

# Perancangan Alternatif Alat Pengangkat Tandan Buah Segar Kelapa Sawit ke Truk dengan Memanfaatkan Bobot Truk Berbasis Sistem Hidrolik

Dionisius Dwi Wicaksono<sup>1</sup>, Adhiasta Faris Setiabudi<sup>1</sup>, Hanifa Farafisha<sup>1</sup>, Dimas Panji Hasmoro<sup>1</sup>, Patricia Yohaneta Gendis Kusmaningjati<sup>1</sup>, Wawan Hermawan<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.

<sup>2</sup>Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.

\*email korespondensi: w\_hermawan@apps.ipb.ac.id

## Info Artikel

Diajukan: 26 November 2022

Diterima: 19 Mei 2023

### Keyword:

hydraulic scissor lift; lifting equipment; oil palm; palm oil's FFB; potential energy; truck weight

### Kata Kunci:

alat pengangkat; bobot truk; energi potensial; hydraulic scissor lift; TBS kelapa sawit

## Abstract

The process of lifting fresh fruit bunches (FFB) of oil palm to trucks is generally done manually, with a heavy workload and potential for injury. Existing lifting equipments are powered by an internal combustion engine at a high cost. The objective of this study was to design and test an equipment for lifting FFB of oil palm into the bed of a truck by utilizing the weight of the truck. In the design, the weight on the rear wheels of the truck when backing is used to press a pair of hydraulic cylinders. The hydraulic pressure then is transferred to a hydraulic cylinder for driving a scissor type lifting mechanism. FFB which are loaded in a low trough, can be loaded onto the truck easily and quickly. This lifter was designed to lift 400 kg of FFB with a lifting height of 2.4 m. In the top position, the FFB bed is inclined 20° so that it slides into the tailgate. Based on the design, a prototype of the FFB lifter has been constructed and tested. Test results show that this lifter could perform well with a working capacity of 17.22 tons/hour, 2.3 times greater than the manual capacity, and with low work risk. The basic operational cost is IDR 4,894/ton FFB while manually it is IDR 9,008/ton FFB.

## Abstrak

Proses pengangkatan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit ke truk secara umum masih dilakukan secara manual, dengan beban kerja berat dan berpotensi cedera. Peralatan pengangkat TBS yang sudah ada bertenaga motor bakar dengan biaya yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan menguji alat pengangkat tandan buah segar kelapa sawit ke dalam bak truk dengan memanfaatkan bobot truk. Dalam perancangan, bobot pada roda belakang truk ketika mundur dimanfaatkan untuk menekan sepasang silinder hidrolik yang tekanannya disalurkan ke sebuah silinder hidrolik penggerak mekanisme pengangkatan tipe scissor lift. Tandan buah segar (TBS) yang dimuatkan pada bak yang rendah, dapat diangkat-muatkan ke bak truk dengan mudah dan cepat. Pengangkat ini dirancang dapat mengangkat 400 kg TBS dengan ketinggian angkat 2.4 m. Di posisi puncak, bak TBS miring 20° sehingga dapat meluncur ke bak truk. Satu prototipe alat telah dibuat dan diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini dapat bekerja baik dengan kapasitas kerja 17.22 ton/jam, 2,3 kali lebih besar dari kapasitas manual, dan dengan risiko kerja yang rendah. Biaya pokoknya Rp 4.894/ton TBS sedangkan secara manual sebesar Rp 9.008/ton TBS.

## 1. Pendahuluan

Sektor perkebunan kelapa sawit memiliki peran yang cukup krusial bagi Indonesia. Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 14.68 juta hektar (BPS, 2021). Kelapa sawit masih menjadi salah satu komoditas andalan Indonesia serta penyumbang devisa terbesar yang mencapai 289 triliun rupiah sepanjang tahun 2018. Kelapa sawit merupakan sumber minyak nabati paling produktif untuk menjadi bahan baku biodiesel. Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) (melaporkan rata-rata pertumbuhan produksi biodiesel negara Indonesia pada tahun 2019 mencapai 65.4% di Asia, menjadikan Indonesia sebagai negara dengan pertumbuhan produksi biodiesel tertinggi se-Asia. Selain dari segi komoditas, sektor perkebunan kelapa sawit telah menyediakan lapangan pekerjaan yang besar. Menurut data tahun 2019, 59% perkebunan kelapa sawit dikelola perusahaan dan 41% dimiliki masyarakat. Perkebunan kelapa sawit yang dikelola oleh masyarakat telah menyediakan 2.3 juta lapangan pekerjaan secara nasional (Madani, 2021).

Salah satu proses kerja di sektor perkebunan kelapa sawit adalah pengangkatan tandan buah segar (TBS) di tempat pengumpulan hasil (TPH) ke dalam bak truk untuk dibawa menuju pabrik kelapa sawit (PKS). Proses ini masih dilakukan secara manual dengan menggunakan tojok, yaitu batang logam panjang dengan ujung runcing sebagai media pengungkit sederhana. Pekerjaan ini sangat berat, cepat melelahkan dan berisiko cedera akibat beban kerja yang terlalu besar (NIOSH, 1997). Azzahri *et al.* (2020) melaporkan sebanyak 65.3% pekerja pengangkutan hasil panen kelapa sawit mengalami *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) dari total 75 pekerja di suatu perusahaan. Selain itu, kapasitas kerja manual pada proses ini juga turut memiliki dampak pada penurunan kualitas sawit. Saragih *et al.* (2019) melaporkan pengangkutan TBS ke dalam truk menggunakan gancu dan tandan yang dilempar ke dalam bak truk menghasilkan kapasitas kerja yang relatif rendah, yaitu sebesar 6,78 ton/jam. Sementara itu, TBS harus segera dikirim ke pabrik untuk diolah paling lambat 48 jam setelah panen. TBS yang tidak segera diolah akan menghasilkan minyak dengan kandungan asam lemak bebas (ALB) yang tinggi (Anugrah dan Wachjar, 2018).

Peralatan pengangkatan TBS saat ini sudah sangat berkembang, namun peralatan tersebut masih bertenaga motor bakar, yang membutuhkan biaya investasi, bahan bakar serta pemeliharaan yang tinggi serta perlu operator yang ahli. Satu komponen yang gagal dalam *engine* dapat menyebabkan efek domino yang merusak komponen-komponen lainnya (Russo, 2022). Solusi yang ditawarkan adalah karya inovatif berupa alat pengangkat TBS kelapa sawit ke truk tanpa motor, tetapi memanfaatkan energi potensial dari bobot truk, disebut *Truk-Weight-Based FFB Lifter*.

Pengangkat TBS ini merupakan karya inovatif sebagai alternatif alat pengangkat TBS kelapa sawit ke truk yang diharapkan lebih cepat, aman, dan murah. *FFB (Fresh Fruit Bunch) Lifter* ini bekerja dengan memanfaatkan energi potensial dari bobot truk yang terfokus pada ban belakangnya yang ditangkap dan disalurkan melalui sistem hidrolik dan mekanisme *scissor lift* untuk mengangkat TBS ke truk. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan menguji alat pengangkat tandan buah segar kelapa sawit ke dalam

bak truk dengan memanfaatkan bobot truk. Luaran yang diharapkan dari *FFB Lifter* ini adalah terciptanya alat pengangkat TBS ke dalam truk yang efisien, mudah digunakan, serta murah biayanya sehingga dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas kerja. Dengan begitu TBS yang diangkut memiliki mutu yang lebih baik (faktor waktu) tanpa memberi cedera tambahan pada pekerja (faktor kualitas kerja).

**2. Metode Penelitian**

**2.1. Waktu dan Tempat**

Penelitian dimulai pada bulan Juni 2022 hingga September 2022. Kegiatan perancangan, pembuatan dan uji fungsional alat dilakukan di Lab. Bengkel Metanium, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Uji kinerja lapangan dilakukan di Kebun Kelapa Sawit Cikabayan, dengan tetap memperhatikan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan protokol kesehatan Covid-19.

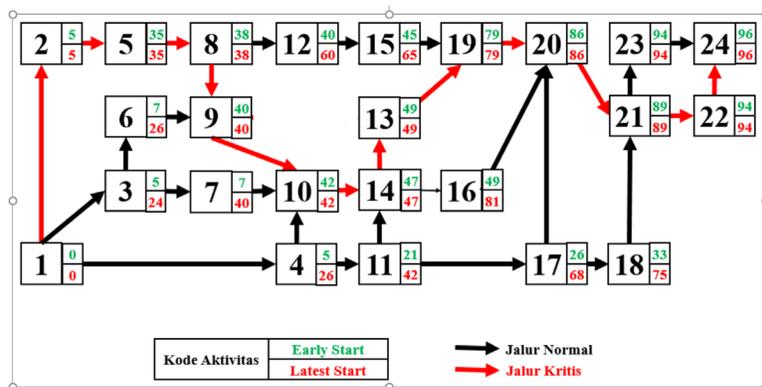
**2.2. Alat dan Bahan**

Bahan konstruksi untuk rangka terdiri dari baja siku, baja hollow, baja UNP, plat strip, baja siku, dan baja as. Komponen lainnya adalah silinder hidrolis dan hose serta katup hidrolis. Bahan komponen kecil yang digunakan yaitu bearing, kawat, ring, dan elektroda. Pembuatan prototipe menggunakan peralatan perbengkelan lengkap sesuai kebutuhan. Perangkat lunak yang digunakan adalah SolidWorks, POM-QM, APECS, Microsoft Office dan Google Workspace.

Bahan pengujian adalah tandan buah sawit yang diperoleh dari kebun sawit Cikabayan, kampus IPB Darmaga. Alat ukur pengujian adalah meteran, timbangan gantung digital, bubble level meter, dan stop watch.

**2.3 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian meliputi: identifikasi masalah dan studi pustaka, survey pengembangan konsep desain, analisis perancangan, pembuatan gambar teknik, produksi, dan pengujian alat sebelum dipasarkan. Tahapan penelitian dilakukan dengan pendekatan *Critical Path Method* (CPM) dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Tabel 1**.



**Gambar 1.** Tahapan penelitian dengan pendekatan CPM

**Tabel 1.** Daftar aktivitas tahapan penelitian dengan CPM

Kode	<i>Single Time Estimate</i> (hari)	Aktivitas / Kegiatan	<i>ES</i> (hari)	<i>LS</i> (hari)	<i>Slack</i> (hari)
1	5	Perumusan masalah dan studi pustaka	0	0	0
2	30	Perancangan dan desain produk	5	5	0
3	2	Konsultasi teknisI bengkel	5	24	19
4	16	Pencairan dana	5	26	21
5	3	<i>Finite Element Analysis</i> (FEA)	35	35	0
6	14	Survei lokasi pengadaan barang	7	26	19
7	2	Perizinan fasilitas perbengkelan	7	40	33
8	2	Pembuatan gambar teknik	38	38	0
9	2	Pembuatan <i>Bill of Material</i> (BOM)	40	40	0
10	5	Pengadaan alat dan bahan	42	42	0
11	5	Pengadaan peralatan K3	21	42	21
12	5	Perancangan dan desain sistem hidrolik	40	60	20
13	30	Proses produksi dan manufaktur produk	49	49	0
14	2	Pengecekan kualitas bahan	47	47	0
15	14	Proses pengadaan aktuator-hidrolik	45	65	20
16	5	Re-evaluasi kekuatan bahan	49	81	32
17	7	Perizinan Truk TBS & Logistik	26	68	42
18	14	Pengurusan Perizinan Lapangan Uji	33	75	42
19	7	Proses perakitan / assembly	79	79	0
20	3	Uji fungsional produk	86	86	0
21	5	Uji lapang produk	89	89	0
22	2	Analisis REBA	94	94	0
23	2	Analisis ekonomi teknik	94	94	0
24	3	Pembuatan laporan produk	96	96	0

Keterangan: *ES* adalah *earliest activity start time*, *LS* adalah *latest activity start time*

2.3. Target Teknis Perancangan

Proses pengangkatan TBS ke bak truk direncanakan dengan memanfaatkan energi potensial dari bobot truk. Ketinggian angkat TBS yang direncanakan adalah sebesar 2,4 m sesuai dengan ketinggian bak truk. Sistem pengangkat dirancang sebagai *scissor lift* dua tingkat. Lengan *scissor lift* pada tingkat kedua

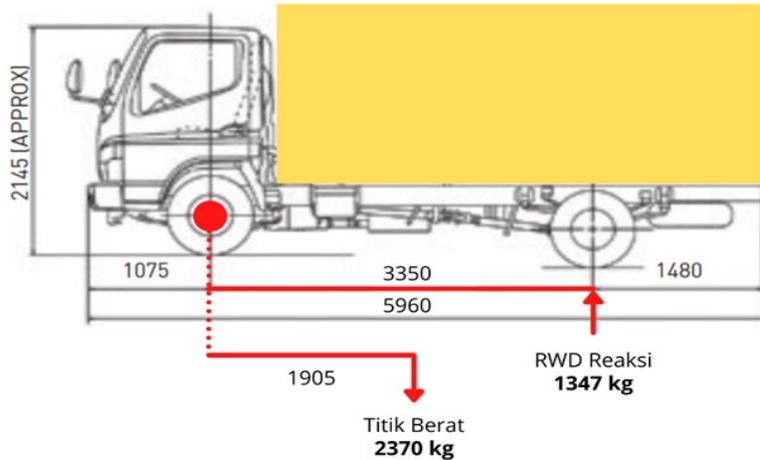
dilakukan modifikasi khusus agar platform atas (pengangkat TBS) dapat miring. Sudut curah TBS adalah sebesar 20°, dengan begitu platform atas penampung TBS harus melebihi 20°.

2.4. Perhitungan Dinamika dan Batas Angkat

Gaya yang dihasilkan pada roda belakang truk dapat dicari melalui persamaan kesetimbangan momen pada roda depan truk (**Gambar 2**). Bobot truk tanpa bak (sasis dan kabin) adalah sebesar 2370 kg (23250 N) ( $F_G$ ). Titik berat diasumsikan berada tepat di tengah truk yang berjarak 1905 mm dari roda depan truk ( $R_{FR}$ ). Hal ini dapat diformulasikan sebagai:

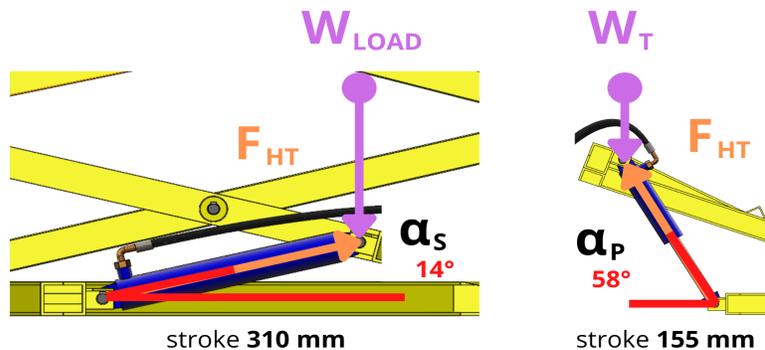
$$\Sigma M_F = 0 = (F_R R_{FR}) - (F_G R_{FG}) \tag{1}$$

$$F_R = F_G R_{FG} (R_{FR})^{-1} = 2370 \times 1905 (3350)^{-1} = 1347 \text{ kg} \\ = 13214 \text{ N}$$



**Gambar 2.** Free body diagram pada truk

Semakin banyak muatan di bak truk, gaya yang diberikan pada roda belakang ( $W$ ) akan semakin meningkat. Selanjutnya dilakukan analisis pada sistem hidrolik yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Free body diagram sistem hidrolik: (kiri) pada scissor lift, dan (kanan) pada pijakan truk

Gaya yang berlaku pada hidrolik oleh pembebanan vertikal ( $F_H$ ) dapat dihitung dengan menggunakan data gaya bobot pada roda belakang ( $W$ ) dan sudut kemiringan silinder hidrolik ( $\alpha$ ) menggunakan formulasi:

$$F_H = W (\sin \alpha)^{-1} \quad (2)$$

Fungsi dari hidrolik pada sistem adalah sebagai media penyalur tekanan. Melipat gandakan tekanan tidak signifikan berpengaruh pada sistem karena hukum kekekalan energi yang berlaku, sehingga *bore* (diameter dalam) dari seluruh silinder hidrolik tidak dibedakan. Dengan begitu gaya yang diberikan pada silinder hidrolik di pijakan truk sama dengan gaya yang dihasilkan oleh silinder hidrolik di *scissor lift*. Dengan memperhatikan diagram gaya pada silinder hidrolik di Gambar 3 (kanan), dengan sudut kemiringan silinder hidrolik pengangkat sebesar  $\alpha_p$ , maka besarnya beban pada bak TBS yang dapat diangkat adalah sebesar:

$$W_{LOAD} = W_T \sin \alpha_s (\sin \alpha_p)^{-1} \quad (3)$$

$$W_{LOAD} = 1347 \sin 14 (\sin 59)^{-1} = 380 \text{ kg} = 3728 \text{ N}$$

Pada kondisi bak truk yang kosong, batas angkat TBS yaitu sebesar 280 kg dengan asumsi berat sistem yang ikut diangkat adalah sebesar 100 kg. Di sisi lain, rencana batas angkat TBS adalah sebesar 400 kg, sehingga:

$$W_T = W_{LOAD} \sin \alpha_p (\sin \alpha_s)^{-1} \quad (4)$$

$$W_T = 500 \sin 59 (\sin 14)^{-1} = 1772 \text{ kg} = 17383 \text{ N}$$

Batas angkat TBS dapat mencapai 400 kg dengan asumsi berat sistem yang ikut diangkat adalah sebesar 100 kg jika bobot pada belakang truk telah mencapai 1772 kg (17383 N). Melalui persamaan (1), bobot pada belakang truk dapat mencapai 17383 N ketika bobot keseluruhan truk adalah sebesar 30558 N, yaitu sebesar 3.1 ton. Hal tersebut belum termasuk perpindahan titik berat truk akibat terjadinya pemuatan TBS di bak truk.

## 2.5. Pemilihan Material Rangka

Baja profil kanal U (UNP) digunakan sebagai rangka utama untuk menerima gaya yang relatif besar pada sistem. Baja profil siku digunakan sebagai pijakan roda truk untuk menciptakan permukaan anti-slip serta menerima gaya dari roda belakang truk. Baja HSS ukuran 60 x 40 x 2 mm dipilih sebagai lengan *scissor lift* karena jauh lebih ringan dari UNP tetapi tetap dapat menahan beban yang relatif besar. Sementara baja HSS ukuran 40 x 40 x 2 mm dipilih sebagai rangka bak TBS sekaligus rangka penyeimbang *scissor lift*. Baja as dipilih sebagai pin dengan bantuan baja pipa sebagai *bosh* pin. Properti material baja pada perancangan dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Properti material baja pada perancangan

Bagian/komponen	Material	Dimensi (mm)	Batas Ulur (MPa)	Standar
Rangka landasan	UNP	65 x 40 x 5.5	205 - 245	SNI 07-2054-2006
Rangka scissor lift	HSS	60 x 40 x 2	205 - 245	-
Penguat rangka	HSS	40 x 40 x 2	205 - 245	-
Pijakan roda truk	Siku	40 x 40 x 4	205 - 245	SNI 07-0052-2006
Pin	As	19	235	SNI 7614-2010
Penguat engsel	CHS	20 x 2	205	-

2.6. Rancangan Fungsional dan Struktural

Rancangan fungsional, serta pemilihan bahan strukturnya hasil analisis kekuatan bahan, disajikan pada **Tabel 3.**

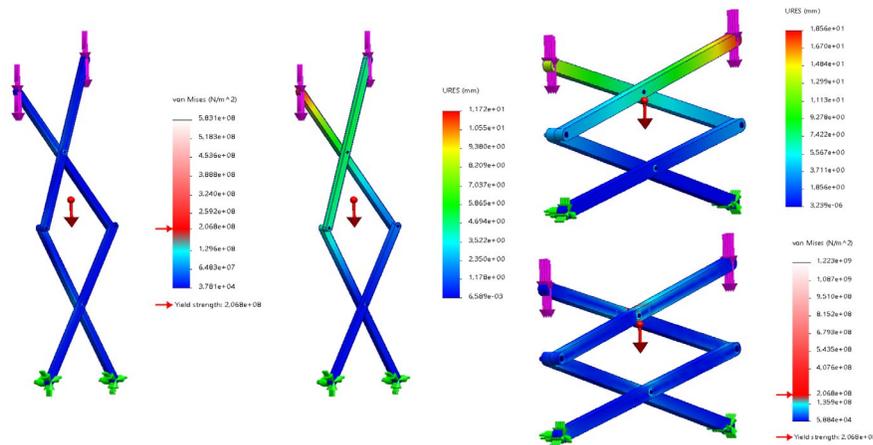
**Tabel 3.** Rancangan fungsional dan struktural alat

No	Komponen	Rancangan Fungsional	Rancangan Struktural
1	Scissor Lift	Sebagai mekanisme pengangkat serta menciptakan kemiringan pada bak TBS	Pada bagian atas lengan scissor lift memiliki derajat kemiringan 20°. Rangka bawah dan lengan scissor lift menggunakan besi hollow 60 x 40 x 2 mm, besi UNP 65 X 40 X 5,5 mm, plat besi tebal 8 mm, pin as diameter 20 mm, ring 20 mm, klem pipa 7/8 inch, dan pen baja 4 mm
2	Pijakan roda truk	Sebagai mekanisme penyerapan energi dari bobot truk melalui injakan roda belakangnya pada pijakan	Memiliki derajat kemiringan awal sebesar 20°, lebar total sebesar 2 meter sesuai sasis truk, dimensi total sebesar 2 x 1,3 m. Pijakan truk menggunakan besi siku 40 x 40 x 4 mm, besi pipa diameter 20 mm tebal 2 mm, besi UNP 65 x 40 x 5,5 mm, as diameter 20 mm, dan plat besi tebal 8 mm.
3	Bak TBS	Sebagai wadah penampungan TBS dan brondolan	Bak TBS memiliki dimensi 1,7 x 1,28 x 0,34 m dan menggunakan besi hollow ukuran 60 x 40 x 2 mm dan 40 x 40 x 2 mm

No	Komponen	Rancangan Fungsional	Rancangan Struktural
4	Sistem Hidrolik	Sebagai mekanisme penyalur energi dari pijakan truk ke <i>scissor lift</i> melalui media fluida cair (oli)	Pada bagian <i>scissor lift</i> memiliki panjang akhir 0,775 m dan kapasitas oli 0,608 L sedangkan pada bagian pijakan truk memiliki panjang akhir 0,505 m dan kapasitas oli 0,304 L. Sistem hidrolik menggunakan selang dengan panjang total 2,8 m dan sambungan selang T sebagai penghubung antara hidrolik pijakan truk dengan <i>scissor lift</i> .

2.7. Analisis Elemen Hingga

Hasil perhitungan kekuatan bahan, model rangka dari *scissor lift* dianalisis menggunakan aplikasi SolidWorks Simulation. Perlakuan yang diberikan pada model adalah gaya vertikal total pada ujung atas lengan *scissor lift* sebesar 3000 N dan akselerasi gravitasi bumi sebesar 9.81 m/s<sup>2</sup>. Konfigurasi yang diberikan pada model adalah *fixed hinge* pada ujung bawah lengan *scissor lift*, pin *connector* pada setiap pin dan *bosh*, serta *free contact interaction*. Hasil simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil FEA pada kerangka lengan *scissor lift*.

Kondisi *scissor lift* dalam keadaan turun memiliki *stress* dan *displacement* yang lebih besar dibanding dalam keadaan naik. Dengan begitu kondisi *scissor lift* dalam keadaan turun dijadikan acuan untuk penentuan hasil simulasi. Model pada hasil simulasi *stress* tidak menunjukkan warna merah yang menandakan *stress* pada model tidak melalui batas mulurnya, yaitu sebesar 206 MPa. Adapun *displacement* terbesar yang terjadi adalah sebesar 18 mm di bagian ujung *scissor lift* paling atas. Namun, *displacement* yang terjadi masih termasuk ke dalam zona elastis. Simulasi dilakukan pada satu bagian *scissor lift* dengan perlakuan gaya vertikal sebesar 3000 N. Pada produk digunakan dua bagian *scissor lift*, sehingga gaya vertikal yang dapat diberikan adalah sebesar 6000 N.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1. Finalisasi Perakitan**

Gambaran desain teknologi karya inovatif dibuat menggunakan aplikasi *SolidWorks*. Gambar model dan foto produk Truck-Weight-Based FFB Lifter ini dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** *Truck-Weight-Based FFB Lifter*: (a) model, (b) aktual.

*Scissor lift* dirancang dengan ketinggian awal tidak lebih dari 86 cm (ketinggian ergonomis pengangkatan TBS). Ketinggian akhir yang dicapai sebesar 240 cm (Kurniawan, 2021). Kemiringan bak alat pada ketinggian akhir dirancang sebesar 20° untuk mencapai sudut jatuh TBS (Al Fauri, 2017). Lebar pijakan truk dirancang sesuai lebar roda belakang truk, 200 cm. Kemiringan pijakan terbesar dirancang sesuai daya tanjak truk, 20° (Fuso, 2020). Pijakan truk kemudian mencapai kemiringan 0° saat dipijak.

**3.2. Komponen Scissor Lift**

Kondisi *scissor lift* (**Gambar 6**) saat naik mencapai ketinggian 2.42 m, sementara kondisi saat turun yaitu sebesar 0.85 m dari permukaan tanah. Mekanisme hidrolik berhasil mengangkat *scissor lift* hingga lengan di tingkat pertama dan sumbu horizontal membentuk sudut sebesar 60°. Defleksi yang terjadi pada lengan oleh beban kejut saat pemuatan TBS ke bak masih dalam zona elastis, yaitu defleksi yang masih dapat kembali ke posisi semula (tidak permanen).



**Gambar 6.** Komponen bagian scissor lift: (a) bak TBS terangkat, (b) silinder hidrolik

### 3.3. Komponen Pijakan Truk

Truk 2 *axle* berhasil menginjak pijakan truk untuk menyerap energi dari bobot truk (**Gambar 7**). Kemiringan pijakan sebesar  $20^\circ$  berhasil ditanjak oleh truk dengan bantuan traksi dari desain baja siku sama sisi. Lebar dan ketinggian dari pijakan truk berhasil menyesuaikan *rear tread* dan *ground clearance* dari truk. Bagian ekor sasis yang umumnya dipasang roda serep tidak menghalangi proses menginjakan karena terdapatnya ruang kosong pada bagian tengah pijakan truk. Jenis truk yang ideal dalam menggunakan pijakan ini yaitu colt diesel engkel (roda 2x2), colt diesel double (roda 4x2), dan fuso (4x2).



**Gambar 7.** Komponen bagian pijakan truk.

### 3.4. Komponen Bak TBS

Ruang bak dapat dimuat oleh 400 kg TBS untuk memenuhi kapasitas angkat maksimalnya. Kemiringan bak telah melebihi sudut curah TBS saat berada di ketinggian 2.42 m. Hal ini bertujuan agar TBS dan brondolan dapat jatuh meluncur dari bak dengan sendirinya dibantu oleh gravitasi. Desain pada bak tidak memiliki celah sehingga *losses* brondolan saat proses pengangkatan dapat diminimalisir (**Gambar 8**).

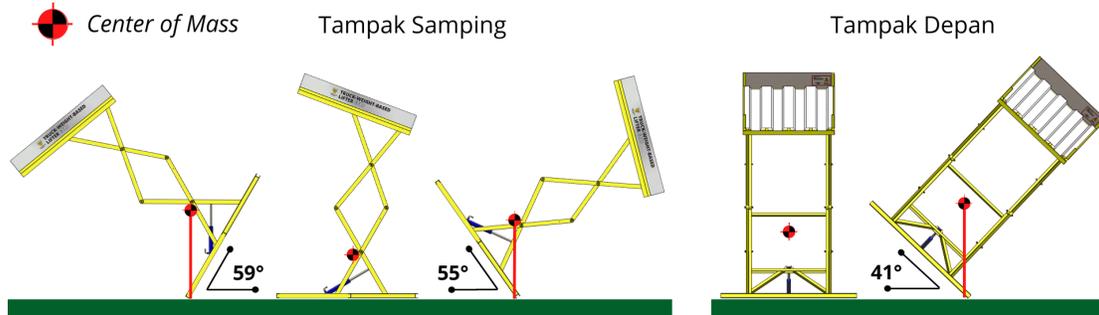


**Gambar 8.** Komponen bagian bak TBS

### 3.5. Sudut Guling Produk

Sudut guling merupakan kemiringan maksimum FFB Lifter untuk dapat kembali ke posisi semula guna menemukan kesetimbangannya. Sementara itu, FFB Lifter dapat terguling (*roll over*) jika kemiringannya telah melebihi sudut gulingnya. Analisa sudut guling pada FFB Lifter dilakukan untuk

mengevaluasi kestabilan serta mengantisipasi potensi kecelakaan karena dorongan angin saat *scissor lift* dalam keadaan naik. Hasil analisis sudut guling diperlihatkan pada **Gambar 9**.



**Gambar 9.** Analisis sudut guling produk

### 3.6. Kapasitas Kerja

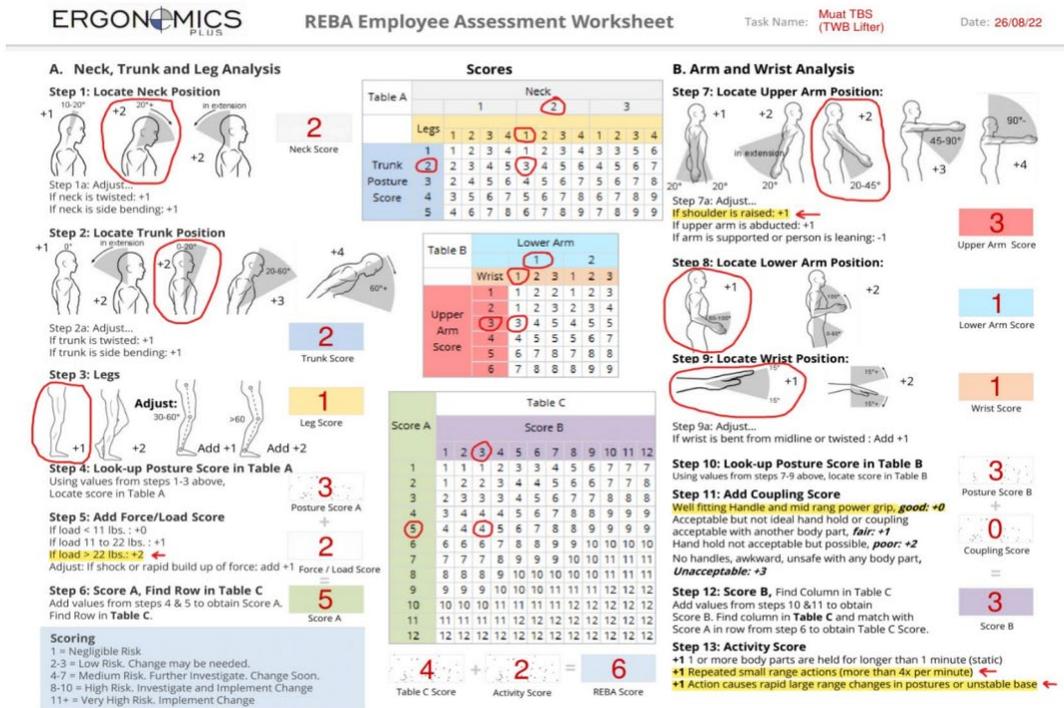
Pengujian kapasitas kerja aktual dari *Truck-Weight-Based FFB Lifter* menggunakan TBS seberat 373 kg, membutuhkan waktu pemuatan rata-rata 1.3 menit, sehingga diperoleh kapasitas rata-rata sebesar 286.92 kg/menit atau 17.22 ton/jam. Hal ini lebih tinggi dibandingkan kapasitas kerja secara konvensional, yaitu sebesar 6.78 ton/jam (Saragih et al., 2019).

### 3.7. Hasil Analisis REBA (*Rapid Entire Body Assessment*)

Analisis ergonomika pada operator yang memuat TBS ke bak TBS dilakukan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) yang diciptakan oleh Hignett dan McAtamney (2000). Kegiatan muat TBS ke bak alat *Truck-Weight-Based Lifter* memiliki skor REBA 6, yaitu risiko kerja kategori menengah. Hendra (2009) melaporkan kegiatan muat TBS ke bak truk secara konvensional memiliki skor REBA 10, yaitu risiko kerja kategori tinggi. Hal ini disebabkan oleh ketinggian muat ke bak alat *Truck-Weight-Based FFB Lifter* yang jauh lebih rendah dibanding dengan truk. *Range Of Motion* (ROM) pengangkatan TBS ke bak alat diukur menggunakan aplikasi APECS dan dapat dilihat pada **Gambar 10**. Hasil analisis dan *worksheet* REBA dapat dilihat pada **Gambar 11**.



**Gambar 10.** ROM pengangkatan TBS ke bak TBS



Gambar 11. Lembar kerja hasil analisis REBA pada produk

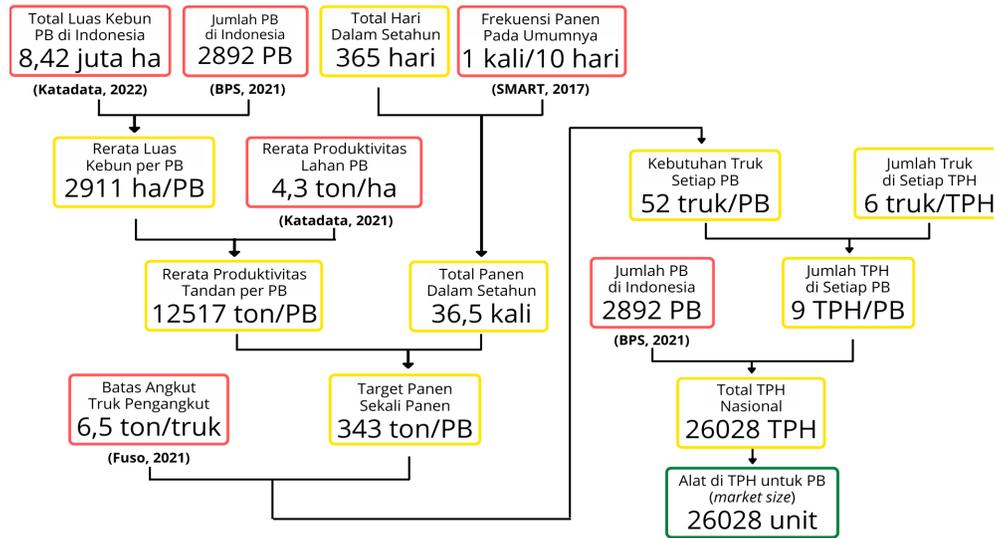
3.8. Biaya Pokok

Biaya pokok adalah biaya yang diperlukan untuk mengangkat 1 ton TBS. Biaya pokok ditentukan berdasarkan biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap adalah pengeluaran yang tidak terjadi setiap harinya dan bersifat statis atau tidak berubah ubah, sedangkan biaya variabel adalah pengeluaran yang bisa terjadi setiap harinya dan bersifat dinamis atau berubah ubah. Biaya tetap dihitung dari depresiasi nilai dua bagian utama alat, yaitu bagian rangka (umur pakai 5 tahun) dan bagian silinder hidrolik (umur pakai 10 tahun). Biaya variabel berupa biaya operator truk dan operator pengangkut.

Dari hasil perhitungan didapatkan biaya pokok untuk *FFB Lifter* sebesar Rp 4.894/ton TBS yang lebih murah dari biaya secara manual sebesar Rp 9.008/ton TBS. Hal ini memiliki potensi penghematan biaya pengangkutan TBS ke truk yang cukup signifikan.

3.9. Potensi Pasar

*FFB Lifter* berpotensi terjual sebanyak 26 ribu unit berdasarkan metode *market sizing*. *Market sizing* mengacu pada BPS (2021), Fuso (2020), Katadata (2021; 2022), SMART (2017). Hasil perhitungan *market sizing* dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Diagram perhitungan *market sizing* produk FFB Lifter

**4. Kesimpulan**

Perancangan, pembuatan dan pengujian *Truck-Weight-Based FFB Lifter* telah selesai dilakukan. Kapasitas angkat TBS mencapai 400 kg dengan kapasitas kerja yang dihasilkan sebesar 17.22 ton/jam, meningkat 2.3 kali lipat dibandingkan dengan manual, dan dengan biaya yang lebih murah. Skor REBA yang lebih optimal dibanding metode konvensional, yaitu sebesar 6. Tingkat kesiapterapan teknologi *Truck-Weight-Based Lifter* berada pada level 8, artinya *Truck-Weight-Based Lifter* siap diterapkan pada lingkungan sebenarnya. Potensi pasar (*market sizing*) FFB Lifter dapat terjual sebanyak 26 ribu unit dan telah terdaftar paten sederhana.

**Ucapan Terima kasih**

Ucapan terima kasih ditujukan kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi pada pembuatan alat *Truck-Weight-Based FFB Lifter* ini terutama kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan kesempatan dan membiayai penelitian ini.

**5. Daftar Pustaka**

Al Fauri, M.N.A. 2017. Analisis desain dan evaluasi transporter roda enam. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Anugrah, P.T. dan Wachjar, A. 2018. Pengelolaan pemanenan dan transportasi kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Bangun Bandar Estate, Sumatera Utara. *Bul. Agrohorti*. 6 (2):213-220.

Azzahri, L.M., Hastuty, M., Yusma, R.H. 2020. Hubungan usia kelapa sawit dan kontur tanah dengan kejadian *Musculoskeletal Disorders (MSDs)* pada pemanen kelapa sawit di PT. Johan Sentosa. *PREPOTIF Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4 (1):70-77.

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2021. Jumlah Perusahaan Perkebunan Besar Menurut Jenis Tanamannya (Unit). URL: <https://www.bps.go.id/>. Diakses tanggal 15 Agustus 2022.
- Fuso, M. 2020. Spesifikasi Dump Truck Diesel Terbaik FE SHDX K. URL: <https://ktbfuso.co.id/>. Diakses tanggal 9 Januari 2022.
- Hendra, R.S. 2009. Risiko ergonomi dan keluhan musculoskeletal disorders (MSDs) pada pekerja panen kelapa sawit. Prosiding Seminar Nasional Ergonomi IX. September 2009, Semarang. pp. D11-1– D11-8.
- Hignett, S., McAtamney, L. 2000. Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*. 31 (2):201-205.
- International Code Council (ICC). 2018. International Residential Code. ICC.
- Katadata. 2019. Kelapa Sawit Sebagai Penopang Perekonomian Nasional. URL: <https://katadata.co.id/>. Diakses tanggal 27 Januari 2022.
- Katadata. 2021. Produktivitas Perkebunan Sawit Rakyat Berpotensi Ditingkatkan. URL: <https://databoks.katadata.co.id/>. Diakses tanggal 15 Agustus 2022.
- Katadata. 2022. Luas Perkebunan Minyak Kelapa Sawit Nasional Capai 15,08 Juta Ha pada 2021. URL: <https://databoks.katadata.co.id/>. Diakses tanggal 15 Agustus 2022.
- Kurniawan, M. 2021. Desain dan simulasi mesin pengangkat tandan buah segar (TBS) kelapa sawit ke truk. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Madani. 2021. Nila ketimpangan ekonomi di sektor perkebunan sawit. URL: <https://madaniberkelanjutan.id/2021/01/25/nilai-ketimpangan-ekonomi-di-sektor-perkebunan-sawit>. Diakses tanggal 15 Agustus 2022.
- NIOSH. 1997. Musculoskeletal Disorders and Workplace Factor: A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work Related Musculoskeletal Disorders. Columbia (CO): NIOSH Publications Disseminations.
- Russo, D. 2022. *How much does it cost to replace an engine?*. URL: <https://www.consumeraffairs.com/automotive/how-much-does-it-cost-to-replace-an-engine.html>. Diakses tanggal 15 Juli 2022.
- Saragih, D.A., Sanandra, D., Simbolon, W. 2019. Analisa pengangkut tandan buah segar dengan teknik SPC (Statistical Process Control). *AGRO ESTATE Jurnal Budidaya Perkebunan Kelapa Sawit dan Karet*. 3 (2):103-109.
- Sinar Mas Agro Resources and Technology (SMART). 2017. Saat musim panen tiba, waktu adalah segalanya. URL: <https://www.smart-tbk.com/>. Diakses tanggal 15 Agustus 2022