

PENGEMBANGAN BAK UJI UNTUK MEDIA PEMBELAJARAN DALAM PENGUKURAN TORSI RODA TRAKSI

*Development of Soil Bin as a Media of Learning System of Torque Measurement on
Traction Wheel*

Lisyanto¹, E. Namaken Sembiring², M. Sjahrul Annas³,

ABSTRACT

Measurement of torque and performance of traction wheel is generally employed a device of big soil bin. The device however is not suitable to be employed as a learning media in the classroom scale. Development the model of soil bin to measure torque and performance of traction wheel, which can be used in the classroom, is necessary, in order to gain effective and simplicity for learning system. Development of the model can be designed by decreasing the dimension of the bin to be smaller, whereas the main components and the shape of the bin are remaining the same, and by the development construction will be simplified. In applying the model, two variables of experiments are needed, i.e.: 1) type of contact surface made of sandy loam soil, rubber, and iron plate, 2) dynamic load of wheel of 50 N, 100 N, and 150 N. Model of soil bin that will be developed will has a dimension of 1 m length, 0.4 m width, and 0.8 m height. The model suitable as a media of learning system in classroom scale for exploring the measurement method of torque and performance of traction wheel. The higher the dynamic wheel loads the more increasing the maximum torque. In results of the experiment, rubber give the more higher torque (0.53 N m) than torque resulted by soil (0.34 N m) and iron (0.21 N m).

Keywords: soil bin, torque, traction, learning media system

PENDAHULUAN

Traksi merupakan gaya searah gerak maju yang dihasilkan oleh torsi poros roda pada saat roda tersebut berinteraksi dengan permukaan landasan kontak (Sembiring, 1999). Traksi juga didefinisikan sebagai reaksi roda penggerak melawan tanah, sehingga

besarnya traksi sangat bergantung pada keadaan dan kualitas tanah (Mandang dan Nishimura, 1991). Peubah yang berpengaruh terhadap kinerja roda traksi dapat dikelompokkan atas: (1) ukuran dan tipe roda, (2) karakteristik permukaan landasan, dan (3) beban dan kecepatan kerja.

¹ Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Jl. Willem Iskandar Pasar V, Medan Estate, Medan Sumatera Utara, e-mail: lisyantocd@yahoo.com

² Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Darmaga PO BOX 220 Bogor 16002

³ Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No.01 Grogol, Jakarta Barat, e-mail: sjahrula@yahoo.com.

Fenomena traksi dan metode pengukuran torsi merupakan salah satu pokok bahasan yang sangat penting dalam perkuliahan hubungan tanah dan alat pertanian atau teramekanik, sehingga mahasiswa dituntut agar dapat memahami serta mampu melakukan pengukuran torsi dan kinerja roda traksinya secara benar. Salah satu usaha yang dilakukan untuk mencapai sasaran tersebut adalah melalui metode pengamatan menggunakan bak uji yang terdapat di Laboratorium Teknik Mesin Budidaya Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, IPB.

Upaya yang telah dilakukan tersebut ternyata masih kurang efektif dikarenakan bak uji yang digunakan memiliki ukuran yang cukup besar. Bak uji tersebut berukuran panjang 425 cm, lebar 57 cm, dan tinggi 200 cm dengan menggunakan alat traksi roda karet berdiameter 60 cm (Pitoyo, 2003). Pengukuran torsi menggunakan bak uji tersebut membutuhkan persiapan yang rumit dan perlu waktu sekitar satu jam untuk satu kali percobaan. Di samping itu, jenis landasan kontak dan beban dinamik roda yang digunakan dalam percobaan pengukuran sangat sulit divariasikan. Kondisi tersebut mengakibatkan kegiatan

pengamatan dan pengukuran tidak berjalan optimal.

Relevansinya dengan hal tersebut, untuk meningkatkan pemahaman dan kemampuan mahasiswa dalam teknik pengukuran torsi dan kinerja roda traksi, perlu dibuat sebuah model bak uji yang praktis dan sederhana sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai media pembelajaran di dalam kelas.

Penelitian ini bertujuan (1) mengembangkan model bak uji untuk pengukuran torsi roda traksi yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran di dalam kelas, dan (2) mempelajari torsi pengukuran yang dihasilkan dari model bak uji tersebut pada berbagai permukaan landasan kontak dan beban roda.

TINJAUAN PUSTAKA

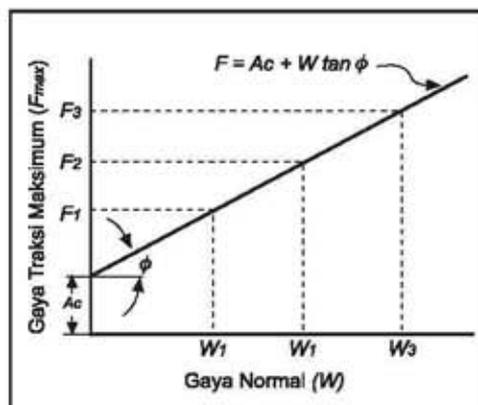
Pengertian Traksi dan Torsi Roda Traksi

Besarnya gaya traksi maksimum dari traktor yang dapat dihasilkan oleh roda penggerak pada permukaan tanah dipengaruhi oleh reaksi tanah terhadap roda dan ketahanan tanah terhadap keretakan. Besarnya gaya traksi dari suatu alat traksi dapat didekati menggunakan persamaan Coulomb's yang telah dimodifikasi (Micklethwaite, 1944, diacu dalam Alcock, 1986), yaitu:

$$\tau_{max} A = cA + \sigma A \tan \phi \quad (1)$$

Bagian dari persamaan (1) yakni ($\tau_{max} A$) dapat dinyatakan sebagai gaya traksi maksimum (F_{max}), sedangkan tekanan normal (σ) dinyatakan sebagai beban dinamik roda (W) dibagi dengan luas permukaan kontak antara roda dan tanah (A) yang dinotasikan dengan $\sigma = W/A$. Berdasarkan hal tersebut persamaan (1) dapat dituliskan menjadi:

$$F_{max} = cA + W \tan \phi \quad (2)$$



Gambar 1. Hubungan antara gaya traksi maksimum (F_{max}) dan gaya normal akibat beban roda (W).

Gambar 1 menunjukkan bahwa parameter tanah yang tercakup dalam persamaan (2), yakni kohesi (c) dan sudut gesekan luncur (ϕ) dapat ditentukan dari plot antara gaya traksi maksimum (F_{max}) dan gaya normal akibat beban roda (W).

Liljedahl *et al.* (1989) mengemukakan bahwa luasan kontak antara roda karet dan tanah dapat didekati dengan $A = 0.78 bl$, dimana luasan tersebut berbentuk *ellips* dengan panjang (l) dan lebar (b). Menurut Alcock (1986) luas bentuk *ellips* yang dihasilkan dari kontak permukaan roda karet dan tanah dapat diduga dengan $A = \pi lb$, dimana $l = 0.31$ dikalikan dengan diameter roda ($l = 0.31d$).

Torsi roda traksi merupakan momen yang dibutuhkan untuk menggelindingkan roda apabila roda tersebut berinteraksi dengan permukaan landasan kontak. Besarnya torsi ditentukan oleh tahanan tanah dikalikan dengan radius roda traksi yang digunakan ($T = FR$).

Pada saat roda berputar, torsi pada poros roda diubah menjadi gaya traksi (F) yang digunakan untuk mengatasi tahanan gelinding (R_R) yakni merupakan tahanan searah horisontal yang harus

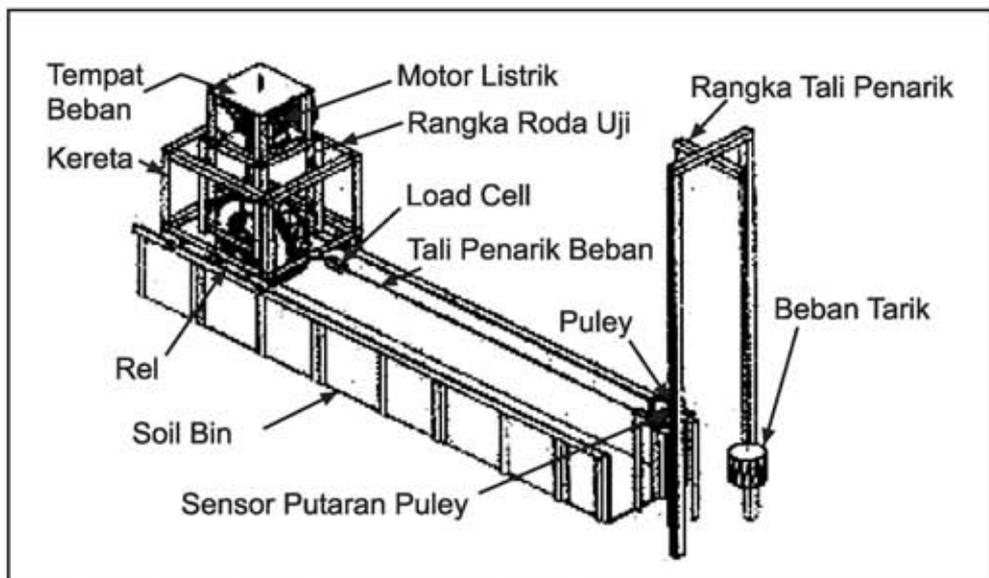
diatasi oleh roda agar dapat bergerak maju tanpa beban tarik. Apabila traksi yang tersedia melebihi gaya tahanan gelinding, maka alat traksi tersebut dapat menghasilkan gaya tarik (H) yang dapat digunakan untuk menarik implemen seperti bajak, garu, alat tanam, dan lain-lain. Dengan mengabaikan tahanan angin atau drag, hubungan antara F , H , dan R_R secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F = H + R_R \quad (3)$$

Komponen Utama Bak Tanah

Pengukuran torsi dan kinerja roda traksi umumnya dilakukan menggunakan bak uji. Armansyah (2002) menggunakan bak uji untuk mengetahui parameter-parameter yang mempengaruhi nilai tahanan gelinding dari roda traksi. Pitoyo (2003) menggunakan bak uji untuk melakukan studi kelayakan teknis roda karet (on-road) untuk traktor roda dua pada budidaya lahan kering (Gambar 2).

Penggunaan bak uji untuk percobaan pengukuran kinerja roda traksi memiliki beberapa keuntungan yaitu: data



Gambar 2. Bak uji roda karet tunggal (Pitoyo, 2003).

penelitian yang dihasilkan lebih akurat dibandingkan dengan percobaan di lapang, variasi terhadap peubah percobaan dapat dilakukan lebih mudah, faktor-faktor yang terlibat dalam percobaan relatif mudah dikontrol, sangat memungkinkan terhadap penggunaan instrumentasi dan alat kontrol untuk sistem pengukuran dan perekaman data.

Bak uji roda karet tunggal sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 umumnya memiliki beberapa bagian fungsional yang penting yakni:

1. Motor penggerak, berfungsi sebagai sumber torsi dan tenaga putar untuk menggerakkan roda traksi.
2. Roda traksi, berfungsi sebagai alat traksi yang berinteraksi dengan permukaan landasan kontak untuk menghasilkan gaya tarik.
3. Kereta (rangka pembawa), berfungsi sebagai kedudukan roda traksi dan dapat bergerak maju ketika roda traksi berputar pada landasan.
4. Bak tanah (soil bin) merupakan bak untuk menempatkan jenis landasan (tanah) yang akan digunakan dalam percobaan pengukuran.
5. Rel roda pembawa, berfungsi sebagai jalur gerakan maju rangka pembawa untuk menghasilkan gerakan maju yang relatif konstan.
6. Tempat beban roda, berfungsi sebagai tempat untuk menambahkan atau memvariasikan beban roda traksi.
7. Limit switch, berfungsi untuk pemutus hubungan listrik agar rangka pembawa dapat berhenti dan tidak terlepas dari jalurnya.
8. Seperangkat instrumen pengukuran dan perekaman data berfungsi untuk merekam dan menyimpan data pengukuran untuk keperluan analisis data.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Budidaya Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian berlangsung selama enam bulan, mulai dari September 2003 sampai Pebruari 2004.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan model bak uji terdiri atas mesin-mesin perkakas (bubut, bor, gerinda, gergaji, dan las), sedangkan peralatan untuk pengukuran torsi terdiri atas (1) model bak uji hasil rancangan, (2) instrumen pengukuran dan perekaman data yang terdiri atas transduser torsi menggunakan sensor *strain gages* (Kyowa, KFG-1-120-D16-11N15C2), *slip ring* (Michigan Scientific, S4), *bridge box* (Kyowa, DB-120), *dynamic strain amplifier* (Kyowa, DPM-603A), *analog to digital converter (ADC)*, *handy strain meter* (Kyowa, UCAM-1A), dan seperangkat komputer (NEC, PC-9801), (3) alat-alat bantu lainnya seperti meteran, *tachometer digital* (Shimpo, DT205B), *stop watch*, dan *multimeter digital* (CE, DT830D).

Bahan yang digunakan untuk pembuatan bak uji diantaranya adalah *motor wiper*, roda karet berdiameter 25 cm, besi siku, akrilik, *bearing*, *sproket*, mur-baut, dan lain-lain, sedangkan bahan untuk landasan kontak terdiri atas (1) tanah gembur berpasir, (2) lempengan karet, dan (3) pelat besi. Bahan yang digunakan untuk beban roda terbuat dari besi tuang dengan *massa* dari 1 sampai 5 kg.

Sistem Pengukuran dan Perekaman Data

Sebelum model bak tanah digunakan untuk percobaan pengukuran torsi roda traksi, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi transduser torsi dan kalibrasi alat (*strain*

amplifier) agar data hasil pengukuran tidak bias dan dapat dikonversi untuk keperluan analisis data. Kalibrasi *strain amplifier* dilakukan pada setiap saat akan melakukan percobaan pengukuran torsi. Kalibrasi sensor menggunakan *handy strain meter* menghasilkan persamaan regresi yang menghubungkan torsi (T) dan regangan (ϵ):

$$T = 0.0282\epsilon + 0.1303 \quad (4)$$

Kalibrasi *strain amplifier* yang dilakukan pada saat akan melakukan percobaan menghasilkan persamaan regresi yang menghubungkan antara regangan (ϵ) dan tegangan (V) sebagai berikut:

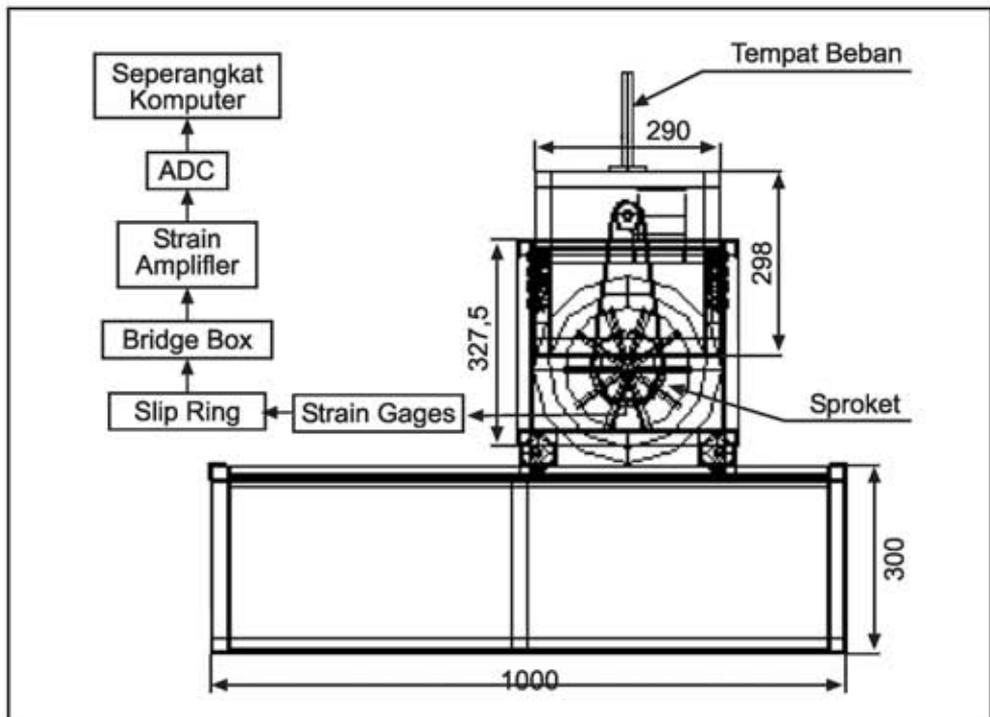
$$\epsilon = 454.5455V + 1.0909 \quad (5)$$

Substitusi persamaan (5) ke dalam persamaan (4) menghasilkan persamaan

regresi yang menghubungkan antara torsi (T) dan tegangan (V):

$$T = 12.8319V + 0.30995 \quad (6)$$

Proses pengukuran torsi dimulai pada saat roda traksi sebelum berputar dan sebelum menggelinding, saat menggelinding, dan setelah berhenti di atas permukaan landasan kontak. Pengukuran berlangsung selama 10 detik dengan periode perekaman data sebesar 0.01 detik dan *cut of frequency* sebesar 10 Hz. Percobaan dilakukan pada kecepatan putar roda traksi 20 rpm sebelum terjadi kontak dengan landasan. Peubah yang divariasikan dalam percobaan tersebut adalah (1) jenis landasan kontak yang terdiri atas tanah gembur berpasir, lempengan karet, dan pelat besi, (2) beban roda yakni 50 N, 100 N, dan 150 N.



Gambar 3. Skema dan dimensi dari model bak uji yang dikembangkan.

Analisis Data

Data keluaran dari alat ukur dalam percobaan pengukuran tersebut merupakan besaran listrik (tegangan), oleh karena itu persamaan (6) digunakan sebagai persamaan kalibrasi untuk mengkonversi data hasil percobaan (tegangan) menjadi torsi hasil pengukuran. Data torsi tersebut selanjutnya diplotkan terhadap waktu yang digunakan selama pengukuran berlangsung. Torsi maksimum (T_{maks}) dan torsi minimum (T_{min}) ditentukan berdasarkan nilai tertinggi dan nilai terendah dari kurva torsi selama roda traksi tersebut bergerak atau berinteraksi dengan permukaan landasan.

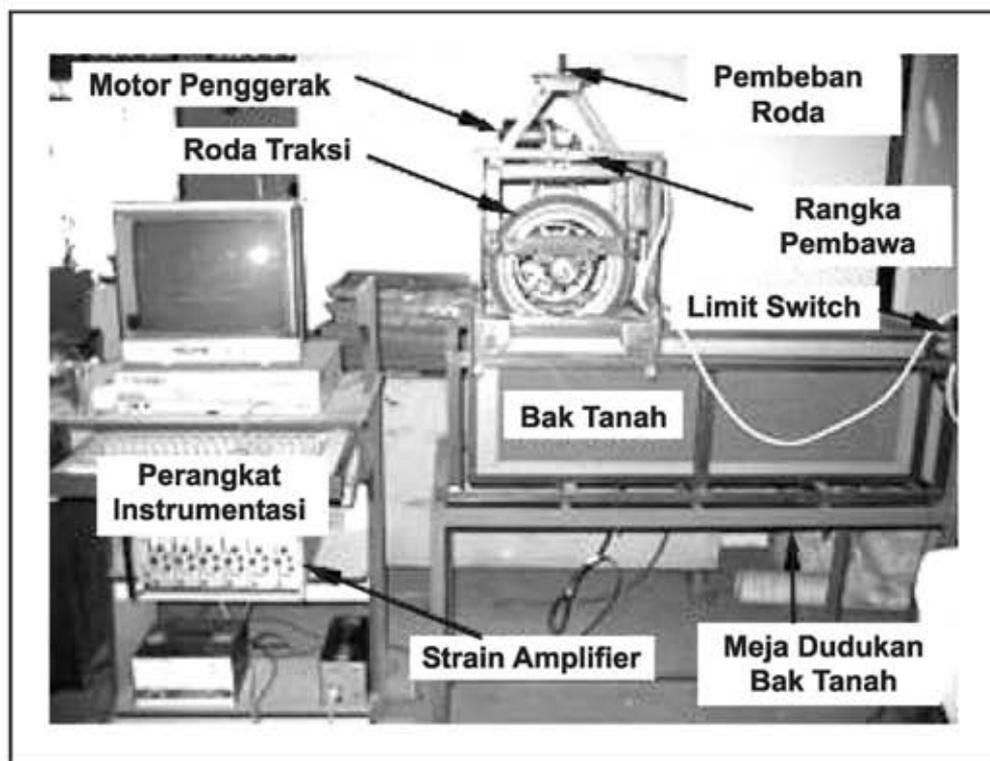
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan Model Bak Tanah

Model bak uji untuk media pembelajaran ini memiliki konstruksi yang sederhana dan berdimensi relatif kecil dibandingkan dengan bak uji yang sudah ada. Gambar 3 memperlihatkan skema dan dimensi dari model bak uji yang telah dikembangkan.

Model bak uji tersebut memiliki panjang 1 m, lebar 0.4 m, dan tinggi 0.8 m. Konstruksi yang sederhana dan relatif kecil sangat memungkinkan bak uji tersebut ditempatkan di depan kelas, mudah dipindahkan, dan waktu persiapan pengoperasian relatif singkat.

Gambar 4 menunjukkan bentuk dan konstruksi dari model bak uji yang dilengkapi dengan seperangkat instrumentasi pengukuran torsi roda



Gambar 4. Model bak uji dan seperangkat instrumentasi untuk pengukuran dan perekaman data torsi roda traksi.

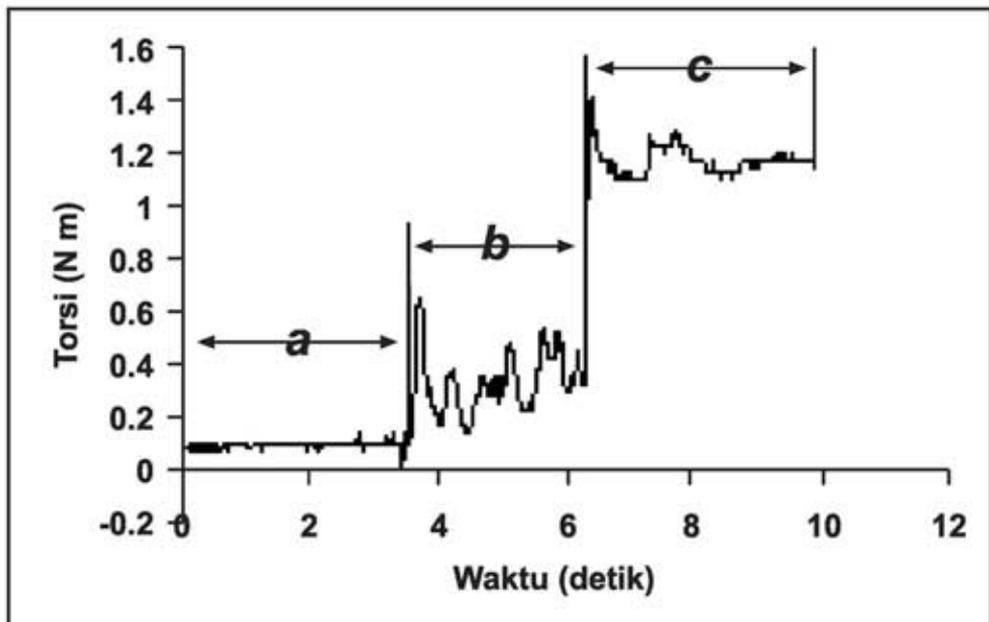
traksi. Bak uji tersebut ditempatkan di atas meja berukuran panjang 1 m, lebar 0.5 m, dan tinggi 0.7 m.

Model bak uji hasil pengembangan tersebut memiliki beberapa kelebihan. Pertama, jenis landasan kontak dan roda traksi dapat diganti secara mudah, yakni dengan memasukkan jenis landasan yang akan digunakan ke dalam bak tanah tersebut, sedangkan untuk variasi bentuk dan ukuran sirip (*lug*) roda traksi dapat diganti dengan cara melepas *pillow block*, rantai, dan rangka pembawa. Kedua, pengaturan beban dinamis dapat dilakukan dengan cara menambahkan atau mengurangi pemberat yang terdapat di bagian atas rangka roda traksi. Ketiga, rangka pembawa tidak dapat terlepas dari jalurnya. Hal ini disebabkan pada salah satu ujung rangka bak uji dipasang *limits switch*, sehingga apabila rangka pembawa telah menyentuh *limits switch* tersebut maka gerak maju roda traksi akan terhenti. Keempat, model tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan metode pengukuran torsi roda traksi.

Tampilan Hasil Pengujian

Gambar 5 menunjukkan salah satu contoh pola torsi hasil pengukuran yang dilakukan selama 10 detik untuk landasan pelat besi dengan beban roda sebesar 100 N.

Pada saat komputer mulai merekam (a), roda traksi belum digerakkan tetapi sudah menyentuh permukaan landasan. Sensor (*strain gages*) mengindera perubahan regangan, sehingga pada selang waktu tersebut torsi telah terukur yakni sebesar 0.099 N m. Ketika roda traksi bergerak maju di atas landasan (b), pada awalnya terjadi lonjakan torsi yang disebabkan oleh beban kejut roda traksi. Setelah selang waktu 0.25 detik torsi turun dan selanjutnya torsi cenderung meningkat selama roda traksi bergerak maju di atas landasan. Pada saat roda traksi telah berhenti (c), torsi meningkat secara tajam. Hal tersebut disebabkan oleh tertahannya roda traksi di bagian ujung bak uji sebelum rangka pembawa menyentuh *limits switch*.



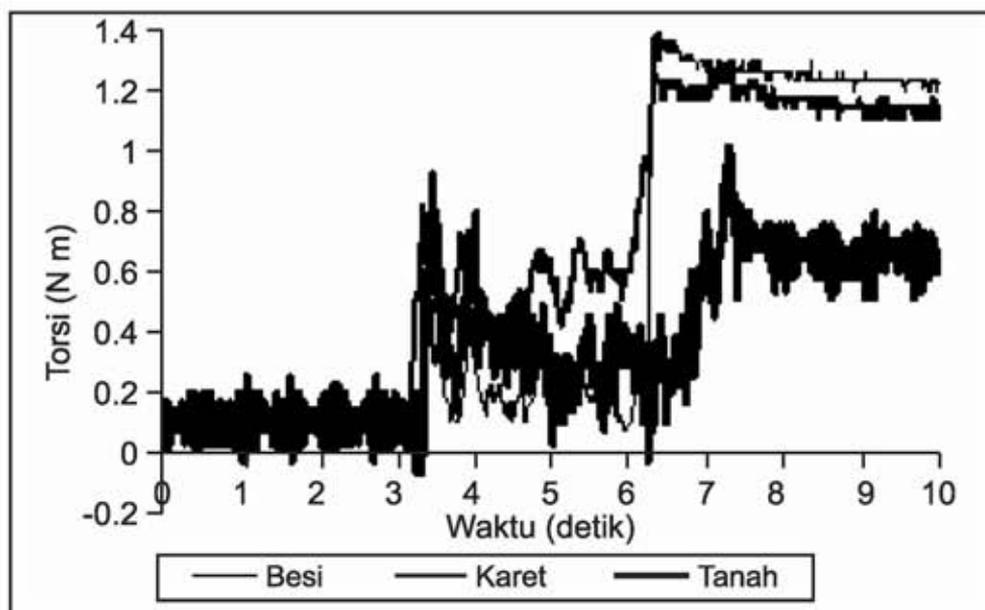
Gambar 5. Contoh hasil pengukuran torsi menggunakan model bak uji.

Beberapa kelemahan dari model bak uji tersebut adalah (1) belum dilengkapi dengan mekanisme pengatur ketegangan rantai untuk melakukan variasi kecepatan putar roda traksi melalui pengaturan jumlah gigi sproketnya, (2) belum dilengkapi dengan sensor kecepatan maju untuk memperoleh data kecepatan maju aktual roda traksi, dan (3) daya motor penggerak kurang memadai untuk beban dinamik melebihi 100 N.

Efek Jenis Landasan Kontak terhadap Torsi

Pada selang waktu pengukuran 3.3-6.2 detik, landasan dari karet menghasilkan torsi rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan torsi rata-rata yang dihasilkan oleh landasan tanah dan besi (Gambar 6). Torsi rata-rata yang diperlukan untuk menggerakkan roda traksi di atas ketiga landasan kontak selama selang waktu pengukuran tersebut adalah 0.53 Nm untuk landasan karet, 0.34 Nm untuk landasan tanah, dan 0.21 Nm untuk landasan besi.

Beberapa faktor yang menyebabkan landasan karet menghasilkan torsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua jenis landasan lainnya adalah besarnya nilai koefisien gesek antara permukaan roda traksi (roda karet) dan lempengan karet. Koefisien gesek statik untuk karet di atas benda solid saja berkisar antara 1 dan 4, sedangkan untuk koefisien gesek kinetiknya adalah 1 (Giancoli, 1984). Di samping hal tersebut, antara roda karet dan landasan karet diduga terjadi saling menarik atau lengket sehingga mengakibatkan torsinya lebih tinggi. Landasan tanah menghasilkan torsi lebih kecil (0.34 Nm) dibandingkan dengan torsi dari landasan karet (0.53 Nm), namun torsi dari landasan tanah tersebut memiliki nilai yang sedikit lebih tinggi jika dibandingkan dengan torsi yang dihasilkan dari landasan besi (0.21 Nm). Hal tersebut diduga disebabkan oleh koefisien gesek antara roda karet dan tanah lebih kecil dibandingkan dengan koefisien gesek antara roda karet dan karet. Di samping itu, pada landasan



Gambar 6. Torsi pengukuran untuk tiga jenis landasan kontak pada beban dinamik roda sebesar 100 N.

tanah terjadi slip dan runtuhnya ikatan antar partikel (struktur) tanah. Kondisi tersebut sangat mungkin terjadi karena tanah yang digunakan sebagai landasan adalah tanah gembur. Landasan besi memiliki torsi yang lebih kecil dibandingkan dengan torsi dari landasan karet dan tanah. Hal tersebut disebabkan antara roda karet dan landasan besi tidak terjadi slip. Selanjutnya landasan besi memiliki sifat yang kaku (*rigid*) dan solid, sehingga landasan tersebut tidak mengalami perubahan struktur pada saat roda traksi berinteraksi dan bergerak di atas permukaan landasan.

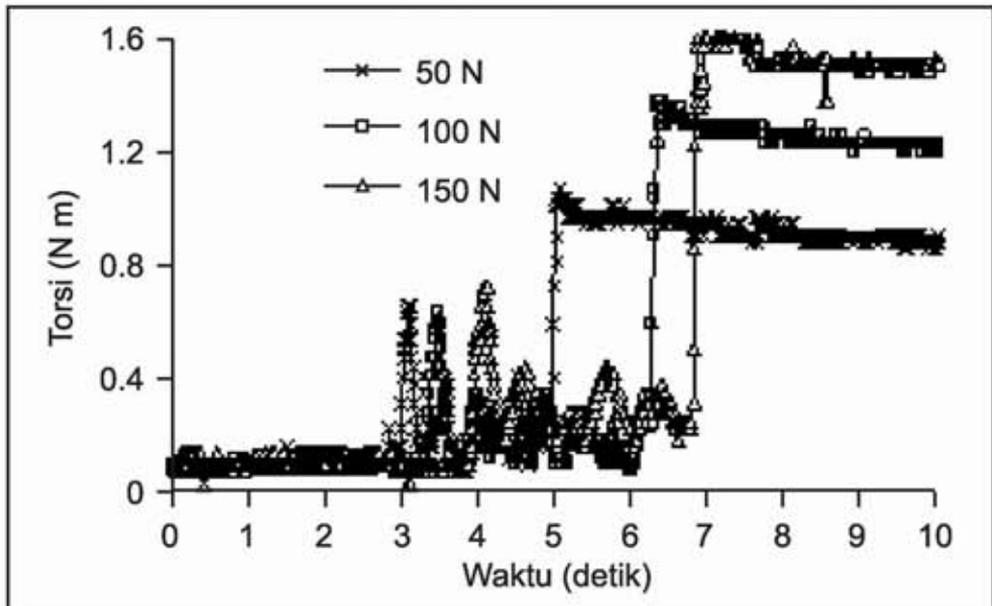
Gambar 6 juga menunjukkan bahwa pada selang waktu pengukuran 4.75-5.75 detik pola torsi dari landasan karet cenderung meningkat sedangkan untuk landasan tanah sedikit menurun. Hal tersebut disebabkan oleh kurang datarnya penempatan landasan lempengan karet, yakni lempengan karetnya miring ke kiri sehingga roda traksi bergerak menanjak. Sebaliknya landasan tanah cenderung miring ke kanan sehingga roda traksi

bergerak sedikit meluncur. Di samping hal tersebut, lonjakan torsi terjadi ketika roda traksi terhenti sebelum kerangka roda traksi tersebut menyentuh *limit switch*.

Efek Beban Dinamik Roda terhadap Torsi

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada beban dinamik roda yang lebih besar maka torsi makin meningkat namun kecepatan maju roda semakin berkurang. Penurunan kecepatan maju terjadi terutama pada beban 100 N dan 150 N.

Torsi maksimum meningkat seiring dengan kenaikan beban dinamik roda. Hal tersebut dapat mengakibatkan gaya traksi juga meningkat. Hasil penelitian ini memperkuat logika persamaan yang diajukan oleh Coulomb bahwa traksi maksimum dipengaruhi oleh bobot roda (W) dan kondisi landasan itu sendiri yakni kohesi (c). Di samping itu, dengan landasan kontak dari pelat besi, kecepatan maju roda traksi mengalami penurunan dari 23 cm/det untuk beban



Gambar 7. Pola torsi pada beberapa tingkat pembebanan roda traksi menggunakan landasan kontak pelat besi.

50 N menjadi 17 cm/det pada beban 100 N dan 150 N. Selanjutnya untuk landasan karet penurunan kecepatan terjadi dari 21 cm/det menjadi 18 cm/det, sedangkan untuk landasan tanah terjadi penurunan dari 20 cm/det menjadi 16 cm/det. Penurunan kecepatan tersebut diduga disebabkan oleh motor penggerak yang digunakan (motor *wiper*) memiliki daya yang kecil sehingga terjadi perlambatan kecepatan putar ketika beban dinamik roda sedikit dinaikkan. Di samping itu juga terjadinya slip antara roda traksi dan landasan kontak terutama untuk landasan dari tanah.

KESIMPULAN

1. Model bak uji yang dikembangkan memiliki dimensi yang lebih kecil dan konstruksi yang sederhana, yakni panjang 1 m, lebar 0.4 m, dan tinggi 0.8 m, sehingga efektif digunakan untuk media pembelajaran di kelas.
2. Landasan dari karet menghasilkan torsi pengukuran yang lebih tinggi dibandingkan dengan landasan dari tanah dan besi. Pada beban roda 100 N, torsi rata-rata untuk landasan karet sebesar 0.53 N m, tanah 0.34 N m, dan tanah 0.21 N m.
3. Kinerja model bak uji yang dikembangkan memiliki pola yang mirip dengan bak uji berukuran besar yang sering digunakan dalam pengujian roda traksi.
4. Setiap unit pengukuran diselesaikan dalam waktu tidak lebih dari 10 detik.

SARAN-SARAN

1. Model bak uji yang dikembangkan belum menggunakan sensor kecepatan maju, sehingga untuk pengembangan selanjutnya perlu dilengkapi dengan sensor kecepatan dan slip agar dapat mengukur

efisiensi traksi.

2. Pada penelitian berikutnya perlu dicoba untuk beberapa jenis roda traksi yang memiliki bentuk sirip yang berbeda.
3. Bak uji mini tersebut dapat dikembangkan sebagai sarana pembelajaran dalam pengukuran torsi dan kinerja roda traksi pada pendidikan teknik atau teknik pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcock, R. 1986. Tractor-Implement System. AVI Publishing co. Inc. Connecticut USA.
- Armansyah. 2002. Analisis Tahanan Gelinding (*Rolling Resistance*) Roda Traksi Dengan Metode Uji Roda Tunggal Pada Bak Tanah (*Soil Bin*). Skripsi. Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Giancoli, D.C. 1984. General Physics. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. Pages: 68-69.
- Liljedahl, J.B., Turnquist, P.K., Smith, D.W., Hoki, M. 1989. Tractors and Their Power Units. Van Nostrand Reinhold. New York. Pages: 240-249
- Mandang, T., Nishimura I. 1991. Hubungan Tanah dan Alat Pertanian. JICA - D G H E / I P B PROJECT/ADAET:JTA-9a (132). Bogor.
- Pitoyo, J. 2003. Studi Kelayakan Teknis Roda Karet (*On-Road*) Sebagai Roda Traksi Traktor Roda Dua Pada Budidaya Lahan Kering. Tesis. Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Sembiring, E.N. 1999. Two Wheel Tractor. Makalah Third Country Training Agricultural Engineering And Technology In The Developing Country. Bogor, 2-30 Agustus 1999.