

# PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MODIFIKASI MESIN BAJAK TANAH SAWAH DARI PENGGERAK RODA EMPAT MENJADI RODA CRAWLER

**Reyhan Maulana Ubaidillah: Joko Sedyono**

**Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah  
Surakarta**

## **Abstrak**

Kondisi lahan sawah di Indonesia yang umumnya berlumpur dan memiliki daya dukung tanah rendah sering menyebabkan traktor roda empat mengalami slip dan kesulitan beroperasi secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat modifikasi mesin bajak tanah sawah dari sistem penggerak roda empat menjadi sistem penggerak roda crawler guna meningkatkan kemampuan traksi dan mobilitas alat pada lahan sawah berlumpur. Metode penelitian dilakukan melalui tahapan perancangan, pembuatan, perakitan, serta pengujian langsung di lahan sawah. Sistem crawler yang digunakan terdiri dari rubber track, sprocket, idler, roller lintasan, perangkat pengencang, dan rangka undercarriage yang dirancang sesuai kebutuhan traktor. Analisis dilakukan terhadap kemampuan traksi, efisiensi transmisi, efisiensi total, konsumsi bahan bakar, serta performa operasional alat setelah dimodifikasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penggunaan sistem crawler meningkatkan efisiensi traksi pada lahan basah dari 77,8% menjadi 87,5%, serta meningkatkan efisiensi total dari 32,4% menjadi 62,7%. Selain itu, konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) menurun dari 727 g/kWh menjadi 363 g/kWh. Hasil pengujian lapangan menunjukkan bahwa traktor modifikasi mampu bergerak lebih stabil, mengurangi slip, meningkatkan daya jelajah, serta mendistribusikan beban secara lebih merata sehingga tidak mudah terperosok pada lahan berlumpur. Dengan demikian, modifikasi sistem penggerak roda empat menjadi roda crawler terbukti mampu meningkatkan performa dan efektivitas kerja mesin bajak tanah sawah pada kondisi lahan basah.

**Kata kunci:** traktor pertanian, roda crawler, rubber track, traksi, lahan sawah, modifikasi traktor.

## **Abstract**

The muddy and low-bearing-capacity characteristics of paddy fields in Indonesia often cause four-wheel tractors to experience excessive wheel slip and reduced operational performance. This study aims to design and develop a modification of a paddy field plowing tractor from a four-wheel drive system into a crawler drive system in order to improve traction performance and mobility on muddy agricultural land. The research method consisted of design, fabrication, assembly, and field testing stages. The crawler system was composed of rubber tracks, sprockets, idlers, track rollers, tensioning devices, and an undercarriage frame specifically designed for the tractor. The analysis focused on traction capability, transmission efficiency, overall efficiency, fuel consumption, and operational performance after modification. The calculation results indicate that the crawler system increased traction efficiency on wet soil from 77.8% to 87.5% and improved overall efficiency from 32.4% to 62.7%. In addition, the specific fuel consumption (SFC) decreased from 727 g/kWh to 363 g/kWh. Field test results demonstrated that the modified tractor operated more stably, reduced wheel slip, improved mobility, and distributed load more evenly across the soil surface, thereby

preventing the tractor from sinking into muddy terrain. Therefore, the modification from a four-wheel drive system to a crawler drive system proved effective in enhancing the performance and operational efficiency of paddy field plowing tractors under wet-field conditions.

**Keywords:** agricultural tractor, crawler track, rubber track, traction, paddy field, tractor modification.

## 1. PENDAHULUAN

Traktor roda empat merupakan suatu kendaraan yang diciptakan oleh manusia yang sangat bermanfaat untuk membantu meringankan tugas manusia terutama pada kegiatan pertanian. Tugas pokok traktor bila dirangkaikan dengan suatu peralatan tambahan berupa bajak dapat berperan sebagai alat untuk pengolahan tanah, pemotongan rumput, dan pembajakan tanah. Fungsi traktor di sini sebagai tenaga penggerak peralatan pertanian lainnya melalui Power Take Off (PTO) yang disalurkan ke mesin-mesin yang akan digerakkan. Bahwa salah satu alat di bidang pertanian yang paling banyak digunakan oleh manusia adalah traktor, salah satunya seperti traktor roda empat Iseki AT 5470 (Hardjoentono dan Mulyono, 1987).

Traktor rotavator adalah mesin pertanian yang digunakan untuk melakukan operasi pengolahan tanah primer dan sekunder di lahan pertanian. Alat ini digunakan untuk mengaduk tanah dan menghasilkan persemaian yang baik untuk tanaman. Dalam prosesnya, alat ini meningkatkan porositas dan aerasi tanah yang meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan tanaman. Salah satu keuntungan tambahan dari penggunaan rotavator adalah alat ini memberikan dorongan maju dengan mengurangi kebutuhan traksi traktor (Vignesh dkk, 2015).

Penggunaan rotavator adalah cara paling efisien untuk menyalurkan daya mesin langsung ke tanah bila dibandingkan dengan operasi pengolahan tanah konvensional (Tupkari dkk, 2014). Biasanya daya dari mesin diberikan ke rotavator melalui poros PTO traktor. Gerakan putar kemudian ditransfer ke rotor melalui kotak roda gigi dan sistem transmisi. Flensa dipasang di rotor tempat bilah pemotong dipasang. Dibandingkan dengan tipe bajak, tipe putar mengonsumsi daya 25% lebih sedikit (C.Manivelprabhu dkk, 2015).

Kebijakan pemerintah dalam mengantisipasi peningkatan alih fungsi lahan subur untuk berbagai keperluan non pertanian maupun permintaan akan hasil pertanian adalah dengan mengembangkan pertanian pada lahan marginal seperti lahan pasang surut (Mulyana, 1992).

Masalah utama dalam pengembangan pertanian di lahan pasang surut adalah terbatasnya modal dan tenaga kerja. Alternatif pemecahan masalah tersebut adalah mengembangkan alat dan mesin pertanian (alsintan) pra dan pasca panen tepat guna (Ananto, 2001).

Selain untuk meningkatkan luas garapan dan intensitas tanam, alsintan berperan juga untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi usaha tani, menekan kehilangan hasil dan meningkatkan mutu dan nilai tambah produk pertanian serta memperluas kesempatan kerja di pedesaan melalui terciptanya agribisnis terpadu yang pada akhirnya akan memacu kegiatan ekonomi di pedesaan (Manwan dan Ananto, 1994).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan alat pengolahan tanah (traktor) dapat merubah sistem kerja tanam, menyeragamkan waktu tanam dan dapat menekan waktu kerja (peningkatan efisiensi) juga membuka lahan yang lebih luas. Peningkatan efisiensi pada penggunaan traktor tangan di lahan pasang surut cukup tinggi sekitar 76-80 % (Umar dan Noor, 2007).

Tanah sawah adalah tanah yang digunakan untuk bertanam padi sawah, baik terus-menerus sepanjang tahun maupun bergiliran dengan tanaman palawija (Hardjowigeno, 2004).

Indonesia merupakan negeri agraris yang sebagian besar perekonomiannya bergantung pada sektor pertanian. Di negara ini, mayoritas penduduk bekerja di bidang pertanian dan hasil pertanian menjadi komponen penting dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk kebutuhan domestik maupun ekspor. Kondisi alam Indonesia, terutama tanah yang subur dan iklim tropis sangat mendukung pertumbuhan berbagai jenis tanaman pertanian. Meskipun Indonesia adalah negeri agraris, penting untuk dicatat bahwa tantangan seperti perubahan iklim, infrastruktur yang belum memadai, dan kurangnya penerapan teknologi modern dalam pertanian juga perlu diatasi untuk memaksimalkan potensi di bidang pertanian.

Perkembangan teknologi modern ditandai dengan alat-alat pertanian yang sudah berkembang, seperti penggunaan mesin traktor roda empat. Akan tetapi kondisi kontur tanah persawahan di Indonesia berbeda-beda. Contohnya kondisi lahan sawah di daerah Jawa Tengah yang memiliki kontur tanah gambut yang lembek dan lengket sehingga penggunaan traktor roda empat kurang efektif. Hal ini ditandai pada saat mesin traktor roda empat tidak mampu berjalan maksimal ketika bekerja, karena sering terjadi slip di lahan sawah. Dari permasalahan tersebut, maka dibutuhkan modifikasi mesin traktor dengan penggerak roda empat menjadi mesin traktor dengan penggerak roda crawler.

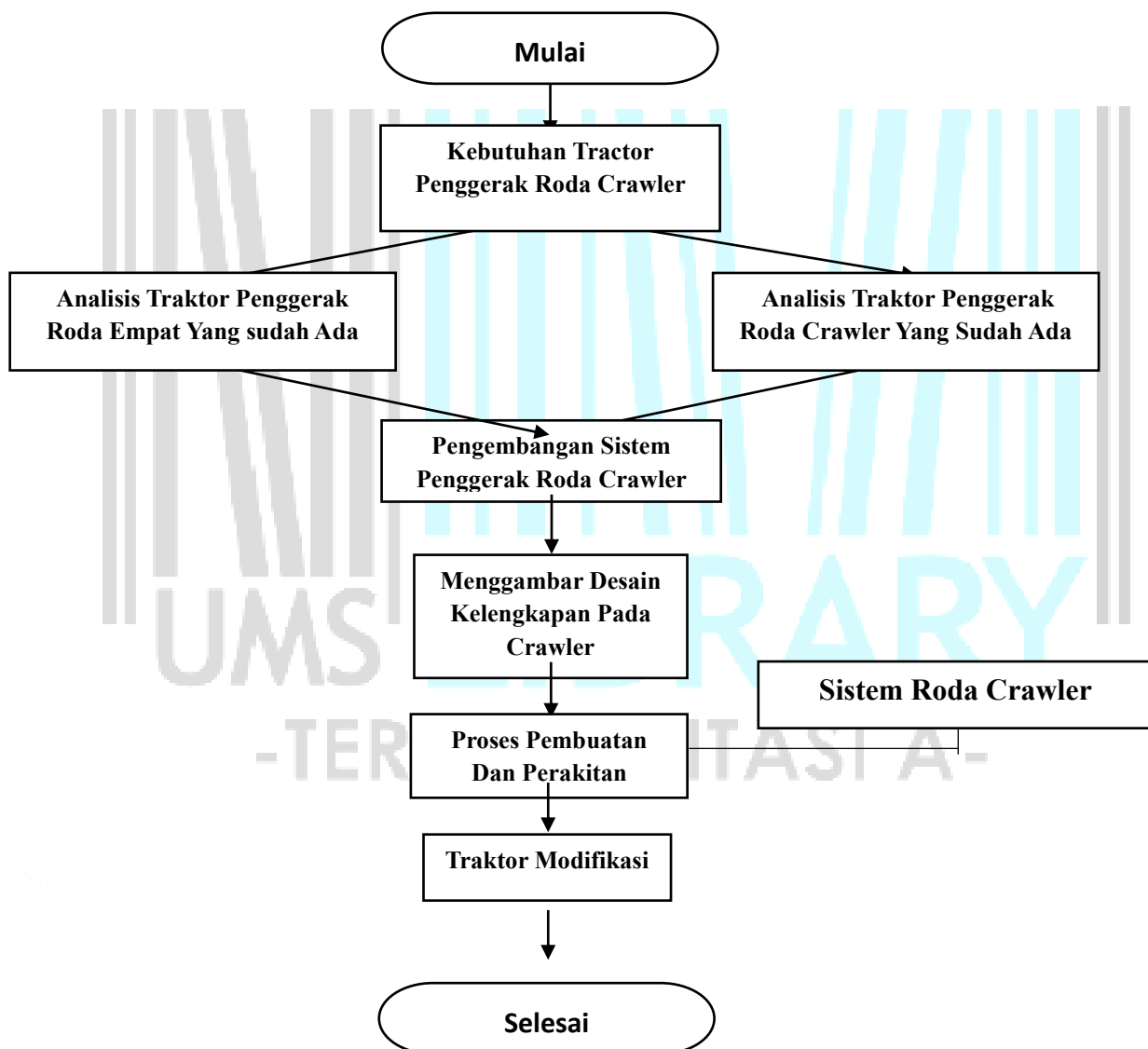
Dengan roda crawler (semacam sabuk karet), traktor rotavator diharapkan mampu bergerak dengan baik di lahan sawah yang berlumpur, yang seringkali menjadi kendala bagi traktor roda empat. Selain itu, crawler traktor juga dikenal lebih stabil dan tidak merusak struktur tanah dibandingkan traktor roda biasa. Meskipun mungkin memiliki kecepatan yang lebih rendah dibandingkan traktor roda, crawler traktor mampu bekerja secara efektif dan efisien di lahan sawah, membantu petani menyelesaikan pekerjaan pengolahan lahan dengan

lebih cepat dan optimal. Dengan kelebihan-kelebihan tersebut, crawler traktor menjadi pilihan yang baik untuk pengolahan lahan sawah, terutama di daerah yang memiliki kondisi tanah yang sangat lembek atau lunak.

## 2. METODE

### 2.1 Diagram Alur Perancangan

Terdapat beberapa tahapan dalam melakukan perancangan dan pembuatan ini, tahapan-tahapan tersebut di konsep pada diagram alur berikut ini :



Gambar 1 diagram alur

### 2.2 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 2.2.1 Lokasi pembuatana dan pengujian

Lokasi Pembuatan : Benkel TEPAT GUNA , Banaran, Sambungmacan, Sragen, Jawa Tengah

Lokasi Pengujian : Di lahan sawah

### 2.2.2 Jadwal Pelaksanaan

Pelaksanaan perancangan dan modifikasi traktor bajak tanah sawah penggerak roda empat menjadi penggerak roda crawler dilakukan dengan waktu kurang lebih 6 bulan.

## 2.3 Alat dan Bahan

### 2.3.1 Alat

Alat alat yang digunakan dalam perancangan ini antara lain:

#### 1. Las listrik

Las listrik adalah alat yang berfungsi menyambung logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas. Proses pengelasan terjadi ketika ujung elektroda bersentuhan dengan material dasar, sehingga terjadi hubungan pendek dan membentuk busur listrik. Busur listrik yang terjadi akan mencairkan elektroda dan material dasar sehingga cairannya menyatu dan membentuk logam lasan.(Gambar 3.1)



Gambar 2 Las Listrik

#### 2. Gerinda Tangan

Gerinda tangan adalah mesin perkakas listrik portabel yang digunakan untuk memotong, mengasah, atau menggerus benda kerja seperti logam, kayu, batu, atau keramik. Gerinda tangan juga dikenal sebagai portable power grinder atau alat gerinda potong. Gerinda tangan memiliki roda gerinda yang berputar dengan kecepatan tinggi dan pegangan untuk mengontrol perangkat.(Gambar 3.2).



Gambar 3 Gerinda Tangan

### 3. Mesin Bor

Mesin bor press atau drill press digunakan untuk membuat lubang pada benda kerja dengan presisi dan stabil. Mesin ini memiliki peran penting dalam industri manufaktur, pertukangan dan perbaikan. (Gambar 3.3).



Gambar 4 Press drilling

### 4. Las Acetylene

Las asetilin, juga dikenal sebagai las oksigen-asetilen, adalah proses pengelasan yang menggunakan nyala api dari pembakaran gas asetilin dan oksigen untuk mencairkan logam dan menyambungkannya. Proses ini melibatkan pencampuran gas asetilin dan oksigen dalam jumlah yang tepat untuk menghasilkan nyala api yang sangat panas, yang kemudian digunakan untuk melelehkan logam (Gambar 3.4).



Gambar 5 Las Acetylene

#### 2.3.2 Bahan

Adapun bahan bahan yang di butuhkan pada perancangan ini antara lain:

1. Besi Canal 5cm x 12cm
2. Plat esser 5cm x 12cm
3. Plat besi 48cm x 48cm tebal 3 cm (komponent sprocket)
4. Besi hollow 4cm x 6 cm (komponenet pengencang)
5. Rubbeer track (karet)
6. Rol lintasan Ø20cm 12pcs

7. Idler 4pcs
8. Baut 2inch
9. Baut 18mm 12pcs
10. 1 lembar plat tebal 10mm
11. 1 lembar plat tebal 20mm

## **2.4 Tahapan Penelitian**

### **2.4.1 Perancangan**

Dalam perancangan dan modifikasi ini di buthukan analisa tentang sistematis penggerak roda crawler. Alat dan bahan yang lengkap sebagai pendukung utama. Pada sistem crawler terdapat bagian bagian penting yang tersusun harmonis supaya roda crawler dapat berkerja sama dengan baik. Bagian bagian tersebut sebagai gambaran awal dalam perencanaan modifikasi dari roda empat menjadi roda crawler.

### **2.4.2 Pembuatan**

Adapun hal penting sebelum dilakukan proses pembuatan yaitu menghitung jarak sudut titik tumpu untuk menentukan rubber track yang akan di pakai, dan mengukur panjang lebar sasis. Proses perakitan dan modifikasi mesin bajak tanah penggerak roda empat menjadi penggerak roda crawler sebagai berikut:

1. Menaikan ke empat sisi roda menggunakan dongkrak
2. Melepas ke empat roda
3. Mengganti dongkrak dengan jack stand
4. Membuat sasis pada bagian bawah traktor
5. Membuat komponen dasar kerangka sebagai tempat roda roll lintasan, komponen pengencang dan idler
6. Melepas komponen penggerak depan pada traktor
7. Membuat komponen perangkat pengencang pada sasis
8. Memasang idler pada kerangka bagian belakang
9. Memasang sprocket pada rotor as roda penggerak belakang
10. Memasang rubber track pada kerangka sistem crawler
11. Menurunkan traktor yang telah di modifikasi

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **3.1 Perhitungan Konversi Alat Pertanian**

Data tetap:

Berat total traktor = 1.400 kg (belum termasuk alat yang diperlukan ketika sedang berkerja)

|                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| Daya mesin         | = 40 HP / 2700 rpm           |
| Torsi mesin        | = 105 Nm                     |
| Dimensi track      | = lebar 55 cm, panjang 5,2 m |
| Jari-jari sprocket | = 20,5 cm (0,205 m)          |
| Putaran Mesin      | = 2700 rpm                   |

### 3.1.1 Torsi Mesin

Rumus:

$$T_{mesin} = \frac{5252 \times HP}{rpm} \quad (1)$$

$$T_{mesin} = \frac{5252 \times 40}{2700}$$

$$T_{mesin} = 77,8 \text{ lb} - ft \text{ (105 Nm)}$$

### 3.1.2 Tekanan Tanah (Ground Pressure)

Rumus:

$$P = \frac{W \times g}{A} \quad (2)$$

$$P = \frac{1.400 \text{ kg} \times 9,81}{5,2 \text{ m} \times 0,55 \text{ m}}$$

$$P = \frac{13.734 \text{ N}}{2,86 \text{ m}^2}$$

$$P = 4.802 \text{ Pa (4,8 kPa)}$$

### 3.1.3 Tahanan Gelinding (Rolling Resistance)

Rumus:

$$RR = \mu_r \times W \times g \quad (3)$$

$$RR = 0,1 \times 13.734$$

$$RR = 1.373,4 \text{ N}$$

Nilai koefisien ( $\mu_r$ ) untuk track karet di tanah pertanian = 0,1

### 3.1.4 Torsi yang dibutuhkan di poros sprocket

Rumus:

$$T_{poros} = RR \times r_{sprocket} \quad (4)$$

$$T_{poros} = 1.373,4 \times 0,205$$

$$T_{poros} = 281,55 \text{ Nm}$$

### 3.1.5 Kemampuan Mesin (Rasio Transmisi Minimal)

Rumus:

$$i_{minimal} = \frac{T_{poros}}{T_{mesin}} \quad (5)$$

$$i_{minimal} = \frac{281,55}{105}$$

$$i_{minimal} = 2,68 : 1$$

### 3.1.6 Kecepatan Traktor (Dengan Rasio Minimal)

Rumus:

$$V = \frac{N_{mesin} \times 2\pi r}{ix \ 60} \quad (6)$$

$$V = \frac{2700 \times 2 \times 3,14 \times 0,205}{2,68 \times 60}$$

$$V = 21,6 \text{ m/s}$$

$$V = 77,8 \text{ km/jam}$$

Dengan rasio minimal 2,68 : 1, traktor terlalu cepat (77,8 km/jam), tidak sesuai untuk pekerjaan pertanian.

### 3.1.7 Koreksi Berat Disaat Traktor Berkerja

Rumus:  $m_{total} = m_{traktor} + F_{draft}$  (7)

$$F_{draft} = W_r \times D \times K$$

$$F_{draft} = 2,2m \times 0,2m \times 9288$$

$$F_{draft} = 4086 \text{ N}$$

Konversi ke kg-force

$$F_{draft} (kgf) = \frac{4086}{9,81}$$
 (8)

$$F_{draft} (kgf) = 416 \text{ kg}$$

$$m_{total} = 1400 + 416$$

$$m_{total} = 1816 \text{ kg}$$

Berat total baru  $1400 + 416 = 1816$ , Hitung kembali dengan berat 1816 kg:

Tahanan Gelinding (Rolling Resistance)

Rumus:  $RR = \mu_r \times W \times g$  (9)

$$RR = 0,1 \times 17.815$$

$$RR = 1.781,5 \text{ N}$$

Torsi yang dibutuhkan di poros sprocket

Rumus:  $T_{poros} = RR \times r_{sprocket}$  (10)

$$T_{poros} = 1.781,5 \times 0,205$$

$$T_{poros} = 365,2 \text{ Nm}$$

Kemampuan Mesin (Rasio Transmisi Minimal)

Rumus:  $i_{minimal} = \frac{T_{poros}}{T_{mesin}}$  (11)

$$i_{minimal} = \frac{365,2}{105}$$

$$i_{minimal} = 3,48 : 1$$

3.1.8 Rasio rekomendasi transmisi ideal berdasarkan hasil perhitungan pada data dalam Tabel 4.1.

Tabel 1 Perbandingan rasio dan kecepatan traktor

| Rasio   | Kecepatan | Keterangan               |
|---------|-----------|--------------------------|
| 3,5 : 1 | 60 km/jam | Terlalu cepat            |
| 10 : 1  | 21 km/jam | Cukup untuk transportasi |
| 15 : 1  | 14 km/jam | Ideal untuk lahan kering |
| 20 : 1  | 10 km/jam | Ideal untuk lahan sawah  |
| 30 : 1  | 7 km/jam  | Untuk bajak berat        |

Rekomendasi transmisi yang ideal di gunakan pada lahan sawah menggunakan rasio 15 : 1 sampai 20 : 1.

### 3.2 Perhitungan Efisiensi Modifikasi Roda 4 Menjadi Rubber Track

Data tetap:

Traktor = 40 HP  
 Berat = 1816 kg  
 Panjang track = 5,2 m  
 Lebar track = 0,55 m

#### 3.2.1 Efisiensi Traksi

Efisiensi pada roda rubber track

Rumus: 
$$\mu_{traksi} = \frac{DP}{DP+RR} \times 100\% \quad (12)$$

Mencari nilai DP: 
$$Dp = \mu_t \times w \times g$$
  

$$DP = 0,7 \times 1816 \times 9,81$$

$$DP = 12.470 \text{ N}$$

Mencari nilai RR: 
$$RR = \mu_r \times W \times g \quad (13)$$

$$RR = 0,1 \times 1816 \times 9,81$$

$$RR = 1.781,5 \text{ N}$$

Hitung efisiensi Traksi 
$$\mu_{traksi} = \frac{DP}{DP+RR} \times 100\% \quad (14)$$

$$\mu_{traksi} = \frac{12.470}{12.470 + 1.781,5} \times 100\%$$

$$\mu_{traksi} = 87,5 \%$$

Efisiensi roda 4

Rumus: 
$$\mu_{traksi} = \frac{DP}{DP+RR} \times 100\%$$

Mencari nilai Dp: 
$$Dp = \mu_t \times w \times g$$

$$DP = 0,35 \times 1816 \times 9,81$$

$$DP = 6.235 \text{ N}$$

Mencari nilai RR:  $RR = \mu_r \times W \times g$  (15)

$$RR = 0,1 \times 1816 \times 9,81$$

$$RR = 1.781,5 \text{ N}$$

Hitung efisiensi Traksi  $\mu_{traksi} = \frac{DP}{DP+RR} \times 100\%$  (16)

$$\mu_{traksi} = \frac{6.235}{6.235 + 1.781,5} \times 100\%$$

$$\mu_{traksi} = 77,8 \%$$

Data hasil perhitungan diperlihatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Efisiensi Traksi

| Parameter      | Roda 4  | Rubber Track | Selisih |
|----------------|---------|--------------|---------|
| DP maks (N)    | 6.235   | 12.470       | + 6.235 |
| RR (N)         | 1.781,5 | 1.781,5      | 0       |
| $\mu_{traksi}$ | 77,8 %  | 87,5 %       | + 9,7 % |

### 3.2.2 Efisiensi Transmisi

Efisiensi pada roda rubber track

Rumus:  $\eta_{transmisi} = \eta_{gear} \times \eta_{final\ drive} \times \eta_{rantai}$  (17)

$$\eta_{transmisi} = 0,92^3 \times 0,95 \times 0,95^2$$

$$\eta_{transmisi} = 0,778 \times 0,95 \times 0,902$$

$$\eta_{transmisi} = 0,667 \text{ (66,7\%)}$$

Efisiensi pada roda 4

Rumus:  $\eta_{transmisi} = \eta_{gear} \times \eta_{final\ drive}$  (18)

$$\eta_{transmisi} = 0,92 \times 0,90$$

$$\eta_{transmisi} = 0,828 \text{ (82,8\%)}$$

Data hasil perhitungan diperlihatkan pada Tabel 4.3.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Efisiensi Transmisi

| Parameter          | Roda 4 | Rubber track | Selisih |
|--------------------|--------|--------------|---------|
| $\eta_{transmisi}$ | 82,8%  | 66,7 %       | -16,1 % |

### 3.2.3 Efisiensi Total

Rumus:  $\eta_{total} = \eta_{transmisi} \times \eta_{traksi}$  (19)

Perhitungan untuk lahan basah, pada roda crawler:

$$\eta_{total} = \eta_{transmisi} \times \eta_{traksi}$$

$$\eta_{total} = 0,667 \times 0,875$$

$$\eta_{total} = 0,584 \text{ (58,4 \%)}$$

Pada roda 4:

$$\eta_{total} = \eta_{transmisi} \times \eta_{traksi}$$

$$\eta_{total} = 0,828 \times 0,778$$

$$\eta_{total} = 0,644 \text{ (64,4 \%)}$$

Perhitungan berdasarkan daya (lebih akurat)

$$\text{Rumus: } \eta_{total} = \frac{P_{drawbar}}{P_{mesin}} \times 100\% \quad (20)$$

Perhitungan pada roda rubber track:

$$\eta_{total} = \frac{P_{drawbar}}{P_{mesin}} \times 100\%$$

$$P_{drawbar} = DP \times V_a$$

$$P_{drawbar} = 12.470 \times 1,5$$

$$P_{drawbar} = 18.705 \text{ W}$$

$$P_{mesin} = HP \times 745,7 \text{ (watt)}$$

$$P_{mesin} = 40 \times 745,7$$

$$P_{mesin} = 29.828 \text{ W}$$

$$\eta_{total} = \frac{18.705}{29.828} \times 100\%$$

$$\eta_{total} = 62,7 \%$$

Perhitungan pada roda 4:

$$\eta_{total} = \frac{P_{drawbar}}{P_{mesin}} \times 100\%$$

$$P_{drawbar} = DP \times V_a$$

$$P_{drawbar} = 6.235 \times 1,5$$

$$P_{drawbar} = 9.325,5 \text{ W}$$

$$P_{mesin} = HP \times 745,7 \text{ (watt)}$$

$$P_{mesin} = 40 \times 745,7$$

$$P_{mesin} = 29.828 \text{ W}$$

$$\eta_{total} = \frac{9.352,5}{29.828} \times 100\%$$

$$\eta_{total} = 31,4 \%$$

Tabel 4 Hasil Perhitungan Efisiensi Total Berdasarkan Daya

| Lahan        | Roda 4  | Rubber track | Keunggulan rubber track |
|--------------|---------|--------------|-------------------------|
| Kering/Keras | 50-55 % | 48-52 %      | ~0 %                    |
| Gembur       | 35-45 % | 55-62 %      | +15-20 %                |
| Basah/Sawah  | 32,4 %  | 62 %         | +31,3 %                 |

### 3.2.4 Efisiensi Bahan Bakar

Rumus: 
$$SFC = \frac{\dot{m}_{fuel}}{P_{drawbar}} \times 1000 \quad (21)$$

Data:

- Konsumsi bahan bakar pada beban penuh = 8L/jam
- Densitas solara = 0,85 kg/L
- $\dot{m}_{fuel} = 8 \times 0,85 = 6,8 \text{ kg/jam}$

Perhitungan pada roda rubber track:

$$P_{drawbar} = 18.705 \text{ W} \Rightarrow 18,71 \text{ kW}$$

$$SFC = \frac{6,8}{18,71} \times 1000$$

$$SFC = 363 \text{ g/kWh}$$

Perhitungan pada roda 4:

$$P_{drawbar} = 9.352,5 \text{ W} \Rightarrow 9,35 \text{ kW}$$

$$SFC = \frac{6,8}{9,35} \times 1000$$

$$SFC = 727 \text{ g/kWh}$$

Tabel 5 Hasil Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar

| Parameter            | Roda 4  | Rubber track | Penghematan |
|----------------------|---------|--------------|-------------|
| Daya drawbar (kW)    | 9,35    | 18,71        | +100 %      |
| SFC (g/kWh)          | 727     | 363          | -50 %       |
| Pruduktivitas (ha/L) | 0,8-1,2 | 1,2-1,8      | +50 %       |

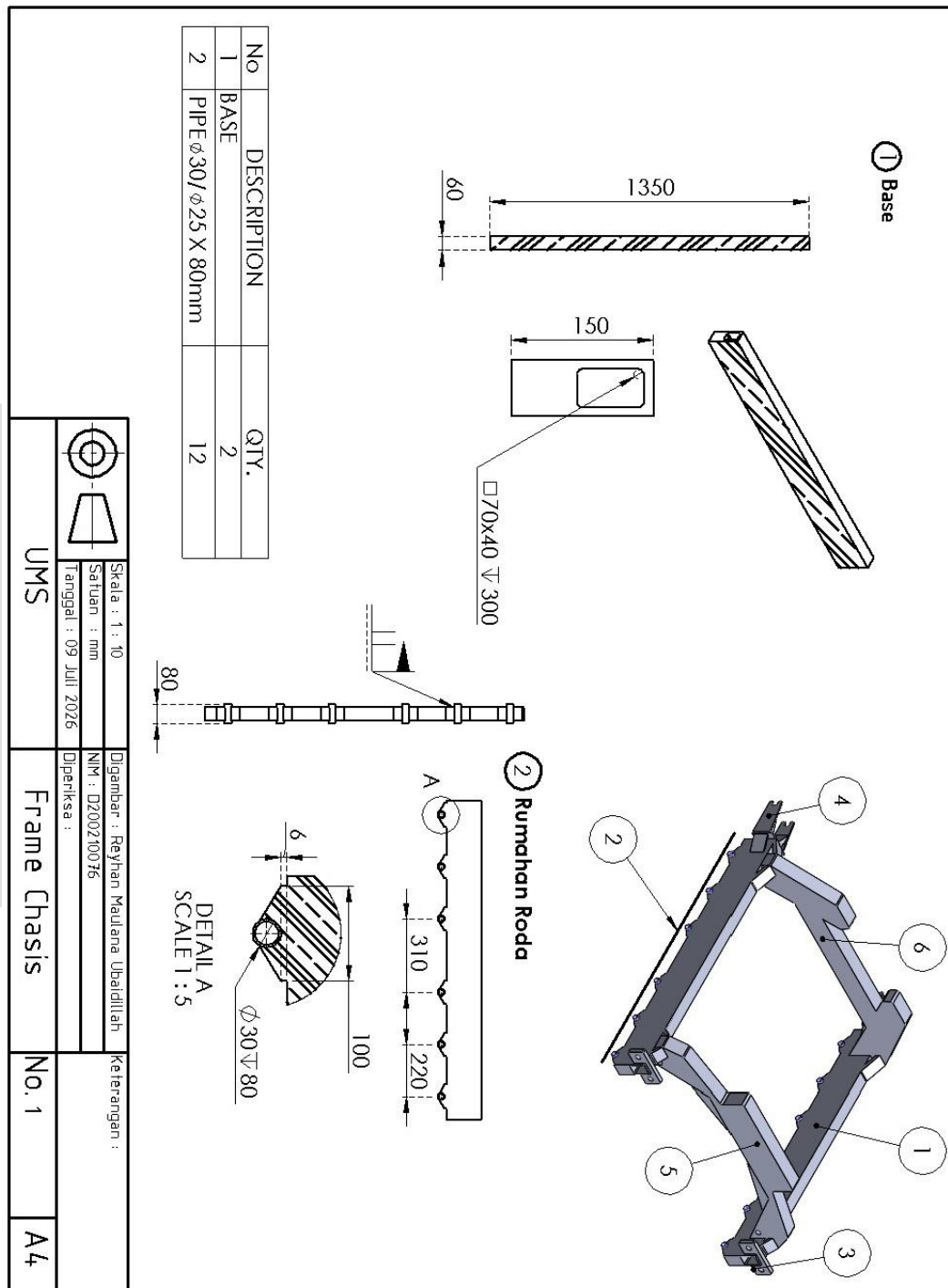
### 3.2.5 Ringkasan Semua Data Efisiensi (Tabel 4.6)

Tabel 6 Hasil Perhitungan Semua Data Efisiensi

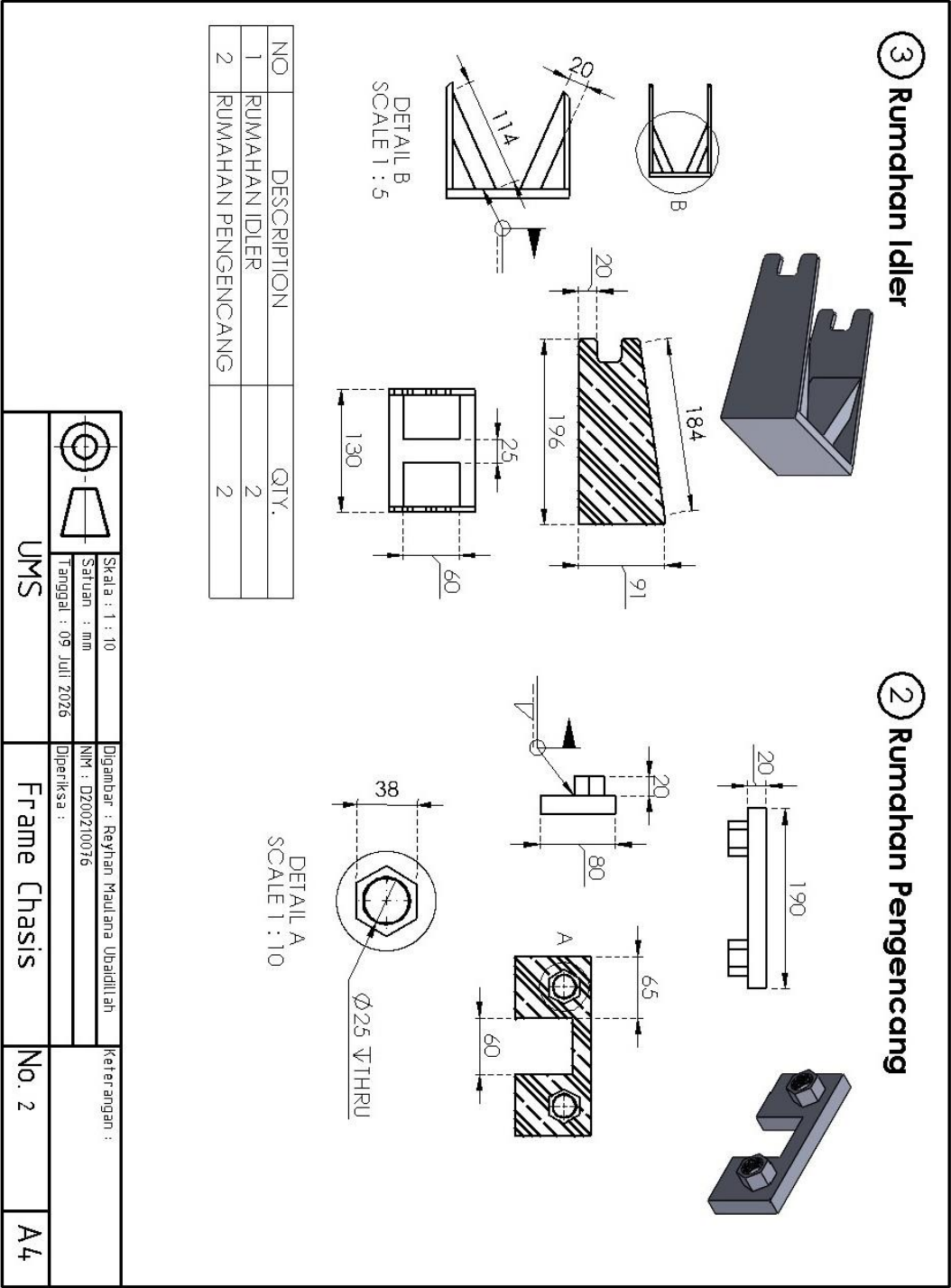
| No | Jenis efisiensi               | Roda 4    | Rubber track | Perubahan          |
|----|-------------------------------|-----------|--------------|--------------------|
| 1  | Traksi (Lahan basah)          | 77,8 %    | 87,5 %       | $\Delta + 9,7 \%$  |
| 2  | Transmisi                     | 82,8 %    | 66,7 %       | $\nabla - 16,1 \%$ |
| 3  | $\eta_{total}$ (Lahan kering) | 52 %      | 50 %         | $\nabla - 2 \%$    |
| 4  | $\eta_{total}$ (Lahan basah)  | 31,4 %    | 62,7 %       | $\Delta + 31,3 \%$ |
| 5  | Bahan bakar (SFC)             | 727 g/kWh | 363 g/kWh    | $\nabla - 50 \%$   |

### 3.3 Desain Modifikasi

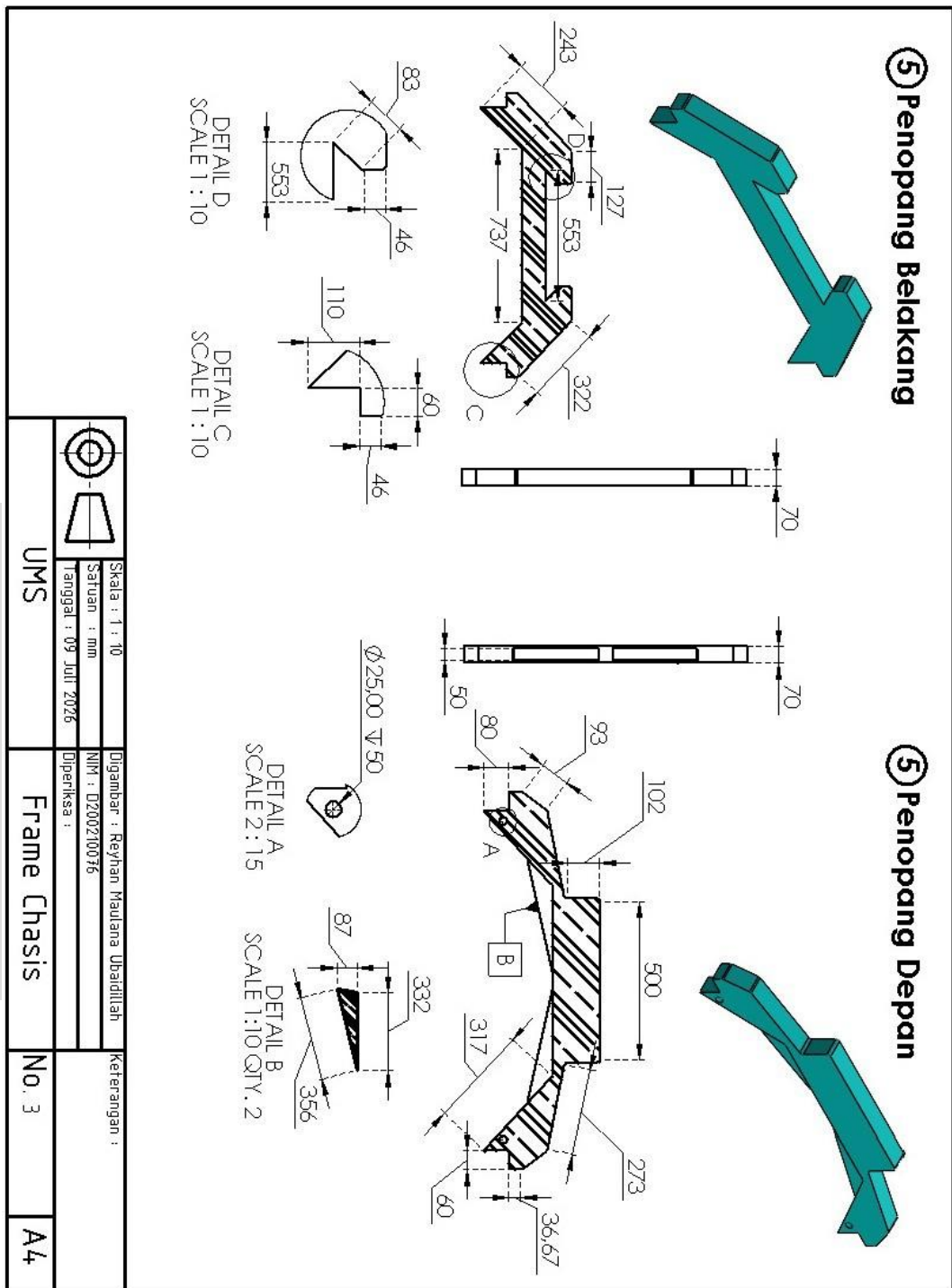
Gambar rancangan sistem penggerak roda crawler (Gambar 4.1 – 4.6).



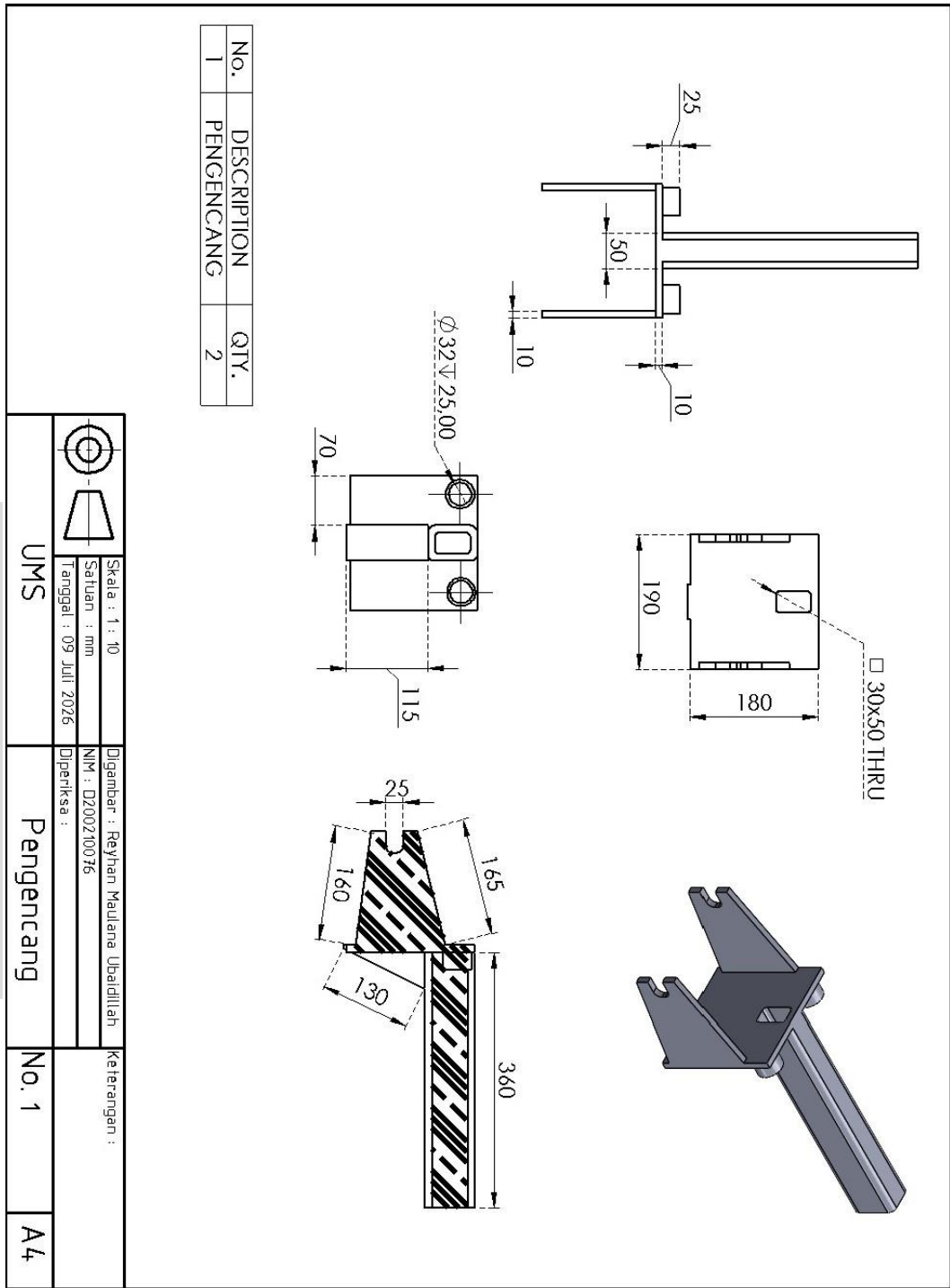
Gambar 6 Frame Chasis Base dan Rumahan Roda



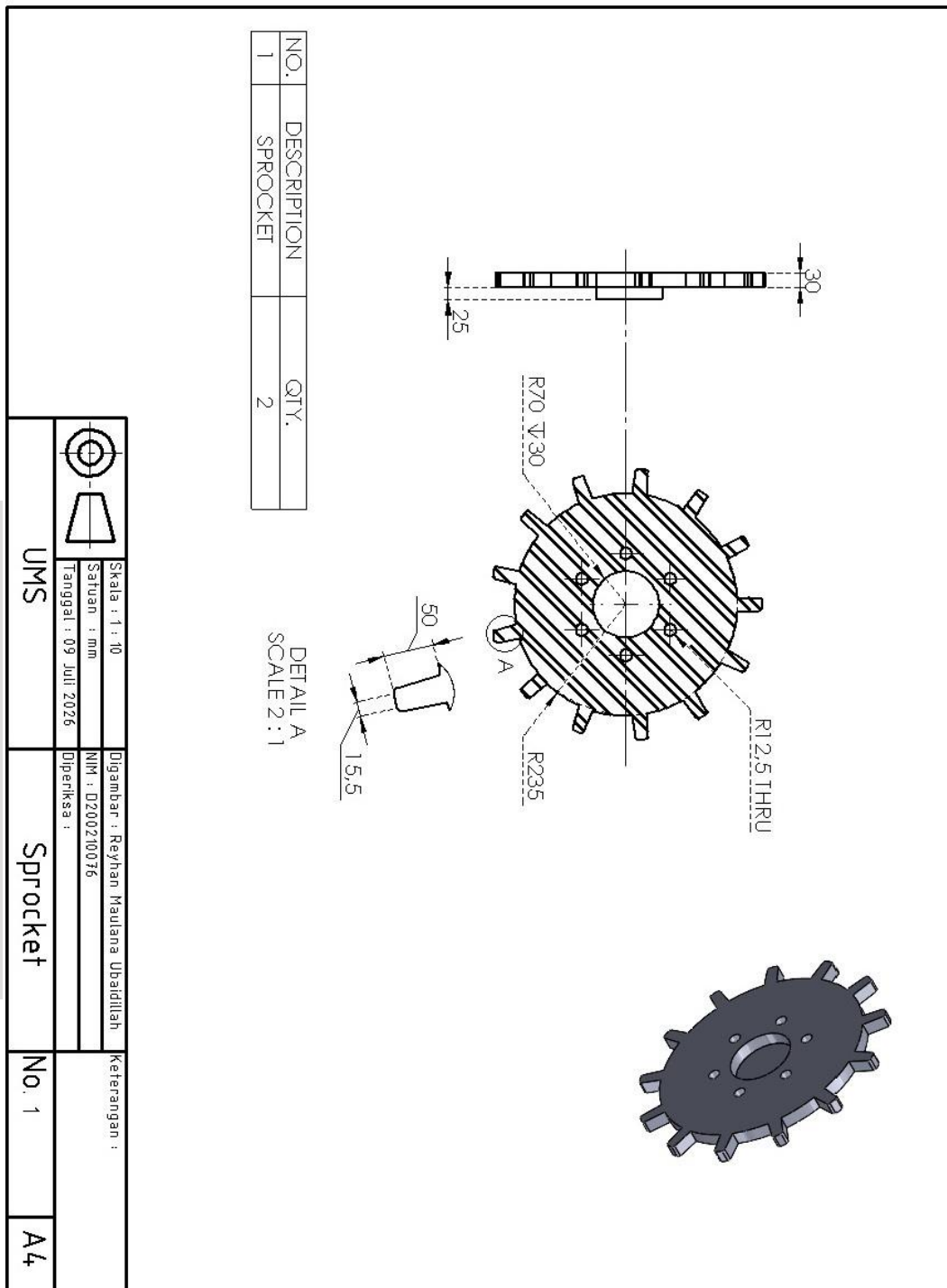
Gambar 7 Frame Chasis Rumah Pengencang dan Idler



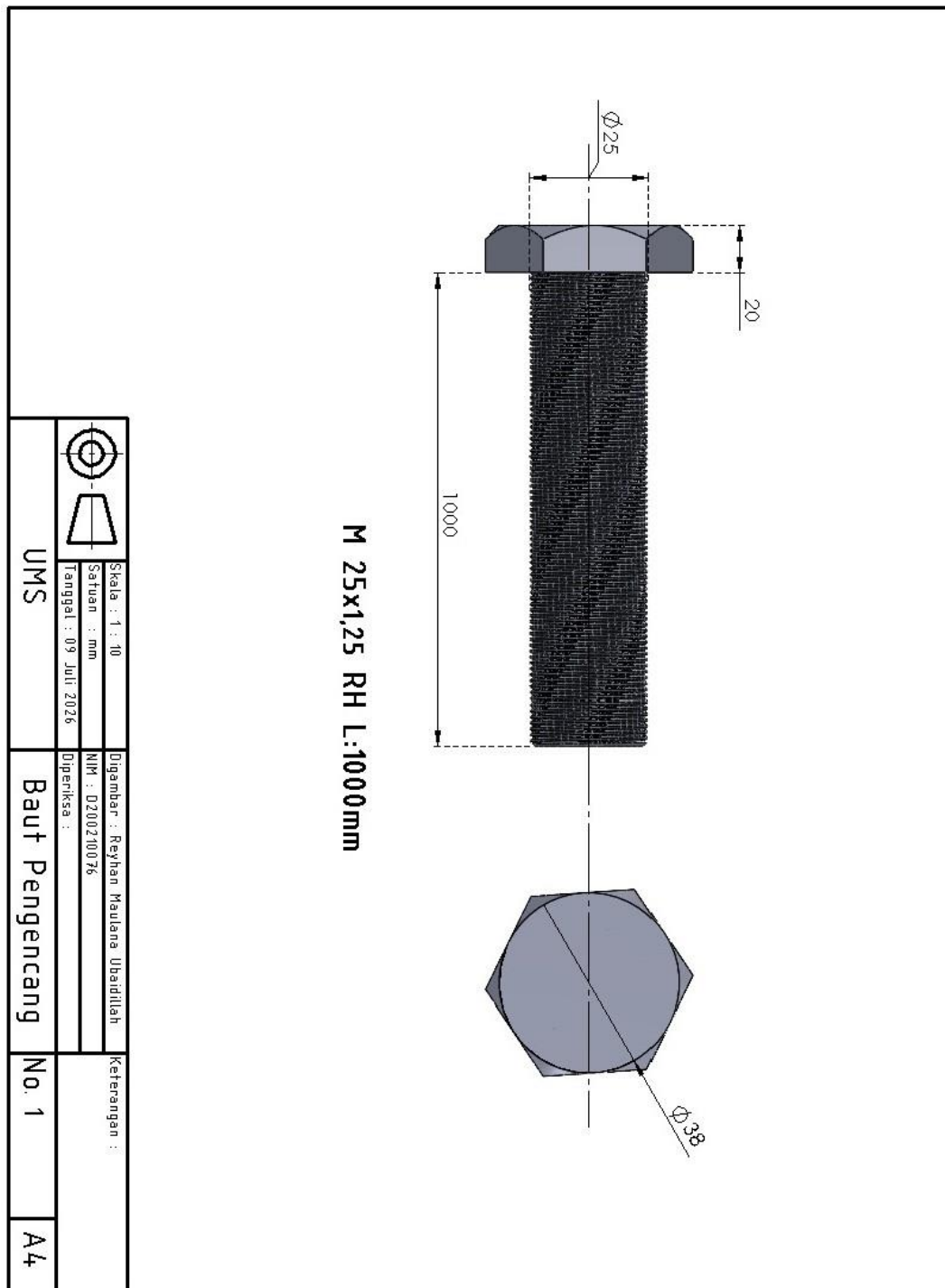
Gambar 8 Frame Chasis Penopang Depan dan Penopang Belakang



Gambar 9 Desain Pengencang



Gambar 10 Desain Sprocket



Gambar 11 Desain Baut Pengencang

### 3.4 Analisis Hasil Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja hasil modifikasi traktor bajak tanah sawah yang sebelumnya menggunakan sistem penggerak roda empat dan telah dimodifikasi menjadi sistem penggerak crawler. Pengujian dilakukan secara langsung di area persawahan dengan kondisi tanah berlumpur dan tidak rata, sehingga dapat diketahui kemampuan alat dalam beroperasi pada kondisi kerja sebenarnya. Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan, mesin

bajak crawler mampu bergerak dan bekerja dengan baik pada lahan sawah berlumpur. Sistem crawler yang digunakan menunjukkan kemampuan traksi yang lebih baik dibandingkan roda empat, terutama saat melewati tanah lunak dan berlumpur.

Selama proses pengujian, alat dapat bergerak maju secara stabil tanpa mengalami selip berlebihan. Selain itu, implementasi sistem crawler pada mesin bajak memberikan distribusi beban yang lebih merata pada permukaan tanah. Kontak permukaan track crawler dengan tanah yang lebih luas menyebabkan gaya tekan terhadap tanah menjadi lebih kecil dibandingkan roda biasa. Hal tersebut terlihat dari tekanan alat terhadap tanah yang lebih stabil sehingga alat tidak mudah terperosok ke dalam lumpur. Kondisi ini menjadi salah satu keunggulan utama penggunaan crawler pada lahan sawah dan lahan basah.

Operator mengendalikan alat secara langsung sambil mengamati kestabilan gerak alat selama proses pembajakan. Dari hasil pengamatan, crawler mampu bergerak secara perlahan namun stabil pada medan berlumpur. Mesin tetap mampu menghasilkan tenaga dorong yang cukup untuk menggerakkan alat sekaligus menarik implement pembajak. Pada beberapa bagian lahan yang memiliki lumpur lebih dalam, sistem crawler tetap mampu mempertahankan kestabilan alat. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi crawler memberikan peningkatan kemampuan mobilitas alat pada medan sawah.

Konstruksi crawler yang memiliki bidang kontak lebih luas menyebabkan distribusi berat alat menjadi lebih merata sehingga meningkatkan traksi. Traksi merupakan kemampuan alat untuk menghasilkan gaya dorong pada permukaan tanah. Sebagaimana dikatakan di atas peningkatan traksi terjadi karena luas bidang kontak crawler terhadap tanah lebih besar dibandingkan roda empat. Semakin besar bidang kontak, maka gaya tekan per satuan luas menjadi lebih kecil sehingga crawler tidak mudah tenggelam.

Pada pengujian terlihat bahwa alat dapat melewati area berlumpur dengan cukup baik. Sistem crawler membantu alat tetap berada di atas permukaan lumpur dan mengurangi bahkan menghilangkan kemungkinan alat terjebak dan terperosok dalam. Kemampuan ini sangat penting pada pengolahan tanah sawah karena kondisi lahan umumnya memiliki tingkat kelembaban tinggi dan tekstur tanah lunak. Selama pengujian berlangsung, implement pembajak mampu bekerja dengan baik dalam mengolah permukaan tanah. Tanah terlihat tercah dan mengalami proses pembalikan sesuai fungsi rotavator. Dengan dukungan sistem crawler, alat dapat mempertahankan kestabilan saat proses pembajakan berlangsung sehingga hasil pengolahan tanah menjadi lebih baik.

Keunggulan Hasil Modifikasi:

1. Meningkatkan Stabilitas
2. Mengurangi Slip
3. Meningkatkan Daya Jelajah
4. Distribusi Beban Lebih Merata dan meningkatkan traksi
5. Meningkatkan Efektivitas Kerja

Kekurangan dan Kendala Saat Pengujian:

1. Kecepatan gerak alat relatif lebih lambat dibandingkan roda biasa.
2. Sistem crawler memerlukan perawatan lebih intensif.
3. Lumpur dapat menempel pada track crawler.
4. Konstruksi crawler menambah berat total alat.
5. Manuver alat memerlukan ruang gerak lebih luas.

### 3.5 Analisis Kecepatan Traktor Modifikasi

Pengujian kecepatan dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat modifikasi mesin bajak tanah sawah yang sebelumnya menggunakan sistem penggerak roda empat dan telah dimodifikasi menjadi sistem penggerak crawler. Pada standarnya traktor memiliki 6 percepatan maju dan 2 percepatan mundur. Pada setiap percepatan maju memiliki perbandingan rasio gigi yaitu 60:1 (1-Lo), 36:1 (2-Lo), 20:1 (3-Lo), 24:1 (1-Hi), 14:1 (2-Hi), 8:1 (3-Hi) dan pada percepatan mundur yaitu 36:1 (R-Lo), 14:1 (R-Hi). Berdasarkan data rasio transmisi tersebut dapat disubsitusikan pada rumus percepatan. Perhatikan Tabel 4.1 Tabel Kecepatan Traktor Modifikasi.

Tabel 7 Tabel Kecepatan Traktor Modifikasi

| Percepatan | Rasio | Rpm  | Kecepatan | Aplikasi                 |
|------------|-------|------|-----------|--------------------------|
| 1-Lo       | 60: 1 | 2300 | 6 km/jam  | Bajak berat, Lahan sawah |
| 2-Lo       | 36:1  |      | 10 km/jam | Pengolahan tanah gembur  |
| 3-Lo       | 20:1  |      | 18 km/jam | Lahan kering, Garu       |
| 1-Hi       | 24:1  |      | 25 km/jam | Lahan basah              |
| 2-Hi       | 14:1  |      | 30 km/jam | Transportasi Ringan      |
| 3-Hi       | 8:1   |      | 55 km/jam | Transportasi cepat       |
| R-Lo       | 36:1  |      | 10 km/jam |                          |
| R-Hi       | 14:1  |      | 30 km/jam |                          |

Gigi 1-Lo menghasilkan kecepatan terendah yaitu 6 km/jam dengan rasio total 60:1. Kecepatan ini sangat sesuai untuk operasi bajak berat di lahan sawah atau pekerjaan yang membutuhkan drawbar pull maksimum, karena pada kecepatan rendah traktor dapat mengerahkan seluruh

tenaganya untuk mengatasi tahanan tanah yang besar. Namun, kecepatan ini tidak efisien untuk pekerjaan pengolahan tanah biasa karena produktivitas per satuan waktu menjadi rendah.

Gigi 2-Lo menghasilkan kecepatan 10 km/jam dengan rasio total 36:1. Kecepatan ini termasuk dalam rentang kecepatan kerja ideal untuk pengolahan tanah sedang, seperti pembajakan ringan atau penggaruan. Dibandingkan 1-Lo, kecepatan 2-Lo lebih tinggi 66% sehingga produktivitas lapangan meningkat secara signifikan, sementara tenaga tarik yang tersedia masih memadai untuk sebagian besar pekerjaan pertanian.

Gigi 3-Lo menghasilkan kecepatan 18 km/jam dengan rasio total 20:1. Kecepatan ini berada di batas atas rentang kecepatan kerja yang direkomendasikan untuk traktor pertanian. Gigi ini cocok digunakan pada lahan kering atau pekerjaan garu yang membutuhkan kecepatan lebih tinggi, namun kurang disarankan untuk lahan basah karena risiko slip meningkat seiring bertambahnya kecepatan operasi.

Gigi 1-Hi menghasilkan kecepatan 25 km/jam dengan rasio total 24:1. Gigi ini direkomendasikan sebagai gigi utama untuk operasi pengolahan tanah pada lahan basah karena berada pada titik keseimbangan optimal antara kecepatan kerja (25 km/jam) dan kemampuan drawbar pull. Pada kecepatan ini, traktor mampu menghasilkan tenaga tarik yang cukup untuk mengoperasikan implement pertanian standar (seperti rotavator lebar 90-100 cm) tanpa mengalami slip berlebihan.

Gigi 2-Hi menghasilkan kecepatan 30 km/jam dengan rasio total 14:1. Kecepatan ini terlalu tinggi untuk pekerjaan pengolahan tanah karena dapat menyebabkan getaran berlebih pada implement dan menurunkan kualitas olah tanah. Gigi ini lebih sesuai untuk keperluan transportasi ringan, seperti perpindahan antar petak lahan atau membawa hasil panen dengan jarak dekat.

Gigi 3-Hi menghasilkan kecepatan tertinggi yaitu 55 km/jam dengan rasio total 8:1. Kecepatan ini sangat tidak disarankan untuk operasi pertanian karena tiga alasan utama stabilitas traktor crawler pada kecepatan tinggi sangat rendah, risiko kerusakan track dan komponen rantai meningkat drastis, slip hampir tidak mungkin dikendalikan. Gigi ini hanya dapat digunakan pada kondisi jalan keras yang benar-benar datar dan untuk perpindahan jarak jauh, namun tetap dengan kewaspadaan tinggi.

Dibandingkan dengan traktor roda 4 konvensional yang memiliki kecepatan kerja tipikal 23–28 km/jam dengan slip 15–25%, traktor crawler modifikasi pada gigi 1-Hi (25 km/jam) menawarkan kecepatan yang setara namun dengan slip hanya 12%. Hal ini berarti bahwa pada kecepatan yang hampir sama, crawler mampu mentransfer lebih banyak tenaga ke tanah karena

kehilangan kecepatan akibat slip lebih kecil. Dengan kata lain, untuk kecepatan kerja yang sama, efisiensi traksi crawler lebih unggul dibanding roda 4.

Berdasarkan hasil analisis, direkomendasikan untuk membatasi kecepatan operasi maksimum pada 20 km/jam saat menarik implement pertanian, karena pada kecepatan di atas nilai tersebut kualitas olah tanah menurun dan risiko kecelakaan operasional meningkat. Batasan ini sesuai dengan standar keselamatan alat pertanian pada umumnya.

#### **4. PENUTUP**

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian modifikasi traktor bajak tanah sawah sistem penggerak roda crawler, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Modifikasi sistem penggerak roda empat menjadi roda crawler berhasil dirancang dan dibuat dengan menggunakan komponen utama berupa rubber track, sprocket, idler, roller lintasan, perangkat pengencang, dan rangka undercarriage. Seluruh komponen dapat bekerja dengan baik dan terpadu sehingga mampu mendukung kinerja traktor pada lahan sawah berlumpur.
2. Hasil pengujian lapangan dan analisa data menunjukkan bahwa:
  - Penggunaan sistem crawler mampu meningkatkan kemampuan traksi dibandingkan sistem roda empat konvensional. Efisiensi traksi pada lahan basah meningkat dari 77,8% menjadi 87,5%, sehingga kemampuan alat dalam menghasilkan gaya dorong menjadi lebih baik.
  - Hasil perhitungan efisiensi total menunjukkan adanya peningkatan performa kerja pada lahan sawah berlumpur, yaitu dari 32,4% pada sistem roda empat menjadi 62,7% pada sistem crawler. Selain itu, konsumsi bahan bakar spesifik menurun dari 727 g/kWh menjadi 363 g/kWh sehingga penggunaan energi menjadi lebih efisien.
  - Traktor crawler mampu bergerak lebih stabil pada kondisi tanah berlumpur, mengurangi terjadinya slip, meningkatkan daya jelajah, dan mendistribusikan beban secara lebih merata sehingga risiko terperosok dapat diminimalkan.
  - Modifikasi sistem crawler memberikan solusi yang efektif untuk meningkatkan kinerja mesin bajak tanah sawah pada lahan basah dan berlumpur yang umumnya sulit dilalui oleh traktor roda empat konvensional.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Ananto EE (2001) Pengembangan alat dan mesin pertanian di daerah pasang surut Sumatera Selatan. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Alat dan Mesin Pertanian Untuk Agribisnis.

- Badan Litbang Pertanian Deptan Bekerjasama dengan Perteta Jakarta. 10-11 Juli. p. 120-141.
- C. Manivelprabhu, Dr. N. Sangeetha, T .Ramganes, 'Design Modification and Structural Analysis of Rotavator Blade by Using HyperWorks 12.0', 2015 India Altair Conference.
- Hardjoentono, Mulyono, 1987. MesinMesin Pertanian. Pusat Pendidikan dan
- Hardjowigeno, S., H. Subagyo, dan M.L. Rayes. 2004. Morfologi dan klasifikasi tanah sawah. Hlm 1-28. Dalam F. Agus (Eds.) Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaan-nya. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Bogor.Latihan Pertanian. Jakarta
- Manwan I, Ananto EE (1994) Strategi penelitian dan pengembangan mekanisasi pertanian tanaman pangan Dalam: Ananto et al (eds). Prospek Mekanisasi Pertanian Tanaman Pangan. Puslitbangtan, Badan Litbang Pertanian. p. 1- 9.
- Mulyana BS (1992) Strategi dan kebijaksanaan pengembangan terpadu kawasan rawa pasang surut di Indonesia. Makalah disajikan pada Seminar Pengembangan Terpadu Kawasan Rawa Pasang Surut di Indonesia. IPB Bogor, 5 September 1992.
- Prasad D. Tupkari, Dr.P.K. Sharma, Prof. Amit Singh, 'Computer Aided Design And Analysis Of RotavatorBalade', IJATES Volume 2, Issue No.05, May2014.
- Umar, S dan H.D. Noor, 2007. Dukungan Alsin dan Teknologi Produksi terhadap Hasil Padi di Lahan Pasang Surut Sumatera Selatan. Prosiding Seminar Nasional Mekanisasi Pertanian. BBP Mektan. Badan Litbang Pertanian, Deptan. Bogor, 29-30 Nov. p. 393-402.
- VigneshM ,Dr.Muruganandhan.R , Dasairi. N, Nagarjun. 'Study Of Torsional Response on the Rotor shaft of a Rotavator Under Transient Load Conditions'. M, IJIRSET volume4, special Issue, 4April2015.

