

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

ISSN 0216-3365

Vol. 24, No. 1, April 2010



Publikasi Resmi

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan

Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATEKA
Institut Pertanian Bogor



jTEP JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

ISSN No. 0216-3365

Vol.24, No.1, April 2010

Jurnal Keteknikan Pertanian merupakan publikasi resmi Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (**PERTETA**) yang didirikan 10 Agustus 1968 di Bogor, berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun. Pada tahun 2010 ini Ketua Dewan Redaksi diganti menjadi Dr.Ir. Wawan Hermawan, MS. Selain itu, pada lembaga penerbit terdapat pergantian nama, dari Departemen Teknik Pertanian menjadi Departemen Teknik Mesin dan Biosistem. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya, lingkungan dan bangunan, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Pengiriman makalah harus mengikuti panduan penulisan yang tertera pada halaman akhir atau menghubungi redaksi via telpon, faksimili atau e-mail. Makalah dapat dikirimkan langsung atau via pos dengan menyertakan hard- dan soft-softcopy, atau e-mail. Penulis tidak dikenai biaya penerbitan, akan tetapi untuk memperoleh satu eksemplar dan 10 re-prints dikenai biaya sebesar Rp 50.000. Harga langganan Rp 70.000 per volume (2 nomor), harga satuan Rp 40.000 per nomor. Pemesanan dapat dilakukan melalui e-mail, pos atau langsung ke sekretariat. Formulir pemesanan terdapat pada halaman akhir.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan
Anggota : Asep Sapei
Kudang B. Seminar
Daniel Saputra
Bambang Purwantana
Y. Aris Purwanto

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah
Sekretaris : Satyanto K. Saptomo
Bendahara : Emmy Darmawati
Anggota : Usman Ahmad
I Wayan Astika
M. Faiz Syuaib
Ahmad Mulyawatullah

Penerbit:

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB Bogor

Alamat:

Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,
Fakultas Teknologi Pertanian,
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680. Telp. 0251-8624691, Fax 0251-8623026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com. Website: ipb.ac.id/~jtep.

Rekening:

BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan:

PT. Binakerta Adiputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang telah menelaah (mereview) naskah pada penerbitan Vol. 24 No. 1 April 2010. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Armansyah H Tambunan, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB), Prof.Dr.Ir. Hadi K. Purwadaria, M.Sc (Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB), Prof.Dr.Ir. Budi Raharjo, MSAE (Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada), Dr.Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si(Departemen TeknikMesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB), Prof. Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Tineke Mandang (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB), Dr.Ir. Y Aris Purwanto, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB), Dr.Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB), Dr.Ir. Leopol O. Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB), Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB), Dr. Ir. Syarifah Nurjanah.M.App.Sc (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Dr.Ir. Joko Nugroho Wahyu K, STP., M.Eng (Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada), Dr.Ir. Bambang Prastowo (Balai Besar Pengembangan Tanaman Industri), Dr.Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada), Dr.Ir. Radite Praeko AS, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB), Dr.Ir. Wawan Hermawan, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB), Dr.Ir. Erigas Eka Putra, MS (Fakultas Teknologi Pertanian,Universitas Andalas), Dr.Ir. Moh Yanuar Jarwadi Purwanto, MS (Departemen Teknik Sipil dan lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB)

Evaluasi Kinerja Tarik Traktor Tangan Dengan Bahan Bakar Minyak Kelapa Murni

Performance evaluation of the hand tractor pull with pure coconut oil fuel

Desrial¹, Y. Aris Purwanto² dan Fandra Wiratama³.

Abstract

Past research shown that coconut oil can be used directly in Diesel engine by adding a heating element in the fuel delivery system. This study aims to evaluate the performance of a hand tractor pull using pure coconut oil fuel. The Diesel engine of the tractor was equipped with a fuel heater installed on the muffler. Traction performance parameters tested were wheel slippage, drawbar pull, forward speed and drawbar power on the path of concrete and soil. Besides, the tractor was also tested on plowing using a moldboard plow. The test results on the concrete track showed that the maximum drawbar pull was 1.21 kN generated at a speed of 0.92 m/s, with a maximum drawbar power of 1.21 kW at the wheel slip of 10.87%. While the drawbar pull on the soil track was 1.37 kN at a speed of 0.79 m/s, with a maximum value of 0.71 kW drawbar power when wheels slip 22.25%. The results of tillage test showed that field efficiency was 84.66%, which was not much different from the test result using Diesel fuel.

Keywords: fuel heater, Diesel engine, pure coconut oil, drawbar pull performance

Diterima: 8 Desember 2009; Disetujui: 16 Maret 2010

Pendahuluan

Kondisi cadangan bahan bakar fosil di dunia yang telah semakin menipis menyebabkan perlunya dilakukan cara-cara yang tepat untuk melakukan penghematan semaksimal mungkin dalam penggunaan bahan bakar fosil. Banyak cara yang telah ditemukan oleh pakar-pakar untuk menanggulangi problem pemborosan bahan bakar, selain membuat desain motor bakar yang memiliki efisiensi lebih baik sehingga pembakaran bahan bakar dapat lebih sempurna, juga usaha-usaha yang dilakukan untuk mendayagunakan minyak nabati dan pemanfaatan energi-energi yang terbuang ke lingkungan.

Minyak nabati yang bersumber dari kelapa sawit, kelapa, kacang-kacangan, jagung, tebu, jarak atau tanaman lain menjanjikan suatu bentuk bahan bakar alternatif yang bisa diperbaharui. Artinya bahan bakar ini dapat dengan mudah disediakan di alam dan selalu bisa diproduksi dalam waktu relatif singkat jika dibandingkan dengan bahan bakar minyak bumi yang butuh waktu bertahun-tahun untuk diproduksi kembali sehingga ketersediaan minyak bumi dapat habis.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa minyak kelapa murni dapat digunakan secara langsung

pada motor diesel dengan menambahkan elemen pemanas pada sistem penyaluran bahan bakarnya (Desrial et al., 2009). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja tarik traktor tangan yang dilengkapi pemanas bahan bakar dengan menggunakan minyak kelapa. Parameter kinerja tarik traktor yang akan diuji adalah gaya tarik traktor (drawbar pull) dan daya tarik traktor (drawbar power). Disamping itu juga dilakukan pengujian kapasitas kerja traktor tangan pada saat melakukan pengolahan tanah serta menghitung efisiensi lapangnya pada saat operasi pengolahan tanah dengan bajak singkal.

Penggunaan minyak kelapa sebagai bahan bakar untuk motor diesel dapat dilakukan dengan dua cara yaitu: 1) digunakan sebagai bahan bakar secara langsung (*straight vegetable oil*) dan 2) digunakan sebagai bahan bakar setelah diproses terlebih dahulu menjadi biodiesel (*cocodiesel*). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa minyak kelapa dalam bentuk cocodiesel dapat digunakan langsung pada motor diesel tanpa memerlukan modifikasi pada konstruksinya (Desrial, 2007). Hasil pengujian penggunaan bahan bakar biodiesel pada motor bakar diesel menunjukkan bahwa motor dapat berjalan baik pada saat menggunakan semua tingkat campuran bahan bakar yang digunakan.

¹ Dosen Departemen Teknik Mesin & Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Email: desrial@ipb.ac.id

² Dosen Departemen Teknik Mesin & Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Email: y_aris_purwanto@ yahoo.com

³ Alumnus Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB Bogor.

Pada penelitian selanjutnya cocodiesel juga diujikan pada traktor roda empat (Desrial dan Anami, 2008) dengan uji kinerja tarik (drawbar performance) pada lintasan beton dan rumput. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa *Drawbar pull* maksimum untuk komposisi B100 pada lintasan beton sebesar 3.56 kN, nilai *drawbar power* maksimum 0.82 kW ketika slip 23%, pada kecepatan 0.23 m/s, sehingga dihasilkan penurunan daya sekitar 22.34%. Sementara *drawbar pull* maksimum pada lintasan rumput sebesar 4.03 kN, nilai *drawbar power* maksimum 0.96 kW ketika slip 25%, pada kecepatan 0.24 m/s.

Penggunaan minyak nabati secara langsung (*straight vegetable oil*) sudah banyak diterapkan pada dunia otomotif. Pada penerapannya, untuk mendapatkan kekentalan yang menyerupai bahan bakar solar maka minyak nabati terlebih dahulu dipanaskan sampai suhu lebih dari 70°C (William, 2006). Pemanas yang digunakan pada umumnya adalah pemanas elektrik menggunakan daya listrik dari batere mobil/traktor. Pada motor bakar diesel satu silinder dimana tidak terdapat sistem listrik, pemanasan bahan bakar dapat dilakukan menggunakan panas gas buang dengan potensi 30-35% dari nilai bahan bakarnya (Arismunandar dan Tsuda, 2008).

Desrial et al. (2009) membuktikan bahwa minyak kelapa asli (*pure crude coconut oil*) dapat digunakan secara efektif sebagai bahan bakar motor diesel dengan menambahkan sistem pemanas pada penyaluran bahan bakarnya. Sistem pemanas bahan bakar yang dikembangkan terbuat dari tabung berupa knalpot berdiameter 11 cm dan tinggi tabung 18 cm. Sebagai elemen pemindah panas digunakan pipa tembaga 0.6 cm dan panjang tembaga 220 cm untuk memenuhi target pencapaian suhu minyak kelapa yang mendekati kekentalan bahan bakar solar yaitu pada suhu 90°C. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa minyak kelapa pada suhu

90°C dapat digunakan sebagai bahan bakar motor bakar diesel dengan kinerja yang baik.

Traktor pertanian dapat menyalurkan tenaganya melalui tenaga (PTO) *Power Take-Off*, tenaga hidrolik dan tenaga tarik (*drawbar power*) (Hunt, 1995). *Drawbar pull* (*Dpbull*) merupakan gaya tarik yang dihasilkan oleh traktor. Besarnya gaya tarik berdasarkan persamaan berikut (Wanders, 1978):

$$Dpbull = F_{max} - F_{RR}$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa gaya tarik (*drawbar pull*) berhubungan langsung dengan gaya tarik maksimum (F_{max}) dan gaya tahanan gelinding (F_{RR}). *Drawbar pull* traktor sangat tergantung pada daya traktor, distribusi gerak pada roda penggerak, tipe gandengan, dan permukaan bidang gerak.

Slip merupakan pengurangan kecepatan maju traktor karena beban operasi pada kondisi lapang. Slip roda yang terjadi pada roda traksi traktor dapat diketahui dari pengurangan kecepatan traktor pada saat operasi dengan beban dibandingkan dengan kecepatan traktor teoritis (Liljedahl et al, 1989). Slip roda traktor digambarkan sebagai berikut :

$$S = \frac{(So - Si)}{So} \times 100\%$$

Dimana S = pengurangan gerakan (%), So = jarak antara putara roda tanpa beban (m), Si = jarak tiap putaran roda dengan beban (m). Semakin besar slip yang terjadi akan makin kecil tenaga yang tersedia untuk menarik alat. Jadi untuk mengetahui berapa besar gaya tarik yang dapat dihasilkan oleh traktor, maka perlu diketahui koefisien traksi. Koefisien traksi (*coefficient of traction*) adalah perbandingan antara gaya tarik yang dihasilkan traktor dengan beban dinamis pada alat penarik.

Kapasitas kerja suatu alat didefinisikan sebagai suatu kemampuan kerja suatu alat atau mesin



a



b

Gambar 1. Lintasan uji tarik (a) beton dan (b) tanah

memberikan hasil per satuan waktu (Suastawa dkk, 2000). Kapasitas kerja dapat dibedakan menjadi kapasitas teoritis dan kapasitas efektif. Kapasitas efektif merupakan waktu nyata yang diperlukan di lapangan dalam menyelesaikan suatu unit pekerjaan tertentu. Kapasitas teoritis adalah hasil kerja yang akan dicapai alsin bila seluruh waktu digunakan pada spesifikasi operasinya.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan bulan Juni 2009 bertempat di Bengkel Teknik Mesin Budidaya Pertanian Leuwikopo, dan lahan percobaan Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Kondisi lintasan pada penelitian yaitu beton dan tanah seperti terlihat pada Gambar 1.

Bahan yang digunakan sebagai bahan bakar dalam penelitian ini adalah minyak kelapa dari kopra yang diperoleh dari PT. Guanhien, Ciamis. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Traktor tangan Yanmar bromo DX 8.5 HP (traktor uji), Traktor Yanmar YM 330 T (traktor beban), Load cell, Kyowa type LT-5TSA71C), Handystrain meter UCAM-1A, Tachometer, Stop watch, pita ukur Penetrometer, Ring sample, timbangan, dan oven.

Tahapan pelaksanaan penelitian dimulai dari persiapan instrumen ukur seperti kalibrasi load cell dan pengukuran kondisi fisik tanah yang digunakan sebagai landasan uji tarik. Lintasan beton dibersihkan dari tanah, daun-daunan dan rumput. Kondisi lintasan tanah diamati dengan mengukur kadar air, kerapatan isi tanah, dan tahanan penetrasi. Pengukuran kadar air dan kerapatan isi tanah dilakukan dengan mengambil sampel tanah secara acak pada lintasan tanah menggunakan ring sample.

Pengujian kinerja tarik (*drawbar performance*) ini dilakukan dengan memasangkan load cell pada kawat yang digunakan untuk menarik beban

yang diberikan, seperti tampak pada Gambar 2. Parameter yang diukur pada pengujian ini adalah: (1) beban tarik, (2) kecepatan maju, dan (3) slip roda.

Evaluasi kinerja traktor pada operasi pengolahan tanah dilakukan dengan mengukur kapasitas lapang teoritis (KLT) dan kapasitas lapang pengolahan efektif (KLE) menggunakan bajak singkal dan menghitung efisiensi lapang dengan persamaan sebagai berikut:

$$Eff = \frac{KLE}{KLT} \times 100\%$$

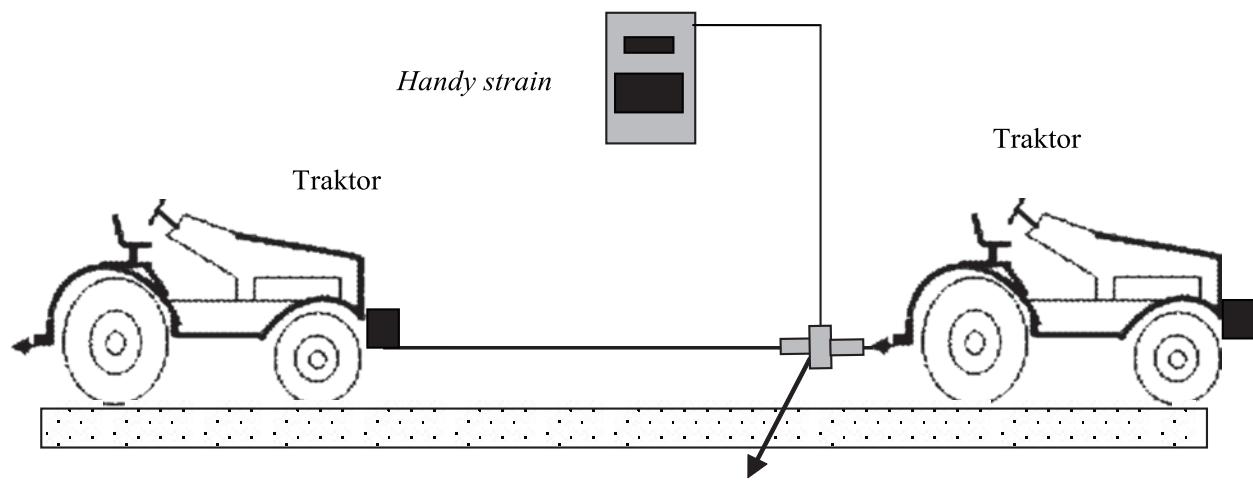
Hasil dan Pembahasan

Kondisi Lintasan Uji

Pengukuran kondisi lintasan tanah menunjukkan bahwa kadar air tanah rata-rata pada saat pengujian adalah 22.69%, sementara kerapatan isi tanah rata-rata sebesar 1.16 g/cm³. Tahanan penetrasi tanah pada kedalaman 0-20 cm berkisar antara 190.12 kPa sampai dengan 2248.12 kPa.

Kinerja Tarik pada Lintasan Beton

Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran kinerja tarik traktor pada lintasan beton dengan bahan bakar minyak kelapa. Gaya tarik traktor (drawbar pull) yang terukur cenderung meningkat dengan bertambahnya beban tarik hingga mencapai titik maksimum sekitar 1.44 kN pada slip roda 55.11%. Sedangkan untuk daya tarik traktor (drawbar power) cenderung turun dengan meningkatnya gaya tarik sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 4. Penurunan daya tarik traktor terjadi karena penurunan kecepatan maju secara bertahap dengan bertambahnya beban tarik yang diberikan kepada traktor. Nilai maksimum dari daya tarik adalah sebesar 1.21 kW yang terjadi pada slip roda 10.87% dengan kecepatan maju 0.92 m/s dan nilai koefisien traksi 0.49.



Gambar 2. Skema uji kinerja tarik

Kinerja Tarik pada Lintasan Tanah

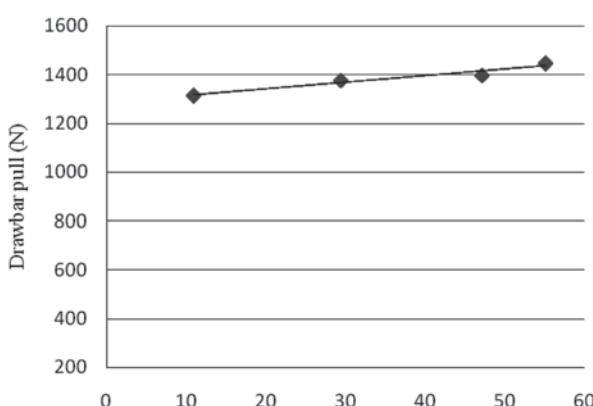
Grafik kinerja tarik traktor pada lintasan tanah diperlihatkan pada Gambar 5. Dari grafik terlihat bahwa gaya tarik traktor dengan bahan bakar minyak kelapa menunjukkan peningkatan dengan bertambahnya slip roda. Hal ini terjadi akibat peningkatan beban yang ditunjukkan dengan peningkatan slip roda. Nilai maksimum dari gaya tarik traktor pada lintasan tanah adalah 1.34 kN dengan slip roda 51.87%. Nilai maksimum ini sedikit lebih rendah dari gaya tarik traktor pada lintasan beton. Namun demikian, nilai gaya tarik traktor pada lintasan tanah untuk slip roda yang lebih rendah jauh lebih rendah dibanding dengan pada lintasan beton. Hal ini dapat terjadi karena kemampuan traksi pada permukaan tanah lebih rendah dari pada permukaan beton akibat kondisi permukaan tanah yang lebih gembur sehingga koefisien traksinya lebih rendah.

Gambar 6 menunjukkan grafik kinerja daya tarik traktor (drawbar power) yang cenderung sedikit

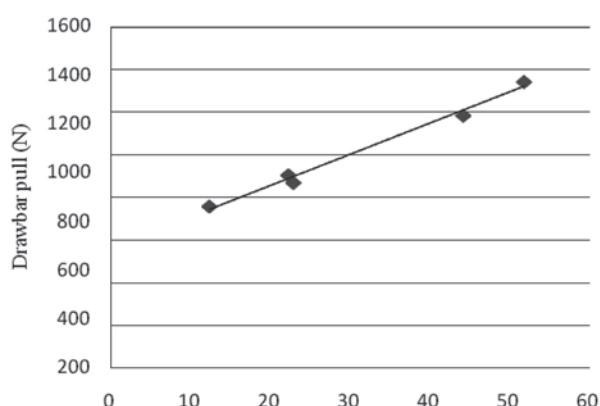
menurun dengan meningkatnya gaya tarik. Namun demikian penurunan yang terjadi terlalu tidak begitu nyata dibandingkan dengan hal yang sama pada lintasan beton. Penurunan daya tarik traktor terjadi karena penurunan kecepatan maju secara gradual dengan bertambahnya beban tarik yang diberikan kepada traktor. Nilai maksimum dari daya tarik adalah sebesar 0.71 kW yang terjadi pada slip roda 22.25% dengan kecepatan maju 0.79 m/s.

Kapasitas Lapang Pengolahan Tanah

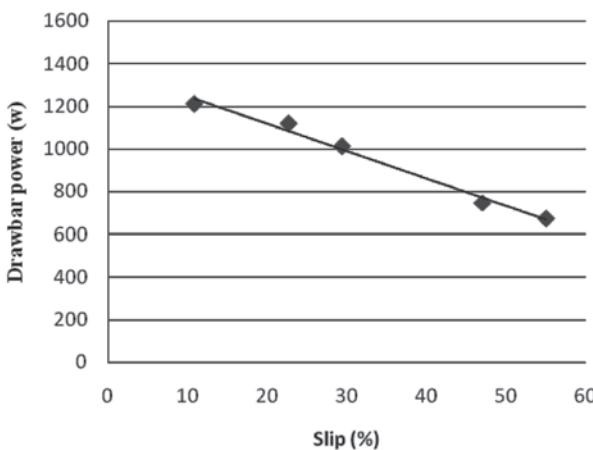
Pengujian penggunaan minyak kelapa juga dilakukan untuk mengevaluasi kinerjanya pada saat melakukan pekerjaan pengolahan tanah sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 7. Dari hasil pengujian kinerja lapang pengolahan tanah dengan menggunakan bahan bakar minyak kelapa diperoleh kapasitas lapang efektif, kapasitas lapang teoritis, dan efisiensi lapang secara berurut sebesar 0.072, 0.082 ha/jam, dan 87.69 %.



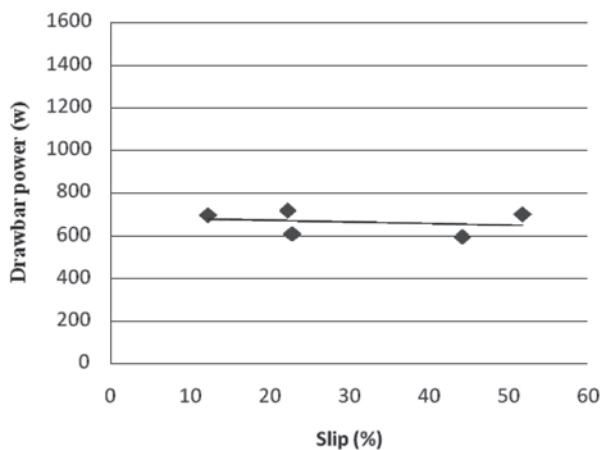
Gambar 3. Grafik hubungan slip roda dengan *drawbar pull* pada lintasan beton dengan bahan bakar minyak kelapa



Gambar 4. Grafik hubungan slip roda dengan *drawbar power* pada lintasan beton dengan bahan bakar minyak kelapa



Gambar 5. Grafik hubungan slip roda dengan *drawbar pull* pada lintasan tanah dengan bahan bakar minyak kelapa



Gambar 6. Grafik hubungan slip roda dengan *drawbar power* pada lintasan tanah dengan bahan bakar minyak kelapa

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa bahan bakar minyak kelapa dapat digunakan secara langsung pada traktor pertanian bermesin diesel dengan hasil yang cukup memuaskan. Hasil pengujian kinerja tarik pada lintasan beton menunjukkan bahwa gaya tarik traktor maksimum yang dihasilkan adalah sebesar 1.44 kN pada kecepatan 0.92 m/s dengan nilai tenaga tarik maksimum adalah 1.21 kW pada saat slip roda 10.87 %. Sedangkan gaya tarik maksimum pada lintasan tanah adalah 1.34 kN pada kecepatan 0.79 m/s, dengan nilai tenaga tarik maksimum 0.71 kW pada saat slip roda 22.25%. Hasil pengukuran kinerja pengolahan tanah diperoleh efisiensi lapang sebesar (87.69 %) dengan kapasitas lapang efektif sebesar 0.072 ha/jam.

Daftar Pustaka

- Alcock, R. 1986. Tractor Implement Systems. Avi Publishing CO., Westport, Connectitude.
- Arismunandar, W. dan K. Tsuda. 2008. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Desrial, 2007. Evaluasi Kinerja Motor Bakar Diesel menggunakan Cocodiesel. Prosiding Seminar Nasional PERTETA 2007, Lampung
- Desrial dan Syahriful Hanami, 2008. Evaluasi Kinerja Traktor Pertanian dengan Menggunakan Biodiesel dari Minyak Kelapa. Prosiding Seminar PERTETA 2008, Yogyakarta.
- Desrial, Aris Purwanto, Miftahudin, 2009. Rancang Bangun Elemen Pemanas Bahan Bakar Motor Diesel untuk Optimalisasi Aplikasi Minyak Kelapa Murni sebagai Bahan Bakar Alternatif. Prosiding Seminar Nasional PERTETA 2009, Mataram
- Liljedahl, J. B., P. K. Turnquist, D. W. Smith, and M. Hoki. 1989. *Tractors and Their Power Units*. 4th ed. Van Nonstrand Reinhold. New York.
- Suastawa, I. N., W. Hermawan, dan E. N. Sembiring. 2000. Kontruksi dan Pengukuran Kinerja traktor Pertanian. Jurusan Teknik Pertanian. FATEA. IPB. Bogor.
- Williams, K.A. dan A. Churchill. 2006. *Oils, Fats, and Fatty Food, Their Practical Examination*. Gloustesplace, London.
- Wanders, A. A. 1978. Pengukuran Energi di dalam Strategi Mekanisasi Pertanian. Departemen Teknik Pertanian. FATEA. IPB. Bogor.



Gambar 7. Pengukuran kapasitas lapang