdot t \leq \frac{S_y}{N} \quad \sigma_c = \frac{9277.9309}{6.35} \cdot 1,5 \text{ mm} \leq \frac{851.5140}{1,5} \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = 477.4808 \frac{N}{\text{mm}^2} \leq 567.676 \text{ N/mm}^2 \quad (2)$$

Menurut teori kegagalan MNST maka plat rantai tersebut aman

2. Tegangan geser plat

$$\tau = \frac{F_{chain}}{2 \cdot a \cdot t} \leq \frac{S_{sy}}{N} \quad \tau = \frac{9277.9309}{2.5,075 \cdot 1,5} \leq \frac{493.8782}{1,5}$$

$$\tau = 304.6940 \frac{N}{\text{mm}^2} \leq 329.2528 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (3)$$

Menurut teori kegagalan MNST maka plat rantai tersebut aman  
Sehingga analisa kemuluran rantai sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{499.6194}{123,13679} = 4.0575$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100\% = \frac{4.0575}{22,85} \cdot 100\% = 0,9272 \text{ mm}$$

$$\Delta L = L + L_0 = 0,9272 + 22,85 = 23,7772 \text{ mm}$$

Dikarenakan jumlah plat sebanyak 103 plat maka total kemuluran yang didapat ialah sebagai berikut

$$L_{total \text{ baru}} = 103 \times 22,85 = 2.353,55 \text{ mm}$$

$$L_{total \text{ dipakai}} = 103 \times 23,7772 = 2,449,0516 \text{ mm}$$

$$L_{total} = 2.449,0516 - 2.353,55 = 95,5016 \text{ mm}$$

Jadi, total kemuluran yang dihasilkan dari penelitian yang sudah dilakukan ialah 95,5016 mm

Pada industri konstruksi, *wire sling* banyak digunakan pada alat-alat berat seperti *crane*, alat tancap palku bumi. Sedangkan kegunaan dari *wire sling* pada industry konstruksi ini adalah digunakan untuk mengangkat beton-beton, pipa-pipa dan besi-besi yang digunakan dalam proses konstruksi bangunan maupun yang lainnya. Alat pengangkut material ini terbuat dari besi holo dengan ukuran 4x4cm dilengkapi dengan roda. Sehingga pada penggunaannya alat pengangkut tersebut dapat berjalan dengan baik (Gambar 4)



**Gambar 4.** Alat Pengangkut Material atau *Bucket*

Dari gambar 2 maka pengangkut ini berfungsi untuk tempat / wadah material yang akan dilangsir. Pelangsiran material dengan cara menumpuk material (Karung Semen, Karung Pasir, Karung *Split* dan lain-lain) ke dalam wadah tersebut dengan rapi, sehingga dalam pelangsiran material tidak jatuh. Berikut adalah rangkaian mesin penggerak yang sudah dirangkai dengan menemipatkan mesin motor bekas, stang sepeda dan *sling* menjadi satu rangkaian (Gambar 5).



**Gambar 5.** Mesin Penggerak Supra X 100 cc dalam rangkaian

Pada gambar 3 alat tersebut dapat dengan mudah dioperasikan baik pada saat gas dan rem. *Sling* yang berada di rangkaian mesin penggerak tersebut dapat dihubungkan dengan *bucket* / wadah material serta dihubungkan pula dengan tiang penahan ataupun pohon sebagai penahan bentangan dari titik satu ke titik yang lain.

Secara garis besar pengoperasian alat ini adalah menggunakan sistem penarikan seperti halnya sistem katrol namun menggunakan mesin penggerak. Lalu dari rangkaian tersebut digunakan untuk pengangkutan material yang berada di lokasi pengerjaan tapak tower.

Kapasitas efektif alat ialah kemampuan untuk menghasilkan suatu produk. Maka dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{kapasitas efektif alat} = \frac{\text{massa}}{\text{waktu}} \text{ kg/jam} \quad (1)$$

Cara menghitung konsumsi bahan bakar ialah : [6]

$$\text{konsumsi bahan bakar} = \frac{\text{volume penambahan}}{\text{waktu kerja}} \text{ l/jam} \quad (2)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kriteria pemilihan produk mesin langsir yang akan diterapkan ialah bertujuan agar dalam pengaplikasiannya ketika desain sudah dibuat dan diterapkan, produk mesin tersebut sesuai atau cocok sehingga dalam pengoperasiannya mudah dan tidak terdapat kendala berarti dikemudian hari Untuk itu perlulah penulis menentukan beberapa produk yang akan digunakan. Produk mesin langsir tersebut ialah sebagai berikut :

- a Motor Listrik (Alternatif Produk I)
- b Motor Diesel (Alterbatif Produk II)
- c Motor Bensin (Alternatir Produk III)

Kriteria pemilihan alternatif ini bertujuan untuk mengetahui kecocokan sebuah produk yang akan digunakan pada sebuah desain yang dibuat agar dapat mendukung desain tersebut yang ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini.

**Tabel 2.** Matriks Penilaian Alternatif [7]

Kriteria	Alternatif Produk		
	I	II	III
Harga relative terjangkau	-	-	+
Mudah dioperasikan bagi operator dan lingkungan kerja	+	+	+
Perakitannya mudah	+	+	+
Perawatannya mudah	+	-	+
Bahan bakar mudah didapatkan dilokasi proyek	-	-	+
Dapat digunakan diberbagai medan (datar, lembah, bukit)	-	+	+
$\Sigma +$	3	3	6
$\Sigma -$	3	3	0

Dari tabel 2 tersebut maka penulis memilih menggunakan alternatif produk ketiga. Sedangkan untuk alternatif produk dalam penentuan penggunaan penghubung motor terdapat tiga pilihan yaitu menggunakan *drive shaft*, *belt* dan rantai. Berikut pada tabel 3 ialah beberapa kriteria yang dihadapkan dalam pemilihan alternatif penghubung motor.

**Tabel 3.** Matriks Penilaian Alternatif Penghubung Motor [7]

Kriteria	Alternatif Produk		
	Shaf	Bel	Ranta
	t	t	i
Harga relative terjangkau	-	-	+
Perawatan mudah	-	+	+
Biaya perawatan murah	+	-	+
Daya tahan tinggi	+	+	+
$\Sigma +$	2	2	4
$\Sigma -$	2	2	0

Dari tabel 3 tersebut, maka dipilihlah alternatif produk nomor tiga. Selain itu, diperlukan pemilihan alternatif dalam pemilihan tali yang berfungsi sebagai jalannya roda ketika bucket dijalankan dari titik satu ke titik yang lainnya. Berikut pada tabel 4 ialah beberapa kriteria yang dihadapkan

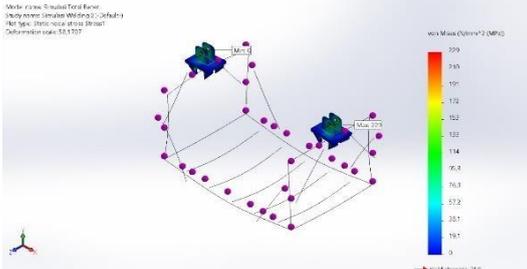
**Tabel 4.** Matriks Penilaian Alternatif Tali [7]

Kriteria	Alternatif Produk		
	Rantai Tambang Sling		
Harga relative terjangkau	-	+	+

Perawatan mudah	+	+	+
Pemakaian mudah	-	-	+
Daya tahan tinggi	+	-	+
$\Sigma +$	2	2	4
$\Sigma -$	2	2	0

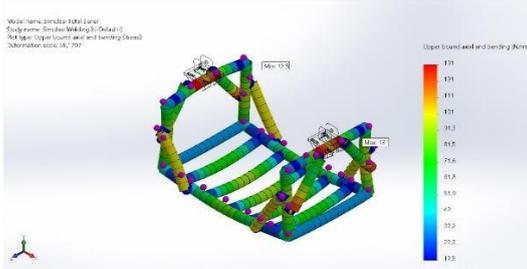
Dari hasil penilaian alternatif pada tabel 4 maka penulis memutuskan untuk menggunakan produk ketiga. Dimana dari berbagai kriteria yang ada, produk yang dipilih dapat mencakupi semuanya sehingga dalam penerapan kedepannya tidak akan terjadi kendala baik dalam pengadaan, pengoperasian, perawatan dan sebagainya.

Proses pengujian dengan menggunakan solidworks dilakukan untuk mengetahui kekuatan desain rancangan rangka yang akan dibuat, proses pengujian. Dari hasil pengujian didapatkan dapat dilihat pada gambar 4. [8]

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0N/mm <sup>2</sup> (MPa) Node: 13718	229N/mm <sup>2</sup> (MPa) Node: 14819
			

**Gambar 6.** Hasil Simulasi Uji Pembebanan von Mises

Dari hasil pada gambar 6 maka pengujian Stress von Mises tersebut didapatkan hasil bahwasannya nilai maksimal pada lokasi yang diuji dengan gaya 5000 N (setara 500 kg) dapat menopang tekanan hingga maksimal 229 MPa dimana material yang digunakan adalah ASTM A36 Steel dengan yield strength sebesar 250 MPa. Sehingga desain ini lolos dalam pengujian dan dapat dilakukan pembuatan alat kedepannya [9]. Kemudian pada pengujian STRMAX dapat dilihat pada gambar 7.

Name	Type	Min	Max
Stress2	Upper bound axial and bending	0N/mm <sup>2</sup> (MPa) Element: 9009	131N/mm <sup>2</sup> (MPa) Element: 8871
			

**Gambar 7.** Hasil Simulasi Uji Pembebanan STRMAX

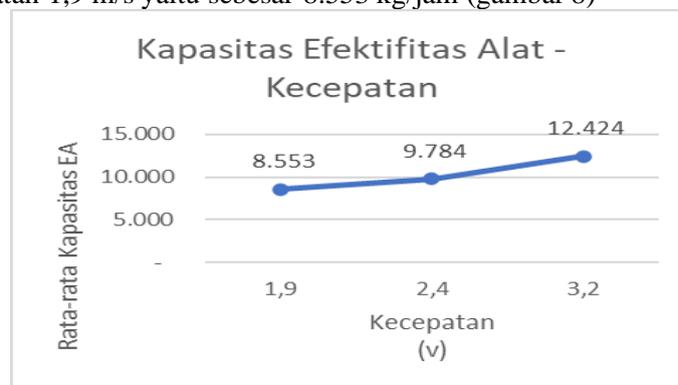
Dari hasil gambar 7 tersebut bahwasannya dengan menggunakan material ASTM A36 Steel diperoleh hasil simulasi STRMAX sebesar maksimal 131 MPa dengan pengujian dengan gaya 5000 N (setara 500 kg) dengan material yang digunakan adalah ASTM A36 Steel dengan yield strength . sebesar 250 MPa. Sehingga desain ini lolos dalam pengujian dan dapat dilakukan pembuatan alat kedepannya.

Kapasitas efektif alat ialah kemampuan untuk menghasilkan suatu produk [6]. Hal tersebut dihitung berdasarkan jarak dengan waktu yang ditempuh saat proses pelangsiran berlangsung. Data kapasitas efektif alat dapat dilihat dari tabel 6 berikut

**Tabel 6.** Kapasitas Efektif Alat dengan Beban 100 kg

kecepatan (m/s)	kapasitas EA (kg/jam)			Rata- rata (kg/jam)
	1	2	3	
1,9	7.660	10.000	8.000	8.553
2,4	8.780	10.286	10.286	9.784
3,2	12.414	12.857	12.000	12.424

Tabel 6 menunjukkan kapasitas efektif rata-rata yang paling besar terdapat pada kecepatan 3,2 m/s yaitu sebesar 12.424 kg/jam, sedangkan kapasitas efektif rata-rata yang terkecil pada kecepatan 1,9 m/s yaitu sebesar 8.553 kg/jam (gambar 8)



**Gambar 8.** Grafik Efektifitas Alat

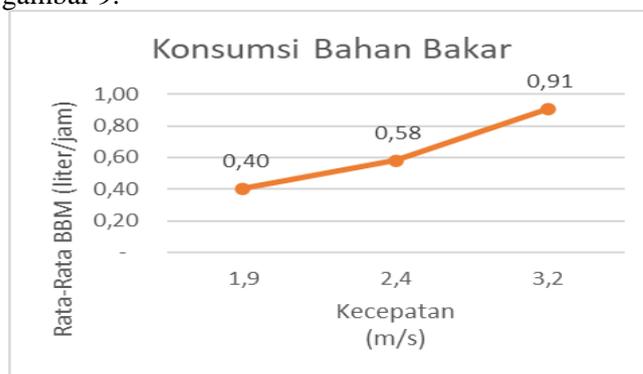
Berdasarkan gambar 8 maka hal yang mempengaruhi perbedaan kapasitas efektif alat langsir tersebut ialah adanya pengaruh medan yang dilalui saat uji coba yaitu medan datar yang dilalui oleh alat tersebut serta juga disebabkan oleh kecepatan yang digunakan berbeda pada masing-masing percobaan.

Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini ialah menggunakan jenis pertalite. Penggunaan bahan bakar pertalite ini bertujuan agar ketika pengoperasian dapat lebih menghemat waktu dikarenakan premium yang di daerah tersebut mengalami kelangkaan. Konsumsi bahan bakar diperoleh dari volume penambahan dibagi dengan waktu tempuh alat [6]. Berikut ialah tabel 7 untuk konsumsi bahan bakar.

**Tabel 7.** Konsumsi Bahan Bakar

kecepatan (m/s)	Waktu (s)			Rata-rata BBM (liter/jam)
	1	2	3	
1,9	47	36	45	0,40
2,4	41	35	35	0,58
3,2	29	28	30	0,91
<b>RATA-RATA BAHAN BAKAR</b>				<b>0,63</b>

Dari tabel 7 menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar yang digunakan selama penelitian ini rata-rata paling banyak ialah pada kecepatan 3,2 m/s dengan konsumsi bahan bakar rata-rata sebanyak 0,91 liter/jam. Konsumsi rata-rata bahan bakar terkecil pada kecepatan 1,9 m/s yaitu sebesar 0,40 liter/jam. Hal yang dapat mempengaruhi beda konsumsi bahan bakar tersebut ialah adanya pengaruh kecepatan yang dilakukan pada percobaan. Sehingga grafik yang diperoleh terdapat pada gambar 9.



**Gambar 9.** Grafik Konsumsi Bahan Bakar

Dari hasil pada grafik gambar 9 tersebut perlu diketahui pula bahwasannya dalam percobaan ini adalah percobaan secara riil dilapangan sehingga terdapat waktu jeda dalam hal loading dan unloading sekitar satu hingga dua menit dengan rata-rata konsumsi bbm 0,63 liter/jam.

Percobaan yang dilakukan ialah pada tingkat kondisi kematangan atau kesiapterapan suatu hasil penelitian atau pengembangan teknologi tertentu dengan tujuan dapat diadopsi oleh pengguna, industri maupun masyarakat [10]. Beberapa indikator dari tingkatan Technology Readiness Level, percobaan serta pemakaian alat langsir material yang dibuat telah mencapai pada tingkat 7 dengan indikator sebagai berikut : [11] Proses fabrikasi secara umum telah dipahami baik

#### 4. KESIMPULAN

Alat langsir material dengan sistem crane pulley ini dimulai dengan melakukan perancangan atau desain yang kemudian dilakukan pengujian secara software. Dengan hasil yang mumpuni maka assembly alat dapat dilakukan sesuai dengan rancangan yang ada. Ketika alat sudah selesai assembly, maka dilakukan kembali pengujian secara riil di lapangan dan didapatkan mampu mengangkat beban hingga 100 kg. . Efektifitas alat rata-rata yang dihasilkan paling rendah 8.553 kg/jam dan paling tinggi 12.424 kg/jam sedangkan konsumsi bahan bakar rata-rata yang dihasilkan paling rendah 0,40 liter/jam dan paling banyak 0,91 liter/jam. Sehingga rata-rata kebutuhan bahan bakar yang digunakan ialah 0,63 liter/jam.

## 5. SARAN

Untuk meningkatkan kapasitas kerja dan kesempurnaan rancangan alat tersebut maka perlu dijaga kestabilan gas serta medan yang lurus dan datar serta menggunakan kecepatan rendah agar bahan bakar dapat optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. M. A. J. Utama and P. S. Perfect, "1 . Re-Chek Survey".
  - [2] R. D. Putri, D. Aprilman, P. Raflesia, and P. Raflesia, "Rancang Bangun Mesin Pencuci Kentang Kapasitas 5 Kg," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 1, p. 15, 2021.
  - [3] "FILE III BAB II."
  - [4] "Honda Supra X - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas." [https://id.wikipedia.org/wiki/Honda\\_Supra\\_X](https://id.wikipedia.org/wiki/Honda_Supra_X) (accessed Jun. 05, 2022).
  - [5] W. Romadhon, "Analisa Kekuatan dan Kemuluran Rantai Supra X 125 DD," pp. 1–44.
  - [6] M. M. Harahap, "RANCANG BANGUN ALAT PENGANGKUT TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT," Medan, 2019.
  - [7] I. S. Atmanto, A. Fadllu, H. Mukhammad, B. Setyoko, and D. N. Santoso, "Rancang Bangun Mesin Centrifugal Casting Kombinasi Untuk Memproduksi Diesel Cylinder Liner (Dcl) Skala Laboratorium," vol. 14, no. 2, p. 43, 2014.
  - [8] Abdul Aji Tardiana, B. Hartono, and S. P. Sutisna, "3.-jurnal-abdul-aji-217-226-fixed," *Politeknologi*, vol. 16, p. 222, 2017.
  - [9] "Simulation | SOLIDWORKS." <https://www.solidworks.com/domain/simulation> (accessed Jun. 05, 2022).
  - [10] Kemenristek, *No.-42-Tahun-2016-Lampiran*. Jakarta: Kepala Biro Hukum dan Organisasi Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi, 2016.
  - [11] Ristekdikti, "Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT atau TRL)," *Permenristekdikti 42/2016 Pengukuran dan Penetapan Tingkat Kesiapterapan Teknol. (Technology Readiness Level)*, 2016.
-