TUGAS AKHIR

UJI *SINKAGE* RODA PENGGERAK TERHADAP BEBAN PADA MESIN POTONG PADI MINI DUA LAJUR MENGGUNAKAN *LOAD CELL* DAN SENSOR *ULTRASONIK* BERBASIS ARDUINO UNO

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat-syarat Yang Diperlukan Guna

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)

Disusun Oleh:

T. AGUS ROMANSA

NIM : 1605903010050

BIDANG STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI

KEMENTRIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TEUKU UMAR

2022

LEMBARAN PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN

LEMBARAN PENGESAHAN PROGRAM STUDI

LEMBARAN PENGESAHAN FAKULTAS

HALAMAN PERSEMBAHAN

RIWAYAT HIDUP

MOTTO

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mendapat kesempatan untuk menyelesaikan Penulisan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul ***"Uji Sinkage Roda Penggerak Terhadap Beban Pada Mesin Potong Padi Mini Dua Lajur Menggunakan Load Cell Dan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno"***

Penulisan ini merupakan tahapan awal untuk menyelesaikan penulisan Proposal Tugas Akhir dan suatu kewajiban bagi mahasiswa program Studi Teknik Mesin Universitas Teuku Umar. Hal ini dimaksudkan agar mahasiswa mampu menerapkan ilmu keteknikkan secara khusus.

Dalam melaksanakan penelitian ini penulis banyak mendapat ilmu pengetahuan dan pengalaman yang sangat berharga, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta serta keluarga yang telah memberikan dukungan baik doa maupun materi kepada penulis selama ini. Untuk itu penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. M. Isya, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar.
2. Bapak Ir. Maidi Saputra, ST., MT selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Mesin Universitas Teuku Umar.
3. Bapak Herdi Susanto, ST., MT selaku pembimbing.
4. Bapak Ir. Maidi Saputra, ST., MT selaku Penguji I
5. Bapak Zakir Husin, ST., MT selaku Penguji II

6. Terima kasih sebesar-besarnya kepada Bapak Herdi Susanto, ST., MT. Yang telah mengikut sertakan saya dalam anggota tim penelitian Dosen, baik itu tentang Teknologi Tepat Guna pada perdesaan.
7. Kepada seluruh kawan-kawan HMM FT_UTU dan KBM TEKNIK yang telah membantu penulis dan penelitian dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyampaian ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna menyempurnakan penulisan kedepannya. Demikianlah yang dapat penulis sampaikan atas segala kekurangan dan kesilapan penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya.

Alue Peunyareng, 17 Desember 2022

Penulis,

T. AGUS ROMANSA
NIM.1605903010050

UJI *SINKAGE* RODA PENGGERAK TERHADAP BEBAN PADA MESIN POTONG PADI MINI DUA LAJUR MENGGUNAKAN *LOAD CELL* DAN SENSOR *ULTRASONIK* BERBASIS ARDUINO UNO

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan sinkage roda penggerak terhadap beban pada mesin panen padi mini dua lajur melintasi lahan sawah gambut dengan tahapan pengukuran menggunakan Load Cell dan sensor ultrasonik berbasis Arduino Uno. Penelitian ini dilaksanakan dibulan Juli sampai dengan Desember 2022 di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Teuku Umar, Aceh. Metode penelitian yang digunakan dalam menentukan hasil uji sinkage roda putar mesin panen padi menggunakan sistem yang dapat mendeteksi berat beban menggunakan sensor berat (Load cell) dan sensor ultrasonik dengan berat mencapai batas minimum yang sudah ditentukan. Adapun proses pengujian sinkage pada lahan gambut dilakukan dengan mesin potong padi mini dua lajur dengan menambahkan beban pasir pada mesin yang sudah disediakan dengan berat beban 40kg, 80kg dan 120kg. Hasil pengukuran beban yang diterima oleh roda penggerak bersirip pada lahan sawah dengan menggunakan alat ukur load cell kapasitas 2 ton dan HX711 mikro sensor ultrasonik dirangkai pada mikrokontroler Arduino Uno. Beban roda rata-rata yang didapatkan dari penambahan beban 40 kg (400 Newton) dalam waktu (121 detik), pada penambahan beban 80 kg beban roda rata-rata (600 Newton) dalam waktu (131 detik), dan pada penambahan beban 120 kg beban roda rata-rata (1200 Newton) dalam waktu (146 detik). Jadi, penulis dapat menganalisis pada hasil penelitian ini bahwa roda penggerak mesin panen padi mini telah bekerja dengan baik dengan merekomendasikan untuk penelitian kedepan roda penggerak lebih besar dari penelitian sebelumnya.

Kata kunci: *Sinkage* roda penggerak mesin panen, *Load Cell* dan sensor ultrasonik berbasis Arduino uno

ABSTRACT

This study aims to determine the sinkage ability of the drive wheels to the load on a two-lane mini rice harvesting machine across peat paddy fields with measurement stages using a Load Cell and an ultrasonic sensor based on Arduino Uno. This research was conducted from July to December 2022 at the Mechanical Engineering Laboratory of Teuku Umar University, Aceh. The research method used in determining the results of the rotary wheel sinkage test of rice harvesting machines uses a system that can detect the weight of the load using a load cell and an ultrasonic sensor with a weight reaching a predetermined minimum limit. The sinkage testing process on peatland was carried out with a mini two-lane rice cutting machine by adding a load of sand to the machine provided with a load weight of 40kg, 80kg and 120kg. The results of measuring the load received by the finned drive wheels on paddy fields using a load cell measuring instrument with a capacity of 2 tons and HX711 micro ultrasonic sensors are assembled on the Arduino Uno microcontroller. The average wheel load is obtained from the addition of 40 kg (400 Newton) in time (121 seconds), with an additional load of 80 kg the average wheel load (600 Newton) in time (131 seconds), and with an additional load of 120 kg average wheel load (1200 Newton) in time (146 seconds). So, the authors can analyze the results of this study that the cogs of mini rice harvesting machines have worked well by recommending for future research that the cogs are larger than previous studies.

***Key words**: Harvest machine drive wheel sinkage, Load Cell and ultrasonic sensor based on Arduino uno*

DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN ii

LEMBARAN PENGESAHAN PROGRAM STUDI iii

LEMBARAN PENGESAHAN FAKULTAS iv

HALAMAN PERSEMBAHAN v

RIWAYAT HIDUP vii

MOTTO viii

KATA PENGANTAR ix

ABSTRAK xi

DAFTAR ISI xiii

DAFTAR GAMBAR xvi

DAFTAR TABEL xviii

DAFTAR GRAFIK xix

BAB 1 1

PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Batasan Masalah 4

1.4 Tujuan Penelitian 4

1.5 Mamfaat Penelitian 5

BAB 2 6

TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 Mesin Pemanen Padi 6
2.2 Metode Perhitungan Kinerja Traksi Roda Bersirip 7
2.3 Gaya Reaksi Tanah Terhadap Sirip Roda 9
2.4 Sinkage 12
2.5 Beban 13
2.6 Roda Besi Penggerak Traktor 14
2.7 Load Cell 21
2.8 Sensor *Ultrasonik* HC-SR04 22
2.8.1 Cara Kerja *Ultrasonic* 22
2.8.2 Aplikasi Sensor *Ultrasonik* 23
2.9 Arduino Uno 24
2.10 Penelitian Terdahulu 25
2.10.1 Modification of Two-lane Mini Rice Harvesting Machine 25
2.10.2 Hasil Analisa Selisih Waktu Tempuh Berdasarkan Persentase (%) 27
BAB 3 29
METODE PENELITIAN 29
3.1 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan 29
3.2 Metode Pengambilan Data 29
3.4 Jadwal Kegiatan 29
3.5 Alat dan Bahan Penelitian 29
3.5.1 Alat Yang Diperlukan 29
3.5.2 Bahan Penelitian 29
3.6 Pengambilan Mesin Dan Roda Penggerak 37

3.6.1 Pengukuran Sifat Fisik dan Mekanik Tanah 37

3.6.2 Pengukuran Kecepatan Putaran Roda 37

3.6.3 Pengukuran Kecepatan Linear Mesin Panen..... 36

3.6.4 Pengukuran *Sinkage* Roda..... 36

3.6.5 Pengukuran Gaya Reaksi Tanah 37

3.6.6 Desain dan Konstruksi Roda Bersirip 37

3.6.7 Pengujian Kinerja Traksi Roda 36

3.7 Diagram Alir..... 37

BAB 4..... 39

HASIL DAN PEMBAHASAN 39

4.1 Pengujian *Sinkage* Pada Roda Penggerak. 39

4.2 Proses Pengujian..... 39

4.3 Proses Pengujian *Sinkage* Roda Penggerak Terhadap Beban 40 kg, 80 kg, 120 kg. 42

4.4 Pengolaan Data Hasil Pengujian 43

BAB 5..... 49

KESIMPULAN DAN SARAN 49

5.1 Kesimpulan..... 49

5.2 Saran 50

DAFTAR PUSTAKA..... 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lahan gambut yang digunakan untuk tanaman padi 1

Gambar 2. 1 Mesin Potong Padi Modern 7

Gambar 2. 2 Skema pengukuran sinkage 13

Gambar 2. 3 Roda Besi 15

Gambar 2. 4 Sirip Roda Standard (kiri), Sirip Roda lengkung (kanan) 16

Gambar 2. 5 Simulasi Roda Besi Yang Bekerja Pada Permukaan Tanah 17

Gambar 2. 6 Jenis Roda Besi 17

Gambar 2. 7 Grafik Hasil Pengujian Roda Besi ROKER 18

Gambar 2. 8 Roda besi prototip ideal (kiri) dan prototip industri (kanan) 19

Gambar 2. 9 Hasil Pengujian Roda Besi Lahan Kering Prototip Industri 20

Gambar 2. 10 *Load Cell* 21

Gambar 2. 11 Sensor Ultrasonik HC-SR04 24

Gambar 2. 12 Arduino Uno 25

Gambar 2. 13 Gerak Jalan Mesin Menggunakan Sistem Dorong 26

Gambar 2. 14 Desain mesin potong padi mini dua lajur 26

Gambar 2. 15 Pengukuran Rasio Roda 27

Gambar 3. 1 Mesin panen padi mini dua lajur 29

Gambar 3. 2 *Load Cell* 33

Gambar 3. 3 Sensor *Ultrasonik* 33

Gambar 3. 4 Pasir yang sudah ditimbang 36

Gambar 3. 5 Labtop Acer 37

Gambar 3. 6 Skema pengukuran kecepatan putar roda 36

Gambar 3. 7 Skema pengujian sinkage roda bersirip 37

Gambar 3. 8 *Flowchart* Penelitian 37

Gambar 4. 1 Mesin potong padi mini dua lajur 39

Gambar 4. 2 lahan pengujian 40

Gambar 4. 3 Pasir untuk beban 42

Gambar 4. 4 Pengujian *Sinkage* terhadap beban 43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Pengujian Roda Besi (Sebastian, 2002)..... 18

Tabel 2. 2 Selisih Waktu Tempuh Berdasarkan Persentase (%). (Makruf Efendi 2021)..... 28

Tabel 3. 1 jadwal kegiatan (Sumber Penelitian). 29

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian *Sinkage* roda terhadap beban (Sumber Penelitian).... 43

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Hasil pengujian beban roda (Newton) 47

Grafik 4. 2 Pengujian *sinkage* (cm)..... 48

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki lahan gambut terluas di antara negara tropis, mencapai 21 juta Ha atau 10,8% dari luas daratan Indonesia, 35% lahan tersebut tersebar di pulau Sumatera [TS Kebijakan, 2008 dan F. Agus, 2008]. Semakin terbatasnya lahan untuk mendukung ketahanan pangan dan untuk memenuhi lahan pengembangan pertanian tanaman pangan, potensi lahan rawa gambut untuk tanaman padi pada sawah dengan ketebalan kurang dari satu meter telah direkomendasikan sesuai untuk tanaman padi [TS Kebijakan, 2008]. Lahan rawa gambut yang digunakan untuk tanaman padi ditunjukkan pada Gambar 1.1

Gambar 1. 1 Lahan gambut yang digunakan untuk tanaman padi

(Sumber : Wikipedia.com)

Teknologi yang secara umum digunakan untuk memanen padi di Indonesia menggunakan sabit biasa [DKS Swastika, 2012], proses pemanenan padi dengan menggunakan sabit untuk kondisi saat ini dinilai kurang efektif dan efesien [H Susanto, 2017], karena membutuhkan tenaga kerja yang relatif besar 10-20 orang perhari/ha dan peluang resiko kecelakaan saat bekerja lebih besar serta waktu pemanenan relatif lebih lama [H Susanto, 2017 dan J. Amirrullah, 2016].

Dalam perkembangan teknologi banyak terdapat pengembangan alat pemanen secara komplek mulai dari pemotongan hingga perontokan dengan satu alat. Mesin pemotong padi dalam skala besar telah mulai diterapkan pada sawah petani, beberapa kendala mulai bermunculan dari harga mesin yang relatif mahal hingga terjadi kesenjangan sosial dalam masyarakat [J. Amirrullah, 2016 dan Wati H, 2015], dimana masyarakat menjadi penonton dilahan sawah sendiri, pemanenan yang selama ini dikerjakan sendiri dengan menggunakan sabit, dengan hadirnya mesin pemanen padi skala besar telah mengurangi pekerjaan mereka dan untuk membeli mesin pemanen skala besar petani tidak memiliki kecukupan dana, sehingga pekerjaan pemanenan padi diupahkan ke pengusaha-pengusaha, ini dapat mengakibatkan berkurangnya penghasilan petani sawah (H Susanto, 2018]. Disisi lain mesin pemanen padi skala besar dapat merusak struktur tanah dan tanah menjadi lebih keras [Wati H, 2015], serta belum bisa digunakan pada sawah yang dengan kondisi rawa, lahan sempit [Mustafa Lutfi, 2017] dan gambut yang sebahagian besar berada di kabupaten Aceh Barat [S Ritung, 2007].

Pemanenan padi untuk kondisi lahan tersebut diatas diperlukan suatu penangganan yang baik, sehingga pemanenan dapat di lakukan dengan tepat, karena ketepatan waktu pemanenan mempengaruh hasil panen dan mutu gabah, dan jika terlambat dalam pemanenan akan menyebabkan penurunan produksi dan jika terlalu cepat pemanenan akan menyebabkan mutu padi kurang baik [Hadrian S., 1981].

Tantangan dan potensi tersebut diatas menjadi latar belakang dalam merancang bangun mesin pemanen padi sederhana yang mampu di operasikan langsung oleh petani sawah dengan harga yang relatif murah dan mampu bekerja pada kondisi sawah lahan sempit, rawa dan gambut serta memiliki bobot mesin yang relatif lebih ringan. Rancangan mesin panen padi tersebut sebelumnya telah dirancang bangun (H. Susanto, 2018, 2019, 2020, 2021) tetapi masih terdapat beberapa kendala yang menyebabkan mesin panen padi belum berfungsi dengan optimal, diantaranya adalah daya dorong mesin panen padi masih menggunakan tenaga manusia, sehingga belum mampu bekerja dengan optimal disebabkan oleh kemampuan tenaga dorong manusia yang dilakukan secara manual masih sangat terbatas dalam hal kecepatan gerak, untuk mengoptimalkan kinerja tersebut perlu dilakukan kajian terhadap penggunaan roda bersirip dan kebutuhan daya penggerak roda bersirip pada mesin panen padi mini dua lajur tersebut dan pada penelitian ini akan dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diambil dalam penelitian ini dapat diidentifikasikan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menguji *sinkage* sirip roda penggerak masuk ketanah pada mesin potong padi mini dua lajur.
2. Pengujian pengoperasian *sinkage* roda penggerak terhadap pada mesin potong padi mini dua lajur dengan Load Cell dan Sensor Ultrasonik.

1.3 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah dalam proposal ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada pengujian *sinkage* terhadab beban seberapa dalam sirip besi roda pengerak masuk kedalam tanah pada mesin potong padi mini dua lajur .
2. Pengujian kinerja hanya mengunakan Load Cell dan Sensor Ultrasonik pada roda mesin potong padi mini dua lajur.

1.4 Tujuan Penelitian

Dengan dibuatnya mesin potong padi mini dua lajur ini, diharapkan dapat digunakan oleh masyarakat luas. Adapun tujuan khusus penelitian ini sebagai berikut:

1. Menguji *Sinkage* roda penggerak bersirip pada mesin panen padi dua lajur yang telah dirancang bangun pada penelitian sebelumnya
2. Uji *Sinkage* pada lahan sawah gambut dilakukan untuk mengukur *sinkage* roda pada mesin panen padi dua lajur melintasi lahan sawah gambut dengan tahapan pengukuran menggunakan sensor *ultrasonik*
3. pengukuran *sinkage* roda bersirip, mengukur kedelaman sirip terhadap beban yang disiapkan

4. Melatih dan meningkatkan kemampuan penulis/mahasiswa teknik mesin dalam berinovasi baik menciptakan maupun mengembangkan teknologi.

1.5 Mamfaat Penelitian

Maaf penelitian yang diharapkan untuk mempercepat dan mempersingkat aktivitas para Petani khususnya dalam proses untuk memotong atau memanen padi, agar mempermudah pengguna dalam mengoperasikan mesin panen padi mini dua lajur ini dalam sistem gerak jalannya.

Penelitian ini sebuah bahan acuan bagi mahasiswa atau umum untuk melakukan pengembangan dan penelitian yang di siplin sesuai dengan bidang masing-masing.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin Pemanen Padi

Sejalan dengan perkembangan teknologi dan pemikiran-pemikiran manusia dari jaman ke jaman, cara pemungutan hasil (panen) pertanian pun tahap demi tahap berkembang sesuai dengan tuntutan kebutuhan. Tuntutan kebutuhan manusia akan pakan mendesak pemikir untuk memecahkan masalah-masalah bagaimana meningkatkan produksi, meningkatkan produksi kerja sesuai dengan waktu yang tersedia. Dalam meningkatkan produksi, salah satu aspek yang harus ditekan serendah mungkin adalah masalah kehilangan produksi diwaktu panen.Sedangkan dalam meningkatkan kemampuan kerja adalah bagaimana menekan waktu yang dibutuhkan dalam menanam dalam satuan luas tertentu.Ini bertujuan agar dalam waktu yang cepat dapat memungut hasil yang optimum dengan kehilangan produksi serendah mungkin dan efisiensi kerja serendah mungkin. Alat dan mesin panen terdiri dari banyak macam dan jenisnya yang digolongkan menurut jenis tanaman dan tenaga penggerak, juga menurut cara tradisional maupun semi-mekanis sampai yang modern. Menurut jenis tanaman, alat dan mesin panen digolongkan untuk hasil tanaman yang berupa biji-bijian, tebu, rumputrumputan, kapas dan umbi-umbian.Sedangkan untuk hasil tanaman yang berupa bijibijian dibagi jenisnya untuk padi, jagung, kacang-kacangan. Akan tetapi, karena disesuaikan dengan kebutuhan, maka dalam tulisan ini hanya akan membahas alat dan mesin panen untuk tanaman padi. Merancang bangun sebuah mesin pemotong padi sistem mekanis yang dapat meningkatkan produktifitas

kerja para petani pada proses memotong/memanen padi. 16 Dengan tersedianya mesin ini, waktu potong/panen padi dapat lebih singkat dan proses perontokan dapat berlangsung serentak dengan pemotongan. Cara pemanenan padi dapat dibagi dua macam cara, yaitu cara tradisional dan cara mekanis. Dengan cara tradisional alat yang digunakan adalah ani-ani atau sabit. Penanganan panen padi yang menggunakan alat dan mesin bekerja secara mekanis sampai modern. Gambar dibawah memperlihatkan beberapa peralatan penanganan panen padi mulai dari yang tradisional sampai modern. (Sumardi1* , Hasrin2 , Munzir3 , dan Rudi Mardian Saputra4)

Gambar 2. 1 Mesin Potong Padi Modern

(sumber: Wikipedia.com)

2.2 Metode Perhitungan Kinerja Traksi Roda Bersirip

Guna mengetahui kinerja traksi dari roda, perlu diketahui beberapa parameter, yaitu tenaga tarik (drawbar power), tenaga masukan pada poros roda (power input) dan efisiensi traksi (tractive efficiency). Ketiga parameter tersebut

umumnya ditampilkan bersamaan dengan slip roda. Nilai slip roda dihitung dengan persamaan 1.

$$S=100 \times [(lt-la)/lt] \quad (1)$$

Slip roda (S) diketahui dengan mengukur jarak perpindahan linier yang dihasilkan satu putaran penuh roda traktor dengan beban (la) pada lintasan dan membandingkannya dengan jarak perpindahan linier yang dihasilkan satu putaran penuh roda traktor tanpa beban (lt).

Nilai tenaga tarik (drawbar power Po) dan tenaga masukan (power input Pi) dalam watt diketahui berturut-turut dari persamaan 2 dan 3, di mana P adalah gaya tarik traktor (N), v merupakan kecepatan linier traktor (m/s), T adalah torsi pada poros roda (Nm) dan ω adalah kecepatan angular roda (rad/s). Adapun nilai efisiensi traksi (tractive efficiency) η dalam % diketahui dari persamaan 4.

$$Po=P \times v \quad (2)$$

$$Pi=P \times \omega \quad (3)$$

$$\eta=(P \times v)/(T \times \omega) \times 100 \quad (4)$$

Beban tarik atau drawbar pull bila dipadukan dengan parameter kecepatan maju mesin panen padi, menghasilkan tenaga tarik atau drawbar power. Beban tarik dalam percobaan ini berupa komponen bobot mesin panen padi ke arah sejajar kemiringan lereng pengujian ditambah gaya rolling resistance. Skema pengukuran beban tarik dan perhitungan beban tarik menggunakan persamaan 5.

$$P=Wt \times \sin \alpha+Frr \quad (5)$$

Di mana:

P=beban Tarik (N)

Wt=bobot total traktor (N)

α=sudut kemiringan lahan (^{0})

Frr=Rolling resistance (N)

2.3 Gaya Reaksi Tanah Terhadap Sirip Roda

Menurut Elwaleed et al. (2005) pemahaman tentang prinsip gaya dorong dari alat traksi sangat penting untuk membantu engineer agar dapat merancang mesin dan peralatan pertanian yang sesuai dengan kondisi lahan yang diolah. Kemampuan roda besi bersirip terus mengalami pengembangan dari waktu ke waktu sehingga dihasilkan kemampuan roda besi bersirip yang lebih optimum sesuai dengan kondisi lahan yang akan diolah. Penelitian tentang plat sirip pada roda besi bersirip telah banyak dilakukan dengan mengukur dan mengamati gaya reaksi tanah terhadap plat sirip. Gaya reaksi tanah terhadap modifikasi pada bagian sirip tersebut selanjutnya dianalisis agar gaya dorong dan gaya angkat yang dihasilkan optimum, serta slip yang terjadi dapat diminimalisir. Hal yang sama dapat dilakukan pada plat sirip roda besi bersirip untuk menghasilkan roda besi bersirip yang dapat meningkatkan mobilitas mesin panen padi dalam dalam penggunaannya pada lahan sawah rawa gambut.

Gaya reaksi tanah terhadap sirip terjadi ketika sirip pada roda besi bersirip menyentuh dan melakukan penetrasi pada tanah. Menurut Hermawan et al. (1996), pengukuran gaya reaksi tanah terhadap sirip tunggal dapat dilakukan dengan membuat peralatan uji dalam suatu bak tanah. Sirip tunggal dipasang pada sebuah transduser gaya bentuk L dan digerakkan (berotasi) oleh suatu poros penggerak. Beberapa strain gauge direkatkan pada transduser gaya bentuk L dan

poros penggerak tersebut untuk mengukur gaya normal, gaya tangensial, dan torsi. Hasil pengukuran tersebut kemudian dikalkulasi dan dikonversi menjadi gaya dorong dan gaya angkat yang dihasilkan oleh plat sirip.

Gaya normal dan gaya tangensial yang bekerja pada plat sirip tunggal meningkat secara kontinyu kemudian mulai menurun setelah mencapai puncaknya selama sirip tersebut di dalam tanah. Grafik yang ditunjukkan oleh gaya-gaya tersebut menghasilkan trend yang sama dengan grafik gaya dorong yang dihasilkan oleh sirip tunggal pada tanah (Salokhe et al. 1990). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, gaya dorong mesin panen padi yang menggunakan roda besi bersirip dapat diketahui untuk dimaksimalkan dengan mengamati gaya normal dan gaya tangensial yang bekerja pada plat sirip.

Hermawan et al. (1996) menjelaskan bahwa sudut sirip mempengaruhi gaya dorong yang dihasilkan oleh plat sirip tunggal. Sudut sirip yang sesuai dengan kondisi lahan dapat menghasilkan gaya dorong yang lebih besar. Hal tersebut disebabkan oleh peningkatan gaya normal dan gaya tangensial yang bekerja pada plat sirip. Walaupun demikian, sinkage (ketenggelaman sirip) dalam tanah, serta kondisi fisik dan mekanik tanah juga mempengaruhi gaya dorong tersebut. Penelitian yang dilakukan Triratanasirichai et al. 1990 yang menyatakan sudut sirip yang lebih kecil (30° dan 45°) menghasilkan traksi (tenaga tarik) yang lebih besar dibandingkan dengan sudut sirip yang lebih besar (60°). Pada penelitian sebelumnya juga telah ditemukan bahwa kekuatan sirip maksimum dapat diperoleh pada sudut sirip sekitar kecil sekitar 30° (Yamanaka, 1962; Gee-

Clough dan Chancellor, 1976; Jayasundera, 1980; Shao, 1981; Wimalawansa, 1982).

Berdasarkan mekanisme model sirip, gaya tarik dan angkat dari sirip selanjutnya dapat dihitung dari gaya normal dan gaya tangensial yang diukur dengan menggunakan persamaan yang digunakan oleh Hermawan et al. (1998) namun di dalam penelitian ini simbol gaya tarik atau gaya tegak lurus lereng diganti menjadi Fv dan gaya dorong atau gaya sejajar lereng menjadi Fh:

$$Fv=Fn \cos (\Theta- \lambda)+Ft \sin (\Theta-\lambda) \quad (6)$$

$$Fh=Fn \sin (\Theta- \lambda)-Ft \cos (\Theta-\lambda) \quad (7)$$

di mana Fv gaya tegak lurus lereng (N), Fh gaya dorong sejajar (N), Fn gaya normal (N), Ft gaya tangensial (N), θ sudut rotasi poros penggerak sirip (°), dan λ sudut sirip (°).

Nilai slip tersebut dihitung dengan membandingkan jarak teoritis dan jarak aktual perpindahan. Jarak teoritis perpindahan dihitung dengan persamaan (8). Jarak aktual perpindahan didapatkan dari hasil pengukuran oleh sensor jarak. Nilai slip yang terjadi pada percobaan dihitung dengan persamaan (9). Nilai slip tersebut selanjutnya dibandingkan terhadap sinkage, gaya dorong sejajar, dan sudut sirip yang diuji.

$$Dt=22\pi Rlt/60 \quad (8)$$

$$S=(Dt-Da)/Dt \quad (9)$$

Dimana :

Dt=jarak pindah teoritis (mm)

RL=Radius sirip dari pusat poros penggerak ke ujung sirip (mm)

t=waktu sirip berotasi selam di dalam tanah (detik)

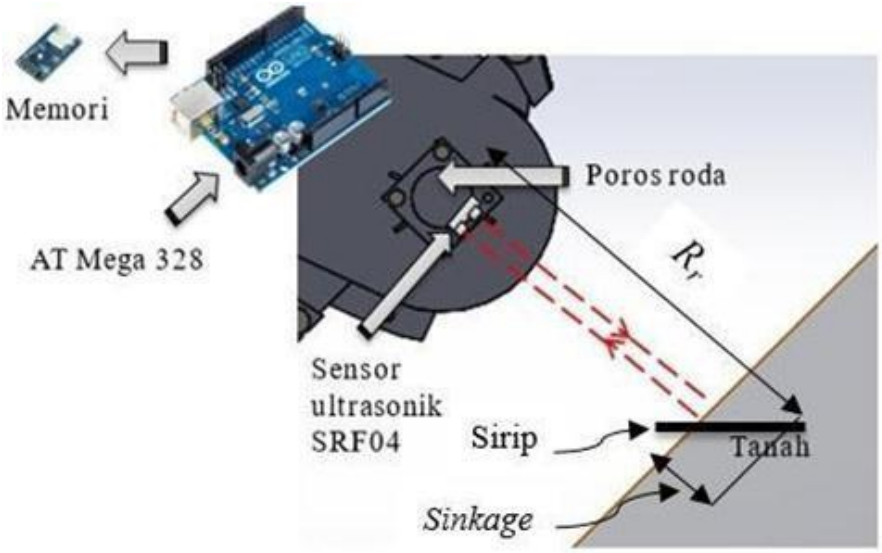
Da=Jarak pindah actual (mm)

S=Slip pergerakan sirip

2.4 Sinkage

Sinkage atau ketenggelaman roda akan mempengaruhi besar traksi yang dihasilkan roda, secara umum semakin besar nilai sinkage semakin besar pula traksi dan akan mengurangi terjadinya slip. Parameter *sinkage* diukur secara real time menggunakan sensor ultra sonik SRF04, arduino AT Mega 328 dan personal komputer.

Pengukuran *sinkage* yang terjadi pada roda menggunakan satu unit instrumen ukur yang terdiri dari sensor ultrasonik SRF04, arduino uno dan memori. Sensor ultrasonik dipasang pada poros tambahan yang terhubung dengan poros roda, dengan menghadap ke tanah sejajar dengan gear-box. Sensor merekam jarak dari poros roda ke tanah. Sinkage dapat ditentukan yaitu selisih antara jari-jari roda terluar dengan jarak pusat roda ke permukaan tanah yang terekam. Sebelum pengukuran, instrumen *sinkage* dikalibrasi terlebih dahulu. Skema pengukuran sinkage dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 2. 2 Skema pengukuran sinkage
(Sumber : Irwin Syahri Cebro Institut Teknologi Bogor 2019)

Slip menyebabkan troli dengan beban normal yang tetap untuk setiap variasi percobaan tidak dapat mencapai perpindahan maksimalnya, sehingga slip merupakan faktor yang perlu diminimalisir. Slip perpindahan troli dalam penelitian ini semakin besar saat *sinkage* uji semakin dangkal dan sudut sirip semakin besar. Slip yang semakin besar juga berdampak pada gaya dorong sejajar lereng yang dihasilkan, di mana gaya dorong sejajar lereng semakin kecil saat slip terjadi semakin besar.

2.5 Beban

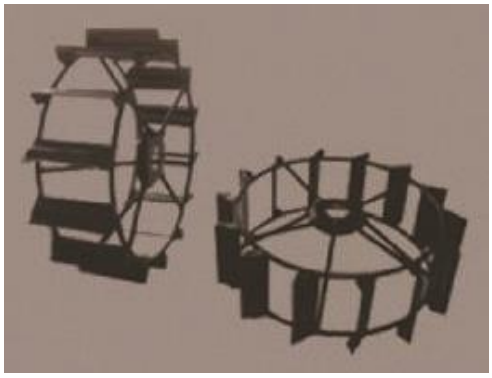
Menurut Sice, Earl K, James D. Sice, k. Fred Skousen, (2010: 230) Beban didefinisikan sebagai arus keluar atau penggunaan lain dari aktiva atau timbulnya kewajiban (atau kombinasi keduanya) dari penyerahan atau produksi suatu barang, pemberian jasa, atau pelaksanaan aktivitas lain yang merupakan usaha terbesar atau usaha utama yang sedang dilakukan entitas tersebut. Berdasarkan pengertian-pengertian Beban tersebut, dapat penulis simpulkan bahwa beban

adalah suatu pengorbanan yang dilakukan untuk suatu barang dan jasa, atau dengan kata lain yakni suatu pengorbanan yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari **(**(Kosanke, 2019)

2.6 Roda Besi Penggerak Traktor

Penggunaan traktor 2-roda atau traktor tangan untuk pengolahan tanah sawah di Indonesia sudah cukup populer karena harganya murah dan mudah pengoperasian serta perawatannya. Jumlah traktor 2-roda di Indonesia saat ini berkisar 180 ribu unit *(Suastawa, 2007).*

Roda besi standar yang dijual bersama traktor 2-roda pada dasarnya adalah roda standar untuk penggunaan pengolahan tanah di lahan sawah. Untuk penggunaan di lahan kering jenis roda ini kurang cocok karena tidak memberikan ”efek cengkeraman” yang efektif. Disamping jenis bahan, desain roda traksi sangat menentukan efektifitas traktor dalam merubah daya enjin dalam bentuk tenaga putar menjadi traksi atau kemampuan untuk menarik beban/peralatan di lahan misalnya untuk pekerjaan pembajakan tanah. Saat ini traktor 2-roda dengan alat traksi berupa roda karet maupun roda besi umumnya hanya digunakan di lahan gembur (seperti pada kebun hortikultura) dan sawah.

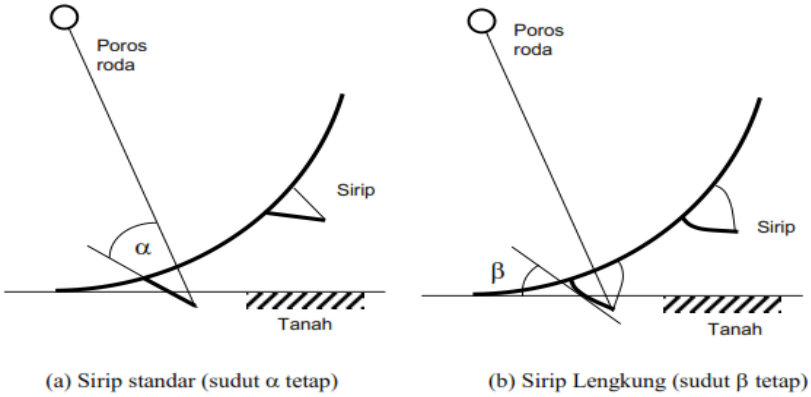


Gambar 2. 3 Roda Besi
(Sumber: https://www.yanmar.com/id/agri/products/tiller/yst/)

Secara teori dengan mempelajari gerak dari sirip roda relatif terhadap tanah maka dapat diketahui lintasan bekas tapaknya saat roda masuk kedalam tanah dan sat roda telah meninggalkan tanah, sehingga dapat dibuat kelengkungan yang rasional yang memberikan efek cengkeraman ke tanah yang paling baik. (*Radite P.A.S*[2]*, Wawan Hermawan, Adhi Soembagijo*[3]*, 2008).*

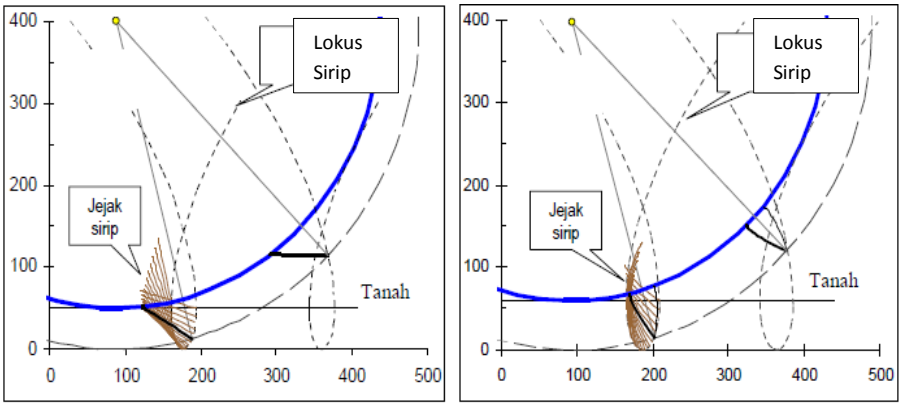
Sumber analisa ini yang dikutip berdasarkan penelitian sebelumnya denngan judul "Desain Dan Pengujian Roda Besi Lahan Kering Untuk Traktor 2-Roda". *(Radite P.A.S, Wawan Hermawan, Adhi Soembagijo).*

Pada roda besi standard, sirip roda berupa sirip lurus dengan sudut tetap α, sedangkan pada roda besi sirip lengkung desain kelengkungannya ditentukan dari garis singgung antara kurva sirip roda dengan permukaan tanah membentuk sudut β seperti ditunjukkan dibawah ini.



Gambar 2. 4 Sirip Roda Standard (kiri), Sirip Roda lengkung (kanan)
(Sumber : Radite P.A.S, Wawan Hermawan,Adhi Soembagijo. 2008)

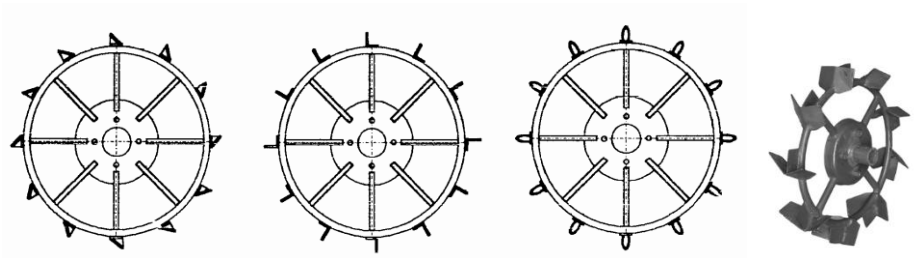
Untuk meningkatkan kemampuan traksi dari roda besi tersebut maka dikembangkan desain sirip roda yang mempunyai kelengkungan rasional berdasarkan analisis kinematika mekanisme ”gerak masuk dan keluar” tapak sirip roda ke dan dari tanah. Dari simulasi, dapat ditentukan bahwa pada slip dibawah 15% sirip roda sirip lengkung yang menggunakan sudut β = 82-88° mempunyai bekas tapak yang lebih menguntungkan dibandingkan dengan roda sirip standar. Pada desain roda sirip lengkung, tanah bekas tapak masih dapat memberikan “efek cengkeraman” pada sirip roda sampai pada saat sirip roda bergerak hampir meninggalkan tanah. Desain sirip roda dengan sudut inilah yang kemudian dibuat prototipenya untuk diuji kinerjanya.



(a) sirip standar sudut α = 45 (b) sirip lengkung β = 85°

Gambar 2. 5 Simulasi Roda Besi Yang Bekerja Pada Permukaan Tanah
(Sumber : Radite P.A.S, Wawan Hermawan,Adhi Soembagijo. 2008)

Sebastian (2002) melakukan pengujian prototip pada pekerjaan pembajakan dengan bajak singkat dengan membandingkan antara 3 tipe roda besi, yaitu roda besi standar, roda besi sirip siku dan roda besi sirip lengkung.



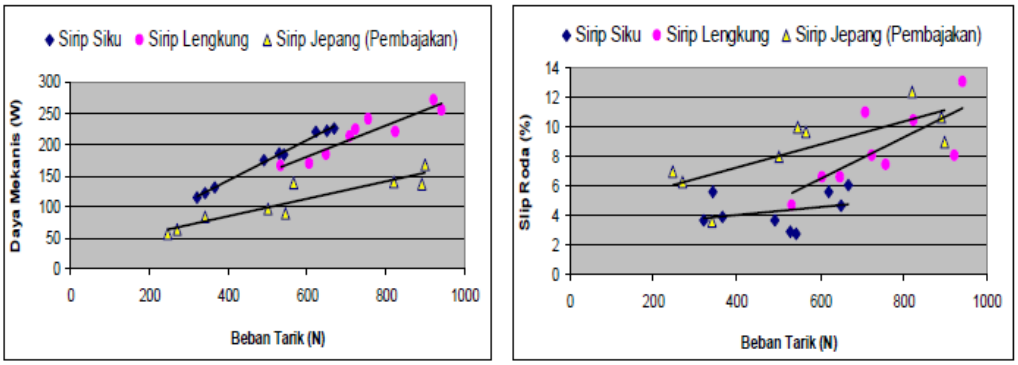
Standar (IRRI) Sirip siku Sirip lengkung Tipe Jepang

Gambar 2. 6 Jenis Roda Besi
(Sumber : Radite P.A.S, Wawan Hermawan,Adhi Soembagijo. 2008)

Ferdian (2003) melanjutkan pengujian untuk menbandingkan antara roda besi sirip siku, roda besi tipe Jepang dan roda lengkung. Dalam pengujian lapang di Kebun Percobaan Departemen Teknik Pertanian IPB di Leuwikopo, roda besi sirip lengkung juga menunjukkan kinerja yang lebih baik jika dibandingkan dengan roda besi sirip siku maupun roda besi untuk pembajakan tipe Jepang.

Tabel 2. 1 Hasil Pengujian Roda Besi (Sebastian, 2002)

Tipe Roda	Jumlah Sirip	KLT (ha/jam)	KLE (ha/jam)	Efisiensi Lapang (%)	Slip Roda (%)	Ketenggelaman sirip (cm)
Roda besi standard	14	0.031	0.017	56.7	10.0	1.4
	12	0.029	0.016	58.5	12.5	1.9
	10	0.026	0.015	57.5	17.8	2.8
Roda besi sirip siku	14	0.032	0.018	55.3	8.4	2.2
	12	0.030	0.017	55.5	11.0	3.1
	10	0.028	0.016	55.4	16.9	4.1
Roda besi Sirip lengkung	14	0.032	0.018	55.7	8.9	2.0
	12	0.030	0.017	55.6	11.3	2.9
	10	0.029	0.016	56.5	16.3	3.7



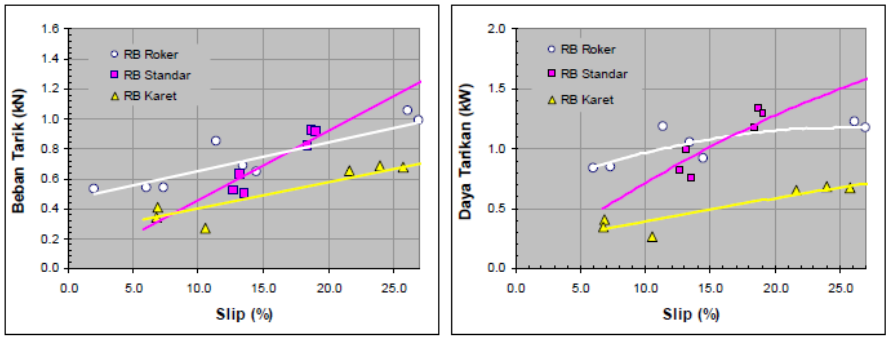
Gambar 2. 7 Grafik Hasil Pengujian Roda Besi ROKER
(Sumber : Ferdian 2003)

Dalam hasil pengujiannya, prototip industri dibuat oleh PT Metavisi Sentra Integra. Dalam pabrikasinya, prototip industri dari roda besi lahan kering ini mempunyai kelengkungan sirip roda yang mengalami distorsi dari bentuk idealnya. Kelancipan bagian ujung lebih tumpul dibandingkan dengan bentuk

prototip idealnya, karena dalam pembuatannya digunakan proses tekuk plat. Pengujian kali ini dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan bentuknya dengan melakukan pengukuran kinerja pembebanan tarik dan dibandingkan hasilnya dengan roda besi standard. *(Radite P.A.S, Wawan Hermawan, Adhi Soembagijo. 2008).*

Gambar 2. 8 Roda besi prototip ideal (kiri) dan prototip industri (kanan)
(Sumber : Radite P.A.S, Wawan Hermawan,Adhi Soembagijo. 2008)

Hasil pengujian kinerja menunjukkan bahwa roda besi sirip lengkung mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan kedua tipe roda besi lainnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada slip dibawah 15 % kemampuan traksi (kN) dan daya tarikan (kW) dari roda besi sirip lengkung lebih baik dari pada roda besi standard dan roda karet, namun pada slip diatas 15% kemampuan traksi dan daya tarikannya lebih rendah dibandingkan dengan roda besi standard, hasil data dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 2. 9 Hasil Pengujian Roda Besi Lahan Kering Prototip Industri
(Sumber : Penelitian Radite P.A.S, Wawan Hermawan,Adhi Soembagijo. 2008)

Adapun kutipan kesimpulan yang telah disusun oleh penulis dari penelitian ini ialah sebagai berikut,

1. Dengan perancangan yang baik dapat didesain suatu roda yang mempunyai kemampuan traksi lebih baik dengan menganalisi gerak setiap langkah sirip terhadap tanah untuk mendapatkan bentuk kelengkungan sirip roda yang rasional pad slip roda yang diinginkan.
2. Pada pengujian prototip ideal dalam operasi pembajakan di lahan tegalan, roda besi sirip lengkung menunjukkan slip roda yang lebih kecil (8.9 – 16.3%) dibandingkan dengan roda besi standard (slip 10.0 – 17.8%), baik pada penggunaan sirip berjumlah 14, 12 maupun 10 buah. Sirip berjumlah 14 mempunyai slip yang paling kecil.
3. Pada slip dibawah 15 % kemampuan traksi (kN) dan daya tarikan (kW) dari roda besi sirip lengkung lebih baik dari pada roda besi standard maupun roda karet, namun pada slip diatas 15% kemampuan traksi dan daya tarikannya lebih rendah dibandingkan dengan roda besi standard.

2.7 Load Cell

Load cell adalah alat yang mengeluarkan sinyal listrik dengan gaya ataubeban yang diterimanya. *Load Cell* adalah alat elektromekanik (mekanik sebagaiinputan dan listrik sebagai outputnya) yang biasa disebut transducer, yaitu sebuahalat yang dapat mengubah satu bentuk daya menjadi bentuk daya lainnya.

Load cell menggunakan prinsip tekanan yang memanfaakan sensor strain gauge. *Load cell* atau sel beban adalah sensor yang terdiri dari sebuah strain gauge atau lebih, yang ditempelkan pada batang berbahan logam yang berbentuk cincin. Jumlah strain gauge dalam sebuah *load cell* bisa disesuaikan dengan kebutuhan. Strain gauge yang ada pada load cell terbuat dari bahan foil grid. Foil grid sendiri merupakan kawat tipis berukuran panjang yang disusun secara zig-zag.

Gambar 2. 10 *Load Cell*
(Sumber : Wikipedia. com)

Hasil pengukuran load cell selain ditentukan oleh besarnya beban, juga ditentukan oleh besarnya tegangan excitasi, dan karakteristik (mV/V) load cell itu sendiri. Salah satu karakteristik load cell yaitu 2 mV/V. Yang berarti setiap satu volt tegangan excitasi, pada saat load cell dibebani maksimal akan mengeluarkan signal sebesar 2 mV. Jika beban 200 kg diberikan pada load cell kapasitas 200 kg

dengan tegangan excitasi 5 V, maka signal yang terkirim dari load cell tersebut adalah sebesar 10 mV. Demikian juga apabila dibebani 100 kg dengan tegangan excitasi tetap 5 V, karena 100 kg adalah setengah dari 200 kg maka keluaran loadcell menjadi 5 mV. (Dian Bambang Pramusinto, Semarang 2019).

2.8 Sensor *Ultrasonik* HC-SR04

Sensor *ultrasonik* adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik).

Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat di dengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi ultrasonik bisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair. Akan tetapi, gelombang bunyi ultrasonik akan diserap oleh tekstil dan busa.

2.8.1 Cara Kerja *Ultrasonic*

Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40 kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda

tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima

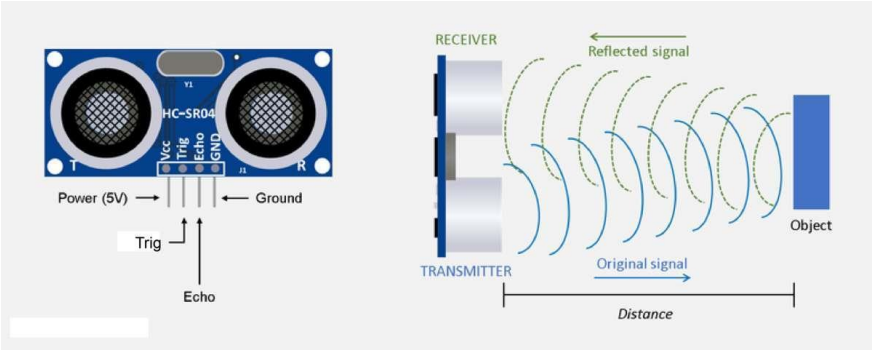
2.8.2 Aplikasi Sensor *Ultrasonik*

Dalam bidang kesehatan, gelombang ultrasonik bisa digunakan untuk melihat organ-organ dalam tubuh manusia seperti untuk mendeteksi tumor, liver, otak dan menghancurkan batu ginjal. Gelombang ultrasonik juga dimanfaatkan pada alat USG (ultrasonografi) yang biasa digunakan oleh dokter kandungan.

Dalam bidang industri, gelombang ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keretakan pada logam, meratakan campuran besi dan timah, meratakan campuran susu agar homogen, mensterilkan makanan yang diawetkan dalam kaleng, dan membersihkan benda benda yang sangat halus. Gelombang ultrasonik juga bisa digunakan untuk mendeteksi keberadaan mineral maupun minyak bumi yang tersimpan di dalam perut bumi.

Dalam bidang pertahanan, gelombang ultrasonik digunakan sebagai radar atau navigasi, di darat maupun di dalam air. Gelombang ultrasonik digunakan oleh kapal pemburu untuk mengetahui keberadaan kapal selam, dipasang pada kapal selam untuk mengetahui keberadaan

kapal yang berada di atas permukaan air, mengukur kedalaman palung laut, mendeteksi ranjau, dan menentukan puosisi sekelompok ikan.



Gambar 2. 11 Sensor Ultrasonik HC-SR04
(Sumber : Wikipedia.com)

2.9 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328(datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya.

Gambar 2. 12 Arduino Uno
(Sumber : wikipedia.com)

2.10 Penelitian Terdahulu

2.10.1 Modification of Two-lane Mini Rice Harvesting Machine

Pada penelitian ini dengan judul *"Modification of Two-lane Mini Rice Harvesting Machine"* (Herdi Susanto, Zakir Husin dan Joli Supardi, 2019). Didapatkan kesimpulan bahwa rancang bangun telah menghasilkan 1 unit mesin pemanen padi dua lajur dengan spesifikasi daya 1,4 HP, diameter pisau potong 54 cm, tinggi potong 25 cm dan dimensi keseluruhan panjang 184 cm, lebar 60 cm, tinggi 125 cm dan bobot 68,56 Kg. Uji fungsional dan elementer menunjukkan bahwa mesin panen padi mini dua lajur telah berfungsi dengan baik dengan kecepatan panen 20,33 jam per hektar lebih baik dari penelitian sebelumnya yaitu 27,32 jam per hektar.

Gambar 2. 13 Gerak Jalan Mesin Menggunakan Sistem Dorong
(Sumber : Penelitian Susanto, H.,dkk./prosiding SNTTM XVII, 9-10 Oktober, 2019)

Berdasarkan penelitian terdahuu "*Uji Kemampuan Roda Penggerak Mesin Panen Padi Mini 2 Lajur"*(Makruf Efendi 2021) Pada hasil modifikasi serta desain ulang kebutuhan roda penggerak mesin panen padi mini dua lajur, dari tahap perencanaan atau desain (*software Solidwork 2013*) telah menghasilkan bentuk pada (gambar 4.3) dan spesifikasi sebagai berikut:

Gambar 2. 14 Desain mesin potong padi mini dua lajur
(Sumber : Makruf Efendi 2021)

2.10.2 Hasil Analisa Selisih Waktu Tempuh Berdasarkan Persentase (%)

Gambar 2. 15 Pengukuran Rasio Roda
(Sumber : Makruf Efendi 2021)

- Diameter roda penggerak : 21 cm
- Mesin penggerak : Mesin 2 tak 32 cc (7000 rpm/0,8 kW)
- Perbandingan/putaran rasio : 1/28
- Bahan roda : Besi baja
- Jumlah mata sirip : 12 buah/roda
- Panjang mata sirip : 14 cm
- Lebar mata sirip : 3,5 cm
- Sudut kemiringan sirip : 60°

Hasil perbandingan selisih waktu tempuh dalam nilai persentase (%) antara pengujian roda penggerak pada lintasan lahan kering dan lahan sawah. Didapatkan kesimpulan bahwa dilintasan lahan kering lebih meningkat atau lebih cepat dalam mencapai jarak lintasan 50 meter.

Tabel 2. 2 Selisih Waktu Tempuh Berdasarkan Persentase (%). (Makruf Efendi 2021)

Peningkatan Selisih Waktu Tempuh Lintasan Kering Terhadap Lintasan Sawah Berdasarkan Persentase (%)					
NO	Beban (Kg)	Power engine (RPM)	Waktu/detik (Lahan Kering)	Waktu/detik (Lahan Sawah)	Persentase (%)
1	Beban 40 Kg	3500	26,69	29,75	10%
		5250	17,75	27,22	35%
		7000	7,33	15,39	52%
2	Beban 80 Kg	3500	39	39,91	2%
		5250	25,22	31,05	19%
		7000	20,2	21,86	8%
3	Beban 120 Kg	3500	43,22	49,64	13%
		5250	36,32	38,31	5%
		7000	29,12	34,58	16%

Pada hasil data yang didapat, pada beban 40 kg dan *power engine* 3500 rpm yaitu antara lahan kering dan sawah (26,69 - 29,75 detik) dihasilkan selisih 10% lebih cepat. Pada *power engine* 5250 rpm yaitu antara lahan kering dan sawah (17,75 - 27,22 detik) dengan selisih 35% dan pada *power engine* 7000 rpm yaitu antara lahan kering dan sawah (7,33 - 15,39 detik) dihasilkan selisih 52% .

Pada beban 80 kg dan *power engine* 3500 rpm yaitu antara lahan kering dan sawah (39 - 39,91 detik) dihasilkan selisih 2% lebih cepat. Pada *power engine* 5250 rpm yaitu antara lahan kering dan sawah (25,22 - 31,05 detik) selisih 19% dan pada *power engine* 7000 rpm yaitu antara lahan kering dan sawah (20,2 - 21,86 detik) dengan selisih 8%.

Pada beban 120 kg dan *power engine* 3500 rpm yaitu antara lahan kering dan sawah (43,22 - 49,64 detik) dihasilkan selisih 13% lebih cepat.

Pada *power engine* 5250 rpm yaitu antara lahan kering dan sawah (36,32 - 38,31 detik) selisih 5% dan pada *power engine* 7000 rpm yaitu antara lahan kering dan sawah (29,12 - 34,58 detik) dengan selisih 16% lebih cepat.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Teuku Umar dan waktu pelaksanaan penelitian dari bulan Juli sampai dengan Desember 2022.

3.2 Metode Pengambilan Data

Dalam membahas serta menyelesaikan masalah yang diangkat dalam penelitian ini, perlunya suatu data-data dalam membuat dan menyusun proposal ini. Penulis menggunakan 2 (dua) metode dalam mengumpulkan data yaitu:

a. Studi literatur

   Metode ini ialah menapatkan bahan informasi melalui buku-buku dan website sebagai pedoman yang harus berhubungan dengan konsep penelitian.

b. Perangkat Kerja

   Mempersiapkan peralatan kerja dan menyediakan alat maupun bahan kerja yang akan digunakan dilapangan sesuai kebutuhan.

3.4 Jadwal Kegiatan

Tabel 3. 1 jadwal kegiatan (Sumber Penelitian).

No	Kegiatan	Jadwal (Bulan dan Minggu)																							
		Juli				Agustus				September				Oktober				November				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Analisa literatur																								
2	Penulisan Proposal																								
3	Persiapan Alat dan Bahan																								
5	Pengujian Kinerja Alat																								
6	Penelitian/Pengambilan Data																								
7	Penulisan Laporan Hasil																								
8	Seminar/ Sidang																								
9	Revisi Hasil Sidang																								
10	Cetak Skripsi/TGA																								

3.5 Alat dan Bahan Penelitian

3.5.1 Alat Yang Diperlukan

Mesin panen padi dua lajur alat yang diperlukan dalam penelitian ini yang mana mesin panen padi, alat yang dapat memudahkan para petani dalam mengelola maupun memanen padi.

Gambar 3. 1 Mesin panen padi mini dua lajur
(Sumber : Penelitian)

3.5.2 Bahan Penelitian

Bebeberapa bahan yang diperlukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

3.4.2.1 Load Cell

Berdasarkan hasil kajian diatas, maka kami dibuatlah sistem yang dapat mendeteksi berat pasir/beban menggunakan sensor berat (Load cell) dengan berat mencapai batas minimum yang sudah ditentukan

Gambar 3. 2 *Load Cell*
(Sumber : Penelitian)

3.4.2.2 Sensor Ultrasonik

Sensor jenis ini menggunakan bunyi ultrasonik 20.000 Hz ++ untuk mendapatkan jarak dan waktu tertentu. Selain mengukur jarak, fungsi sensor ultrasonik juga mampu mendeteksi keterangan dan tipe beda yang berhasil memantulkan sinyal.

Gambar 3. 3 Sensor *Ultrasonik*
(Sumber : Penelitian)

3.4.2.3 Pasir

Pasir juga bisa digunakan sebagai sebuah beban sesuai berat yang diperlukan alam penelitian ini. Pengunaan pasir untuk dapat meningkatkan beban yang diperlukan sesuai kebutuhan.

Gambar 3. 4 Pasir yang sudah ditimbang
(Sumber : Penelitian)

3.4.2.4 Labtop

Laptop perangkat elektronik yang sangat membantu pekerjaan manusia khususnya dalam proses penyusunan penulisan penelitian ini. Perangkat elektronik ini telah banyak digunakan untuk berbagai fungsi salah satunya membuat, menyimpan serta menyusun data dalam bentuk tulisan *(paper)* perangkat ini sangat orgen bagi seorang pelajar, dosen , mahasiswa/i, pekerja perkantoran dan pekerjaan lainnya yang bersifat mengelola data. Berikut dibawah ini gambar laptop yang digunakan.

Gambar 3. 5 Labtop Acer
(Sumber : Penelitian)

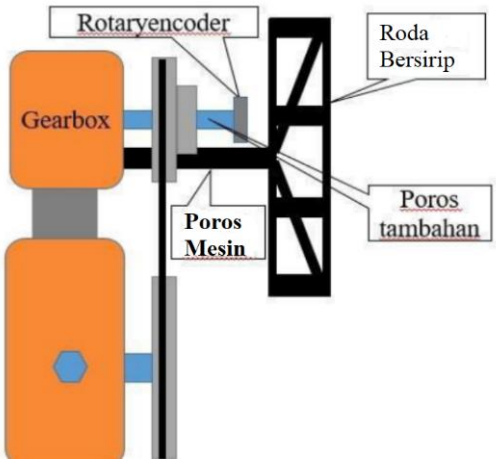
3.6 Pengambilan Mesin Dan Roda Penggerak

3.6.1 Pengukuran Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

Sifat-sifat utama yang harus diketahui untuk menganalisa desain dan kinerja roda bersirip mesin panen padi diantaranya adalah densitas, dry bulk density, tahanan penekanan dan kekuatan geser. Pengukuran uji geser dengan menggunakan vane shear penetrometer

3.6.2 Pengukuran Kecepatan Putaran Roda

Perangkat alat ukur kecepatan putaran terdiri dari rotary encoder, arduino AT Mega 328 dan unit penyimpan data. Rotary encoder dihubungkan ke gearbox dengan menggunakan puli engine pada poros tambahan. Kecepatan putar engine direkam oleh arduino AT Mega 328. Skema pengukuran kecepatan putar roda ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 3. 6 Skema pengukuran kecepatan putar roda
(Sumber : wikipedia.com)

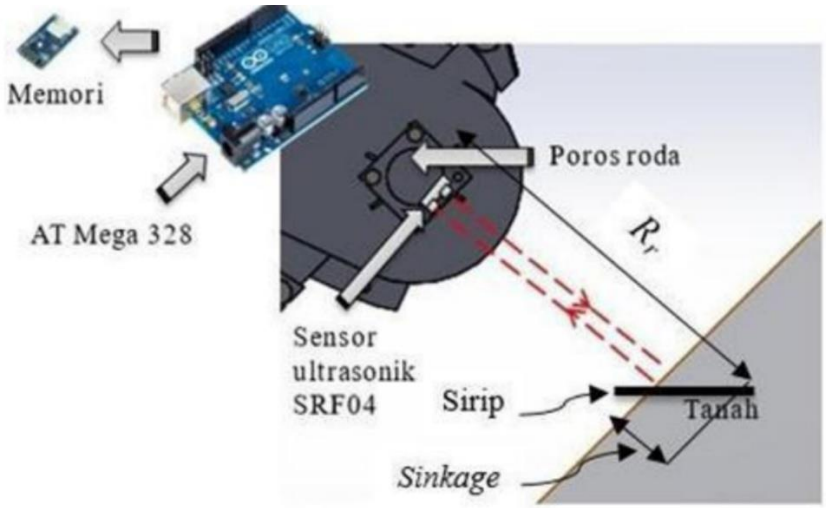
3.6.3 Pengukuran Kecepatan Linear Mesin Panen

Kecepatan maju mesin panen padi ketika beroperasi memanen padi melintasi rumpun padi lahan sawah gambut, diukur dengan menggunakan potensiometer putar, puli penggulung tali, pegas, Arduino AT Mega 328, memori dan tali. Ujung tali dipasang dibagian depan mesin panen padi dan ujung yang lain dikaitkan pada puli yang dilengkapi dengan pegas putar, ketika mesin panen maju puli menggulung tali. Putaran tali menggulung tersebut menjadi ukuran potensiometer putar untuk mengukur kecepatan linear mesin panen padi.

3.6.4 Pengukuran *Sinkage* Roda

Sinkage yang terjadi pada roda bersirip diukur dengan menggunakan instrument ukur yang terdiri dari sensor ultrasonic SR F04, Arduino AT Mega 328. Sensor ultrasonik dipasang pada poros tambahan yang terhubung dengan poros roda, dengan menghadap ke tanah sejajar dengan gear-box. Sensor merekam jarak dari poros roda ke tanah. Selisih antara jari-jari roda terluar

dengan jarak pusat roda ke permukaan tanah yang terendam direkam menjadi data sinkage roda. Sebelum pengukuran sinkage dikalibrasi terlebih dahulu. Skema pengujian sinkage roda bersirip ditunjukkan pada Gambar 4.2



Gambar 3. 7 Skema pengujian sinkage roda bersirip
(Sumber : wikipedia.com)

3.6.5 Pengukuran Gaya Reaksi Tanah

Pengukuran gaya reaksi tanah (torsi, gaya normal dan gaya tangensial) dalam penelitian ini dilakukan pada kondisi tanah sawah lahan gambut dengan lima variasi sudut sirip, yaitu -15^0, 0^0, 15^0, dan 30^0. Setiap percobaan untuk satu sudut sirip tersebut dilakukan pada sinkage yang berbeda, yaitu 7,5 cm, 10 cm dan 15 cm, setiap variasi percobaan tersebut dilakukan tiga kali pengulangan untuk mendapatkan data yang lebih akurat.

3.6.6 Desain dan Konstruksi Roda Bersirip

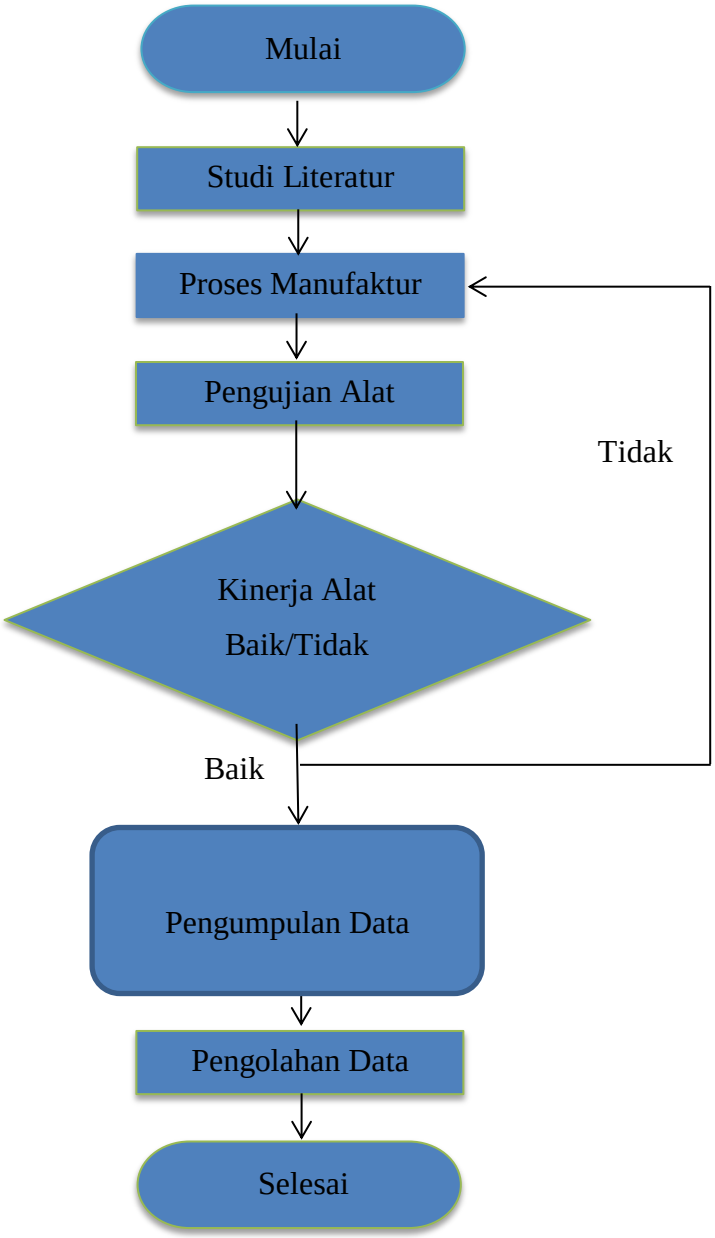
Paramenter desain roda bersirip yang dibuat, disesuaikan dengan parameter roda bersirip rigid yang meliputi diameter rim roda, diameter dan

jumlah jari-jari, jumlah dan ukuran sirip, spasi antar sirip dan flens roda. Analisis ukuran diameter rim perubah sudut sirip, ukuran diameter rim perubah sudut sirip didapatkan dari hasil simulasi pada gambar teknik roda bersirip.

3.6.7 Pengujian Kinerja Traksi Roda

Beberapa peneliti sebelumnya telah banyak melakukan kajian terkait performansi traksi roda sangkar dengan beragam konfigurasi roda yang diteliti pada lintasan tanah berlumpur, baik dengan pengamatan aktual di lapangan (Triratanasirichai et al. 1990) maupun dengan media bak tanah (soil bin) (Hermawan et al. 1998b; Wayotha dan Salokhe 2001; Soekarno dan Salokhe 2003). Pengujian kinerja roda bersirip untuk mesin panen padi mini dua lajur ini dilakukan pada lintasan tanah sawah gambut. Pengujian fungsional dilakukan dengan mengamati fungsi komponen dari roda bersirip berfungsi dengan baik dan data torsi, singkage, slip roda di presentasikan dalam bentuk grafik untuk dianalisa tingkat keberhasilan roda yang telah dimanufaktur tersebut.

3.7 Diagram Alir



Gambar 3. 8 *Flowchart* Penelitian
(Sumber: Penelitian)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian *Sinkage* Pada Roda Penggerak.

Pada penelitian ini terdapat tahap desain ulang mesin panen padi mini dua lajur terhadap penelitian sebelumnya. Persiapan peralatan dan bahan sebelum melakukan proses produksi. Proses pengukuran sinkage ini dilakukan guna untuk mendapatkan hasil dari alat yang sudah dibuat. Mesin pemanen padi ini juga perlu pengujian sinkage menggunakan beban yang berbeda-beda. Ada beberapa proses dalam proses pengujian dilakukan sebagai berikut.

Gambar 4. 1 Mesin potong padi mini dua lajur
(Sumber : Penelitian)

4.2 Proses Pengujian

Sebelum dilakukan pengujian sinkage pada roda penggerak ada beberapa rangkaian persiapan diantaranya sebagai berikut.

a. Persiapan lintasan

Tahap ini dilakukan bertujuan sebagai objek utama dalam pengujian serta menjadi sampel uji, adapun lintasan yang dilakukan dalam pengujian sinkage roda penggerak ini antara lain di lahan sawah gambut (tanah lembab gambut).

Gambar 4. 2 lahan pengujian
(Sumber : Penelitian)

b. Pengukuran jarak lintasan

Pengukuran ini dilakukan sebagai penentuan jarak pengujian sinkage roda penggerak pada lahan sawah gambut berjarak sejauh 50 meter.

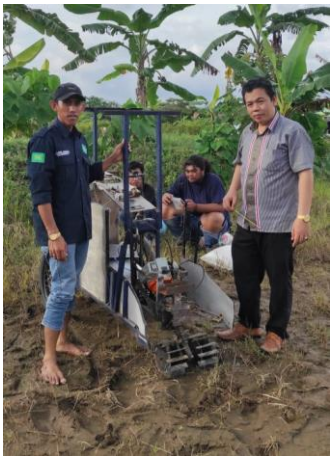
c. Persiapan beban

Beban yang dimaksud ialah objek pembebanan pada mesin panen padi mini dengan berat bervariasi mulai dari 40 kg, 80 kg dan 120 kg. Media sebagai objek pembebanan ini berupa pasir dan berikut pengaturan atau penimbangan serta penentuan berat dari objek beban.

Gambar 4. 3 Pasir untuk beban
(Sumber : Penelitian)

4.3 Proses Pengujian *Sinkage* Roda Penggerak Terhadap Beban 40 kg, 80 kg, 120 kg.

Setelah melakukan beberapa langkah persiapan, penulis melakukan penelitian atau pengujian *sinkage* dengan beberapa beben terhadap roda penggerak mesin panen padi mini dilahan gambut. Adapun proses pengujian *sinkage* pada lahan gambut dilakukan dengan mesin potong padi mini dua lajur dengan menambahkan beban pasir pada mesin yang sudah disediakan. Hasil pengukuran beban yang diterima oleh roda penggerak bersirip pada lahan sawah dengan mennggunakan alat ukur *load cell* kapasitas 2 ton dan HX711 mikro sensor *ultrasonik* dirangkai pada mikrokontroler Arduino Uno, semua data direkam dengan menggunakan aplikasi microsoft excel data streamer. Pengaturan untuk persiapan awal pengukuran data lapangan ditunjukkan pada Gambar 4.4



Gambar 4. 4 Pengujian *Sinkage* terhadap beban
(Sumber: Penelitian)

4.4 Pengolaan Data Hasil Pengujian

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian *Sinkage* roda terhadap beban (Sumber Penelitian)

Beban 120 kg		Beban 80 Kg		Beban 40 Kg		Waktu (detik)
Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	
20	1001.17	23	672.01	25	463.55	1
20	1002.93	23	671.99	25	463.89	2
20	1003.97	23	671.91	25	464.45	3
20	1005.08	23	671.78	25	464.93	4
20	1005.06	23	671.8	25	464.91	5
20	1004.87	23	671.78	25	464.76	6
20	1006.85	23	671.46	25	464.19	7
20	1008.32	23	669.84	25	463.15	8
20	1006.91	23	667.31	25	462.02	9
20	1007.66	22	664.88	25	460.93	10
20	1010.78	23	663.48	25	459.83	11
20	1014.47	23	661.31	25	458.66	12
22	1019.4	22	657.11	25	457.59	13
21	1026.51	23	652.18	25	456.4	14
20	1031.17	23	646.92	25	455.17	15
20	1036.05	23	642.03	25	453.89	16
20	1040.11	23	636.39	25	452.61	17
20	1041.45	23	629.92	25	451.27	18
21	1043.2	23	623.28	25	449.78	19
20	1042.75	23	617.3	25	448.06	20
20	1042.88	22	612.02	25	446.4	21
20	1043.28	23	608.34	25	445.35	22

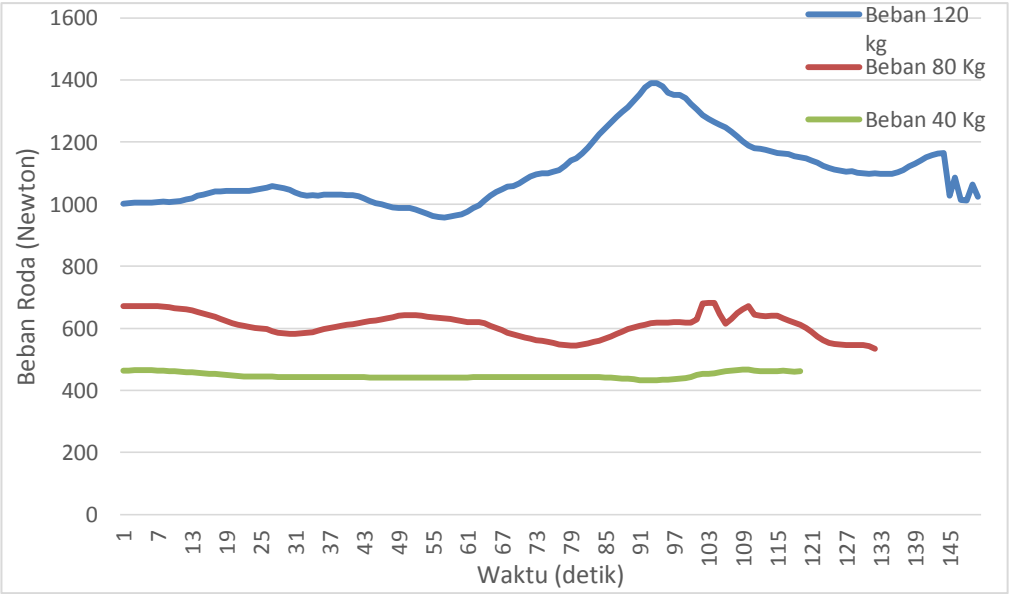
Beban 120 kg		Beban 80 Kg		Beban 40 Kg		Waktu (detik)
Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	
21	1043.24	22	604.42	25	444.67	23
21	1046.71	23	601.76	25	444.42	24
21	1049.94	23	599.06	25	444.18	25
21	1052.69	24	597.08	25	444.1	26
20	1058.2	24	590.69	25	443.89	27
21	1054.5	23	586.2	25	443.74	28
20	1051.95	24	583.2	25	443.63	29
21	1046.84	24	582.12	25	443.52	30
20	1038.05	23	581.88	25	443.46	31
20	1029.94	23	583.99	23	443.38	32
20	1027.24	23	585.73	25	443.27	33
20	1028.26	23	588.07	25	443.14	34
21	1026.47	23	592.14	25	443.01	35
20	1030.26	23	597.03	25	442.91	36
20	1030.81	23	601.65	25	442.74	37
21	1031.32	23	604.76	25	442.67	38
22	1030.62	22	608.1	25	442.48	39
21	1028.9	23	610.46	25	442.33	40
22	1028.56	23	613.17	25	442.31	41
21	1026.19	23	616.59	25	442.21	42
21	1018.62	23	619.7	25	442.14	43
20	1010.44	23	623.64	25	441.97	44
22	1002.74	23	625.43	25	441.84	45
22	1000.21	23	628.11	25	441.67	46
20	994.12	23	632.26	25	441.48	47
20	988.97	23	636.13	25	441.29	48
20	988.14	23	639.98	25	441.12	49
22	987.42	23	641.81	25	441.06	50
20	988.08	23	642.69	25	441.01	51
21	981.73	23	642.09	25	440.99	52
21	975.73	23	639.88	25	440.99	53
21	967.94	23	637.79	25	441.06	54
22	962.58	23	635.49	25	441.16	55
20	958.71	23	634.26	25	441.2	56
20	957.26	22	631.83	25	441.35	57
20	959.81	22	629.34	25	441.5	58
20	963.79	22	626.68	25	441.61	59
20	967.79	23	624.06	25	441.82	60
20	976.07	23	620.59	25	441.97	61
20	987.2	23	620.55	25	442.18	62
20	996.74	22	620.45	25	442.46	63

Beban 120 kg		Beban 80 Kg		Beban 40 Kg		Waktu (detik)
Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	
20	1011.85	23	615.95	25	442.61	64
20	1026.38	22	607.93	25	442.78	65
20	1039.56	22	600.82	25	442.91	66
20	1047.8	23	593.46	25	443.08	67
20	1056.14	23	584.86	25	443.21	68
20	1058.88	23	579.73	25	443.25	69
20	1066.31	23	574.99	26	443.25	70
20	1078.91	23	570.54	26	443.18	71
20	1088.53	23	566.09	25	443.14	72
20	1096.64	23	562.09	25	443.16	73
20	1099.81	22	559.19	25	443.1	74
20	1099.81	22	555.85	25	443.04	75
21	1103.62	23	552.04	25	442.93	76
21	1109.92	23	548.32	25	442.76	77
21	1123.01	23	545.72	25	442.72	78
21	1139.78	23	544.38	25	442.8	79
21	1147.86	22	544.38	25	442.99	80
21	1162.21	23	547.13	25	443.18	81
20	1182.58	22	551.87	25	443.1	82
20	1204.99	22	556.41	25	442.67	83
21	1224.01	22	559.83	25	442.27	84
20	1244.3	22	566.98	25	441.38	85
21	1262.21	22	572.94	25	440.35	86
21	1280.99	22	581.56	25	439.33	87
21	1296.63	22	589.71	25	438.37	88
21	1312.16	23	597.06	25	437.29	89
20	1333.36	23	603.31	25	436.03	90
20	1353.92	23	607.87	26	432.59	91
21	1376.08	23	611.55	26	432.2	92
21	1390.51	22	616.55	24	432.99	93
21	1390.51	22	617.85	27	433.27	94
21	1379.18	23	617.78	27	433.71	95
21	1359.48	23	618.19	25	434.54	96
21	1352.64	23	619.87	25	435.95	97
21	1351.54	22	620.23	25	437.99	98
21	1341.15	22	618.83	24	440.06	99
20	1322.51	22	618.32	26	442.97	100
21	1305.01	22	628.79	27	448.99	101
21	1286.73	22	680.56	26	452.59	102
21	1274.26	22	681.65	28	453.17	103
21	1264.49	22	682.23	25	454.83	104

Beban 120 kg		Beban 80 Kg		Beban 40 Kg		Waktu (detik)
Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	
20	1256.47	22	645.26	25	458.91	105
20	1247.17	21	614.83	24	461.61	106
20	1232.95	22	630.66	25	463.93	107
20	1217.99	22	649.88	24	466.08	108
20	1202.52	21	661.69	25	466.59	109
21	1188.3	21	671.2	24	466.15	110
21	1180.62	21	643.75	24	464.04	111
21	1177.79	21	640.98	25	462.36	112
21	1174.79	21	639.41	26	461.85	113
21	1169.06	21	639.9	26	462.19	114
21	1164.27	21	639.9	25	462.17	115
21	1163.02	21	632.41	25	463.36	116
20	1161.21	22	625.13	26	462.34	117
20	1154.48	22	618.1	25	460.83	118
20	1150.38	22	610.93	24	461.81	119
20	1147.59	22	600.97			120
20	1140.97	22	588.82			121
20	1133.09	22	574.3			122
20	1123.52	21	560.62			123
20	1116.86	21	552.02			124
20	1112.13	21	548.72			125
20	1107.32	21	547.15			126
20	1105.02	21	545.57			127
20	1105.41	21	545.51			128
21	1100.21	21	545.51			129
21	1098.51	21	546.15			130
21	1098.21	22	542.68			131
21	1099.45	22	533.76			132
21	1097.55					133
21	1097.55					134
21	1097.66					135
21	1102.45					136
21	1110.37					137
21	1121.5					138
21	1130.67					139
21	1141.01					140
21	1151.27					141
21	1157.42					142
21	1163.34					143
20	1165.08					144
19	1026.44					145

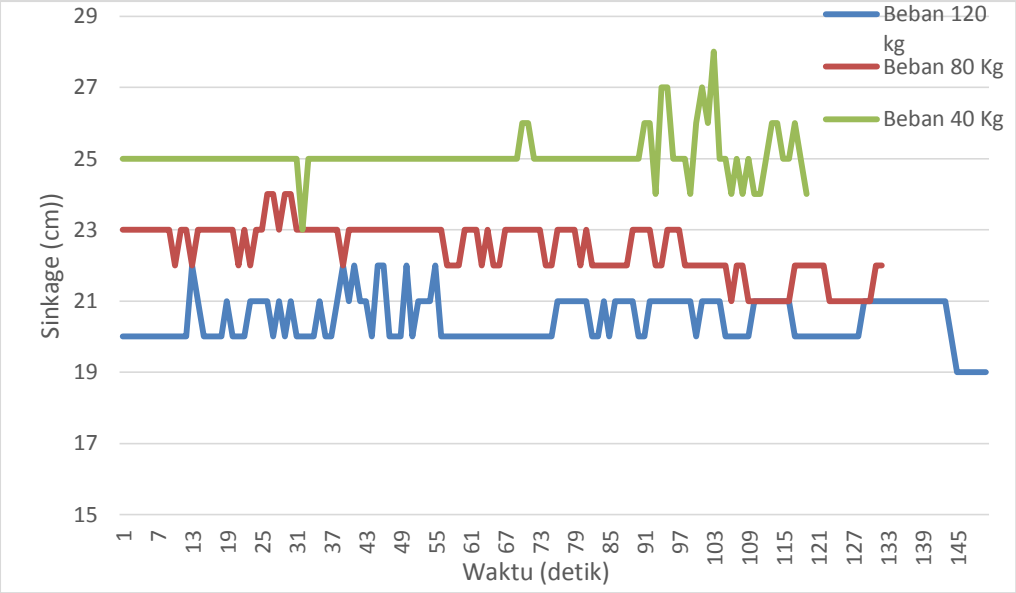
Beban 120 kg		Beban 80 Kg		Beban 40 Kg		Waktu (detik)
Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	Sinkage (cm)	Beban Roda (Newton)	
19	1085.36					146
19	1012.65					147
19	1011.57					148
19	1063.5					149
19	1024.38					150

Data tabel diatas didapatkan dari pengujian menggunakan beban 40 kg, 80 kg dan 120 kg menghasilkan data sinkage dari tiap-tiap beban pada mesin potong padi mini dua lajur yang dilakukan pada lahan sawah gambut menggunakan alat ukur *load cell* kapasitas 2 ton dan HX711 mikro sensor *ultrasonik* dirangkai pada mikrokontroler Arduino Uno.



Grafik 4. 1 Hasil pengujian beban roda (Newton)
(Sumber : Penelitian)

Beban roda rata-rata yang didapatkan dari penambahan beban 40 kg (400 Newton) dalam waktu (121 detik), pada penambahan beban 80 kg beban roda rata-rata (600 Newton) dalam waktu (131 detik), dan pada penambahan beban 120 kg beban roda rata-rata (1200 Newton) dalam waktu (146 detik).



Grafik 4. 2 Pengujian *sinkage* (cm)
(Sumber : Penelitian)

Pada grafik diatas menunjukkan kedalaman rata-rata yang hasilkan *sinkage* dari penambahan beban 40 kg (25 cm) dalam waktu (121 detik), pada penambahan beban 80 kg menghasilkan kedalan sinkage rata-rata (23 cm) dalam waktu (131 detik), dan pada penambahan beban 120 kg menghasilkan kedalaman *sinkage* rata-rata (20 cm) dalam waktu (146 detik)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil uji keseluruhan dalam penelitian ini yang telah dilakukan, penulis dapat mengamati serta menyimpulkan bahwa Pada hasil penelitian dan pengujian *sinkage* pada mesin panen padi mini dua lajur, telah mendapatkan data pada tabel (tabel 4.1) dan grafik pada (grafik 4.1) dengan menggunakan beban 40 kg, 80 kg dan 120 kg. Juga mennggunakan alat ukur *load cell* kapasitas 2 ton dan HX711 mikro sensor *ultrasonik* dirangkai pada mikrokontroler Arduino Uno, semua data direkam dengan menggunakan aplikasi microsoft excel data streamer dengan hasil pengujian sebagai berikut :

- Beban roda rata-rata yang didapatkan dari penambahan beban 40 kg (400 Newton) dalam waktu (121 detik), dan Pada grafik diatas menunjukkan kedalaman rata-rata yang hasilkan *sinkage* dari penambahan beban 40 kg (25 cm) dalam waktu (121 detik).
- pada penambahan beban 80 kg beban roda rata-rata (600 Newton) dalam waktu (131 detik), dan pada penambahan beban 80 kg menghasilkan kedalan sinkage rata-rata (23 cm) dalam waktu (131 detik).
- pada penambahan beban 120 kg beban roda rata-rata (1200 Newton) dalam waktu (146 detik), dan pada penambahan beban 120 kg menghasilkan kedalaman *sinkage* rata-rata (20 cm) dalam waktu (146 detik).

5.2 Saran

Pada saat pengambilan data uji *sinkage* roda penggerak terdapat beban kedalannya yaitu memerlukan tenaga dorong awal guna membantu torsi awal untuk bergerak, dengan pembebanan 80 kg sampai dengan 120 kg pada lintasan sawah gambut.

Jadi, penulis dapat menganalisis pada hasil penelitian ini bahwa roda penggerak mesin panen padi mini telah bekerja dengan baik pada lahan gambut, dengan ini penulis merekomendasikan untuk penelitian kedepan yang bawah variasi beban pada torsi uji kinerja roda terhadap beban dilakukan pada lahan kering dan mengevaluasi terjadinya slib pada roda penggerak.

DAFTAR PUSTAKA

Herdi Susanto dkk, 2017, Rancang Bangun Mesin Panen Padi Multifungsi, Jurnal Mekanova Vol 3 Nomor 5. Oktober 2017, Prodi Teknik Mesin Universitas Teuku Umar, Meulaboh.

Tim Sintesis Kebijakan, 2008, Pemanfaatan dan Konservasi Ekosistem Lahan Rawa Gambut di Kalimantan, Pengembangan Inovasi Pertanian, hal.149-156, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor

F. Agus dan I.G.M. Subiksa, 2008, Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan, Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.

Dewa Ketut Sadra Swastika, 2012, Teknologi Panen Dan Pascapanen Padi: Kendala Adopsi Dan Kebijakan Strategi Pengembangan, Jurnal Analisis Kebijakan Pertanian, Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Bogor

Herdi Susanto dkk, 2017, Rancang Bangun Mesin Panen Padi Multifungsi, Jurnal Mekanova Vol 3 Nomor 5. Oktober 2017, Prodi Teknik Mesin Universitas Teuku Umar, Meulaboh.

Johanes Amirrullah, 2016, Efesiensi Penggunaan Alat Mesin Panen Padi Combine Harvester pada Lahan Sawah Pasang Surut di Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan, Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2016, 20-21 Oktober 2016, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Selatan, Palembang

Wati, H dan Chazali, C. 2015. Sistem Pertanian Padi Indonesia Dalam Perspektif Efisiensi sosial. Pusat Analisis Sosial (2-27).

Musthofa Lutfi. dkk, 2012, Rancang Bangun Mesin Pemanen Padi Satu Jalur, Jurnal Teknologi Pertanian ISSN: 2528-2794, Universitas Brawijaya.

Sofyan Ritung dkk, 2007, Evaluasi Kesesuaian Lahan : Peta Arahan Penggunaan Lahan Kabupaten Aceh Barat, Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre, ISBN : 979-3198-37-8, Bogor

Herdi Susanto, 2018, Rancang Bangun Mesin Panen Padi Mini Dua Lajur dengan Motor Penggerak Tenaga Surya, Seminar Nasional Sains dan Teknologi, 17 Oktober 2018, Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Hermawan W, Oida A, Yamazaki M. 1996. Measurement of soil reaction forces on a single movable lug. Journal of Terramechanics. 33(2): 91-101.

Salokhe VM, Manzoor S, Gee-Clough D. 1990. Pull and lift forces acting on single cage wheel lugs. Journal of Terramechanics. 27(1): 25-39.

Triratanasirichai K, Oida A, Honda M. 1990. The performance of cage wheels for small power tillers in agricultural soil. Journals of Terramechanics. 27(3):193-205.

Gee-Clough D, Chancellor WJ. 1976. Pull and lift characteristics of a single lugged rigid wheel in wet rice soils. Transactions of America Society of Aricultural Engineers. 19(3), 433-441.

Jayasundera L. 1980. Study of factors affecting the design of flat lugged cage wheel in paddy soils [Thesis]. Asian Institute Technology Bangkok Thailand.

Shao YJ. 1981. Advanced analysis on the design of geometrical parameters of the blade lug for the paddy field wheel tractor. Proceeding 7th International Conference International Society Terrain-Vehicle System Calgaty, 1509-1552.

Wimalawansa LS. 1982. Studies of optimum lug angle and spacing for cage wheels for medium powered tractor (46 kW) [Thesis]. Asian Institute of Technology.

Makruf Efendi (2021) Uji Kemampuan Roda Penggerak Mesin Panen Padi Mini 2 Lajur

Susanto, H., Husin, Z., Sutrian, A., & Fitriadi, N. (2020). Analisa Luaran Tegangan dan Arus Listrik pada Rangkaian Panel Surya Mesin Panen Padi Mini. Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi, 6(1), 77-84.

Susanto, H., Supardi, J., & Huzin, Z. (2019, October). Modification of Two-lane Mini Rice Harvesting Machine. In Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) (Vol. 18, pp. 9-10).

Susanto, H., Darsan, H., Mukhlizar, M., & Fitriadi, N. (2021). Performa Panel Surya 2 X 50 WP pada Mesin Panen Padi Mini Dua Lajur. Jurnal Rekayasa Mesin, 12(2), 305-313.