

KINERJA PENGGETARAN SAYAP PADA BAJAK SUBSOIL GETAR¹

(Performance of Wing Oscilation on Vibratory Subsoiler)

Radite P.A.S², Sigit O.S.³, Dito W.H.³,

ABSTRAK

Penggunaan getaran telah banyak diterapkan dalam memudahkan pemotongan bahan, termasuk juga dalam menurunkan *draft* atau tahanan tarik pada operasi pengolahan tanah khususnya pada operasi bajak subsoil atau *subsoiler*. Umumnya bagian bajak subsoil yang digetarkan adalah bagian *shank* atau bilah chiselnya. Dalam penelitian sebelumnya, penggetaran *shank* terbukti efektif dapat menurunkan tahanan tarik sampai 50% namun teknik seperti ini juga mempunyai kelemahan antara lain getaran masih cukup kuat diteruskan ke badan traktor sehingga dapat memperlemah konstruksi 3 titik gandeng dan secara keseluruhan dapat mengganggu stabilitas traktor. Untuk itu perlu dicari suatu mekanisme alternatif yang dapat meminimumkan penerusan getaran ke badan traktor namun masih tetap efektif memberikan penurunan *draft*.

Dalam tulisan ini akan dikemukakan hasil penelitian tentang aplikasi penggetaran sayap pada bajak subsoil yang dirancang untuk penggemburan tanah di lahan ratun kebun tebu di lahan kering. Penggetaran sayap dengan arah getaran “atas-bawah” pada bajak subsoil ini berbeda prinsip jika dibandingkan dengan penggetaran batang *shank* yang digetarkan dengan arah “depan-belakang”. Penggetarah sayap ini bertujuan selain untuk menurunkan tahanan tarik juga ditujukan untuk mengurangi penerusan getaran ke badan traktor, dengan pemikiran bahwa tanah bagian atas relatif tidak tertahan sehingga tidak terjadi “gerak relatif tarikan mundur” ke badan traktor. Dalam paper ini akan dikemukakan desain dan hasil pengujian pada penggunaan *connecting rod* penggetar yang dipasang didepan dan dibelakang *shank* dari bajak subsoil.

Keyword: *Bajak getar, Penggetar sayap, subsoiler getar*

¹ Disampaikan dalam Gelar Teknologi dan Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008 di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta 18-19 November 2008

² Staf pengajar di Departemen Teknik Pertanian, FATETA-IPB, email : iwan_radit@yahoo.com

³ Mahasiswa tingkat akhir di Departemen Teknik Pertanian, FATETA- Bogor.

A. PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Pengolahan tanah di perkebunan tebu terdiri dari pengolahan tanah primer, pengolahan tanah sekunder dan pembuatan *seed beds*. *Subsoiling* merupakan salah satu kegiatan pengolahan tanah primer, untuk memotong dan memecah lapisan tanah keras yang terbentuk akibat pemadatan tanah oleh lalu lintas traktor selama kultivasi dan truk pengangkut hasil panen maupun pemadatan yang terjadi secara alami (pengaruh iklim). Lapisan tanah keras perlu *subsoiling* karena lapisan ini menghambat pertumbuhan dan perkembangan akar serta penyerapan air dan unsur hara yang dibutuhkan tanaman oleh akar. Alat yang digunakan pada kegiatan *subsoiling* adalah *subsoiler* atau bajak subsoil. Penggunaan *subsoiler* dapat memperbaiki sifat fisik tanah, yaitu menurunkan *bulk density* dan meningkatkan porositas tanah sehingga memberikan kondisi yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman.

Kegiatan *subsoiling* membutuhkan *draft* yang paling besar dibanding dengan kegiatan pengolahan tanah yang lain pada perkebunan tebu. Hal ini dikarenakan kedalaman olah *subsoiler* mencapai 40-60 cm, dimana semakin besar kedalaman olah maka semakin besar pula tahanan tarik (*draft*) yang dibutuhkan. Besarnya *draft* berpengaruh terhadap besarnya daya yang dibutuhkan serta konsumsi bahan bakar. Operasi *subsoiler* hanya dapat ditarik menggunakan *heavy-duty tractor* karena kebutuhan *draft* yang tinggi terutama untuk memecah lapisan tanah dalam pada kedalaman mencapai 50 cm.

Berbagai usaha telah dilakukan untuk menurunkan *draft*, antara lain dengan mendesain bentuk dan konstruksinya yang dapat meminimumkan tahanan tarik, demikian halnya dengan penerapan mekanisme penggetaran. Menurut Smith dan Wilkes (1976), *draft* dari desain bajak subsoil tipe lengkung/parabolik serta tipe menyudut 25% lebih rendah daripada bajak subsoil tipe lurus. Penggunaan getaran untuk menurunkan tahanan tarik (*draft*) pada alat pengolahan tanah terutama bajak *sub soil* terus dikembangkan. Aplikasi penggetaran untuk menurunkan *draft* dari alat pertanian telah dilaporkan oleh Jack dan Tramontini (1955) dengan *tine cultivator* yang digoyangkan pada arah depan dan belakang melalui putaran poros eksentris dari sebuah motor. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penurunan tahanan tarik yang besar terjadi pada kondisi rasio kecepatan maju dibagi kecepatan getar lebih kecil dari 1, atau pada kondisi kecepatan getar lebih tinggi dari kecepatan maju.

Analisis penggetaran batang untuk bajak subsoil secara teori juga dapat menurunkan tahanan tarik, secara teori berkisar antara 20-70% (Radite 1998), tergantung pada rasio kecepatan dan amplitudo getaran. Prototip subsoiler getar 2 bilah *shank* dengan penggetar togel dapat menurunkan tahanan tarik sampai 50% dengan pada kedalaman olah sekitar 30 cm (Taufik 2001, Radite, 2003).

Salokhe (2007), melakukan penelitian tentang efek penggetaran pada kinerja *subsoiler* dengan satu *shank*. Hasil pengujian menunjukkan penggetaran *subsoiler* membawa efek yang signifikan terhadap besarnya *draft*, gaya vertikal, total tenaga yang dibutuhkan dan total tenaga tiap luasan tanah yang runtuh atau rusak dibandingkan *subsoiler* tanpa penggetaran, dimana *draft* berkurang sekitar 29% dan 34%, tetapi gaya vertikal meningkat 227% dan 400% , tenaga yang dibutuhkan meningkat 100% dan 66% serta terjadi peningkatan 127% dan 112% tenaga total yang dibutuhkan untuk tiap luasan area tanah yang diolah pada kecepatan maju pengolahan 2.5 km/h dan 3.0 km/h. Jadi penggetaran pada *subsoiler* dapat menurunkan *draft* tetapi meningkatkan tenaga yang dibutuhkan, peningkatan tenaga disebabkan tenaga digunakan untuk menggerakkan mekanisme getaran untuk menggetarkan tanah. Selain itu getaran yang diteruskan ke tempat duduk operator lebih besar 2-3 kali lebih besar daripada *subsoiler* tanpa getaran. Penerusan getaran yang cukup besar juga dilaporkan oleh Taufik (2001) pada penggetaran *shank* untuk bajak subsoil getar dengan dua bilah bajak.

Tidak seperti penelitian sebelumnya yang menggetarkan *shank* atau bilah bajaknya, pada penelitian ini digunakan mekanisme penggetaran sayap. Dalam desain subsoiler getar ini, yang digerakkan atau digetarkan adalah sayap penggetarnya sedangkan *shank* diam. Desain penggetar sayap dimaksudkan untuk meminimalkan getaran yang diteruskan ke badan traktor terutama tempat duduk operator. Desain subsoiler getar ini juga dilengkapi pemupuk mekanis. Penambahan fungsi pemupukan ini bertujuan untuk meletakkan pupuk pada kedalaman 40 cm agar pupuk tidak mudah meguap serta hilang karena terbawa erosi juga untuk meningkatkan “efisiensi utilisasi traktor”.

2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mendisain bajak subsoiler getar tipe chisel lengkung parabolik yang dapat menurunkan tahanan tarik secara optimal dan membuat mekanisme penggetaran yang dapat mengurangi transmisi getaran bajak ke badan traktor, serta melakukan uji fungsional.

B. METODOLOGI PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat

Disain pembuatan prototype dilakukan di Laboratorium Alat dan Mesin Budidaya Pertanian. Uji fungsional dilaksanakan pada bulan September 2008 di Laboratorium Lapangan Leuwikopo, Departemen Teknik Pertanian Institut Pertanian Bogor.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan modifikasi dari desain subsoil getar yang telah dikembangkan sebelumnya oleh Hidayat (2006). Pada disain sebelumnya terdapat beberapa permasalahan telah diidentifikasi di lapangan antara lain kedalaman olah tidak seragam, struktur dan konstruksi pada mekanisme penggetaran kurang kuat sehingga rentan terhadap kerusakan terutama pada bagian system transmisi dan poros engkol penggetar. Selain itu, getaran yang diteruskan ke badan traktor oleh sayap penggetar masih cukup besar. **Gambar 1** menunjukkan desain subsoil yang telah dikembangkan sebelumnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka akan dilakukan modifikasi pada beberapa bagian subsoil getar dengan pemupuk mekanis, yaitu penggantian gearbox, penambahan roda pengatur kedalaman, dan modifikasi pada bagian mekanisme penggetaran. Penggantian Gearbox dengan yang baru diharapkan dapat mentransmisikan daya 20 Hp (semula 10 Hp) pada kecepatan putar 540 rpm. Dengan demikian, meningkatnya daya yang ditransmisikan maka akan merubah struktur dan konstruksi dari system transmisi dan bagian-bagian dari mekanisme menjadi lebih kuat dan kokoh.



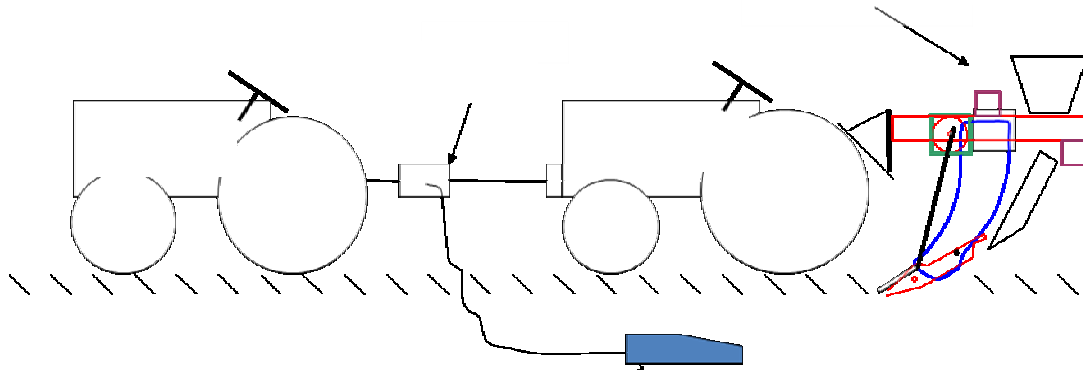
Gambar 1. Subsoil getar dengan pemupuk mekanis

Penambahan roda pengatur kedalaman dimaksudkan untuk membatasi kedalaman olah subsoil. Sedangkan modifikasi yang dilakukan pada mekanisme penggetaran, yaitu pengurangan jarak eksentrisitas pada poros engkol (dari 35 mm menjadi 20 mm), serta memperbesar diameter poros engkol dari 25 mm menjadi 35 mm. Pengurangan jarak eksentrisitas dimaksudkan untuk mengurangi amplitudo yang dihasilkan dan diharapkan menurunkan enersi yang dibutuhkan untuk memutar (PTO power). Selain itu, penurunan amplitudo diharapkan dapat mengurangi getaran yang tersalur ke badan traktor. Diameter poros engkol diperbesar untuk memperkuat konstruksinya agar tidak cepat rusak dan patah. Hal ini dikarenakan daya yang tersalur ke poros tersebut cukup besar akibat gerakan naik-turun dari sayap penggetar saat pengolahan tanah dalam.

Pengujian fungsional dilakukan pada prototype hasil modifikasi untuk mengetahui dan memastikan bagian-bagian dari bajak subsoil dapat berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan motor variable 100 rpm (pengganti pto traktor) dengan poros *spline* (poros input). Setelah diketahui bahwa mekanisme penggetaran bekerja dengan baik, selanjutnya menghubungkan poros *spline* dengan pto pada traktor (kec. Putar 540 rpm) dengan menggunakan *universal joint*.

Pengujian kinerja lapangan dilakukan setelah prototipe dimodifikasi dan secara fungsional dapat bekerja dengan baik. Pengujian yang dilakukan antara lain: pengukuran tahanan tarik, kecepatan maju traktor saat pengolahan, kecepatan putar poros pto, kedalaman olah, slip dan kapasitas lapang.

Pengukuran tahanan tarik dilakukan dengan cara menggandengkan bajak subsoil getar dengan dua bilah bajak hasil rancangan pada traktor roda empat (disebut traktor 2). Selanjutnya traktor 2 digandengkan pada traktor roda empat lainnya (disebut traktor 1) yang akan menarik traktor 2. Gaya tarik traktor diukur dengan sebuah *load cell* yang dipasangkan pada kawat penarik yang menghubungkan antara traktor 1 dan traktor 2. **Gambar 2** menunjukkan cara pengukuran tahanan tarik.



Gambar 2. Mekanisme pengukuran tahanan tarik

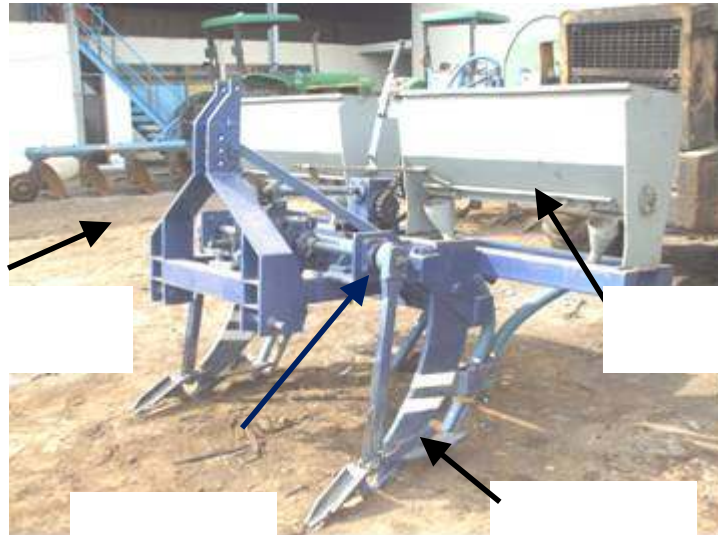
Penelitian ini dilakukan dengan tiga perlakuan, yaitu 1) bajak subsoil digetarkan dan tidak digetarkan, 2) menggunakan dua tingkat transmisi (LI dan LII), 3) dan tiga tingkat RPM engine (1300, 1600, 1900). Ketiga perlakuan tersebut dikombinasikan sehingga menghasilkan 12 perlakuan. Masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan (U1, U2, U3), sehingga jumlah perlakuan seluruhnya sebanyak 36 perlakuan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Desain

Prototipe bajak subsoil getar ini memiliki empat bagian utama, yaitu bilah bajak (*shank*) parabolic, rangka tarik, bagian mekanisme penggetaran dan pemupuk mekanis, seperti tampak pada **gambar 3**. Terdapat dua buah *Shank* pada subsoiler getar ini dan dalam keadaan tetap (tidak bergetar) sedangkan sayap penggetarnya digetarkan sehingga menimbulkan gerakan naik-turun pada sayap tersebut. Penggetaran ini memanfaatkan tenaga putar yang diambil dari pto traktor. Penggetaran hanya terjadi pada sayap penggetar bertujuan untuk meminimalkan getaran yang diteruskan ke badan traktor.

Prototipe bajak getar ini memiliki bobot sekitar 726.3 kg dan cocok dioperasikan pada perkebunan tebu lahan kering dengan jarak PKP (pohon ke pohon) 135 cm. Hal ini sesuai dengan jarak antar bilah bajak.



Gambar 3. Modifikasi subsoiler getar dengan pemupuk mekanis

Mekanisme penggetar terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu poros *spline*, *gearbox*, poros engkol, batang getar, dan sayap penggetar. Mekanisme ini berfungsi untuk mengubah tenaga putar dari pto traktor menjadi gerak translasi pada sayap penggetar.

Mekanisme penyaluran tenaga putar dari pto traktor ke transmisi utama subsoiler menggunakan *universal joint*. *Universal joint* menghubungkan poros pto dengan poros spline, tenaga putar kemudian ditransmisikan dan terlebih dulu diubah arah putarannya oleh gearbox ke poros penggetar. Poros penggetar memutar poros engkol (eksentrisitas 20 mm), gerakan rotasi pada poros engkol diubah menjadi gerak translasi oleh batang penggetar untuk menggerakkan sayap penggetar naik-turun.

Bilah bajak yang digunakan pada subsoiler ini yang berbentuk parabolic dengan sudut lengkung antara 25° sampai 60° dan tinggi 40 cm. Bahan bilah bajak berupa plat besi tebal 25 mm. Tinggi keseluruhan bilah bajak adalah 964 mm. Desain bilah bajak dibuat melengkung agar dapat mengurangi tahanan tarik yang dihasilkan. Menurut Smith dan Wilkes (1976), desain bajak subsoil tipe lengkung/parabolik serta tipe menyudut memerlukan daya tarik 25% lebih rendah daripada bajak subsoil tipe lurus.

Pemupuk mekanis terdiri dari beberapa bagian, yaitu hopper, agitator, saluran penjatah dan system transmisi. Hopper terbuat dari bahan stainless steel untuk mencegah korosi dengan kapasitas 200 kg. Agitator berfungsi untuk mengeluarkan pupuk dari hopper. Selain untuk menggerakkan sayap penggetar, tenaga putar dari pto traktor juga digunakan untuk memutar agitator pemupuk. Sistem transmisi terdiri dari rantai dan sproket serta gearbox.

2. Hasil Pengujian

Pengujian di laksanakan di Kebun Percobaan Dept Teknik Pertanian di Leuwikopo bogor. Jenis tanahnya adalah latosol coklat kemerahan. Kadar air rata-rata pada kedalaman 0 – 40 cm adalah 41.1% dan meningkat seiring dengan meningkatnya kedalaman tanah (36.9 – 46.8%). Kerapatan tanah (*bulk density*) rata-rata sebesar 1.03 g/cm³, sedangkan tahanan penetrasi rata-rata 21.1 kgf/cm², dimana pada kedalaman 20 – 30 cm *bulk density* dan tahanan penetrasi tanah paling tinggi, yaitu 1.12 g/cm³ dan 21.9 kgf/cm².

Hasil pengujian tahanan tarik dengan penggetaran berkisar antara 10.4 – 11.8 kN dengan rata-rata sebesar 11.1 kN. Tahanan tarik terbesar terjadi pada perlakuan L1 ; 1900 yaitu 11.8 kN. Kecepatan maju dengan penggetaran berkisar antara 0.27 – 0.68 m/detik. Sedangkan kedalaman olah dengan penggetaran berkisar antara 16 - 28 cm. Kedalaman maksimal dicapai pada perlakuan L1 ; 1600 yaitu 28 cm.

Hubungan tahanan tarik dengan kedalaman pengolahan dan kecepatan maju saat subsoiler digetarkan disajikan pada **Tabel1**. Dari hasil pengujian diketahui pada perlakuan L1; 1600 kecepatan maju mengalami penurunan hal ini disebabkan sebagian tanah yang diolah oleh subsoiler getar dalam keadaan gembur sehingga menyebabkan subsoiler ambles sampai kedalaman 28 cm. Kedalaman olah yang tinggi menyebabkan tahanan tarik meningkat mencapai 11.7 kN.

Tabel 1. Hubungan tahanan tarik dengan kedalaman dan kecepatan maju pada operasi subsoiler dengan penggetaran

Perlakuan	Tahanan tarik (kN)	Kedalaman rata-rata (cm)	Kecepatan maju rata-rata (m/dtk)
L1 ; 1300	10.4	18	0.28
L1 ; 1600	11.7	28	0.27
L1 ; 1900	11.8	18	0.48
L2 ; 1300	10.7	16	0.50
L2 ; 1600	11.2	19	0.67
L2 ; 1900	10.8	18	0.68

Dari hasil pengujian tahanan tarik subsoiler dengan penggetaran dan juga tahanan tarik subsoiler tanpa penggetaran menunjukkan dengan meningkatnya kecepatan maju akan menyebabkan kenaikan tahanan tarik. Kepner et al. (1978) menyatakan bahwa peningkatan kecepatan maju traktor akan meningkatkan tahanan tarik, hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan percepatan pada tanah yang digerakkannya. Peningkatan percepatan tanah dapat

meningkatkan tahanan tarik karena gaya akselerasi meningkatkan beban normal pada permukaan kontak tanah dengan bajak sehingga gesekan meningkat.

Tetapi meningkatnya kecepatan maju belum pasti secara langsung meningkatkan tahanan tarik karena dipengaruhi juga oleh kedalaman olah. Pada kecepatan maju pengolahan yang rendah efektifitas penggunaan getaran dalam menurunkan tahanan tarik menjadi lebih tinggi dan kedalaman olah berpengaruh terhadap tinggi rendahnya tahanan tarik yang dihasilkan. Tahanan tarik cenderung lebih tinggi saat kedalaman olah tinggi.

Tahanan tarik tanpa penggetaran berkisar antara 11.9 – 15.4 kN dengan tahanan tarik rata-rata sebesar 13.0 kN, tahanan tarik terbesar terjadi pada perlakuan L2 ; 1900 yaitu 15.4 kN. Kecepatan maju tanpa penggetaran berkisar antara 0.27 – 0.68 m/detik. Sedangkan kedalaman olah tanpa penggetaran berkisar antara 17 - 26 cm. Kedalaman maksimal dicapai pada perlakuan L2 ; 1900 yaitu 26 cm. Hasil pengujian tahanan tarik tanpa penggetaran memperlihatkan kecepatan maju cenderung menurun dengan meningkatnya *speed engine*. Hal ini mungkin disebabkan kondisi tanah saat pengujian gembur sehingga kedalaman olah lebih dalam dan mengakibatkan tahanan tarik meningkat (**Tabel 2**).

Tabel 2. hubungan tahanan Tarik dengan kedalaman dan kecepatan maju subsoiler tanpa getar

Perlakuan	Tahanan tarik (kN)	Kedalaman rata-rata (cm)	Kecepatan maju rata-rata (m/dtk)
L1 ; 1300	11.9	18	0.30
L1 ; 1600	13.1	19	0.29
L1 ; 1900	14.2	22	0.23
L2 ; 1300	11.4	19	0.45
L2 ; 1600	12.1	17	0.54
L2 ; 1900	15.4	26	0.38

Besarnya tahanan tarik rata-rata pada subsoil dengan penggetaran adalah 11, 1 kN dengan kecepatan maju rata-rata 0.48 m/s. Sedangkan besarnya tahanan tarik rata-rata pada subsoil tanpa getar adalah 13.0% dengan kecepatan maju 0.37 m/s. Disini diketahui bahwa terjadi penurunan tahanan tarik sebagai akibat efek penggetaran pada sayap penggetar antara 6.1% sampai dengan 29.9%, dengan penurunan tahanan tarik rata-rata 14.7%. Pengamatan visual mengindikasikan bahwa penurunan amplitudu getaran juga dapat menurunkan penerusan getaran ke badan traktor.

Slip roda yang terjadi ketika subsoil digetarkan berkisar antara 17.9 % - 48.5 %, dengan slip rata-rata sebesar 28.9%. Sedangkan slip roda traktor tanpa penggetaran berkisar antara

27.8% - 74.0% dengan slip rata-rata sebesar 46.9%. Dari data hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa terjadi penurunan slip roda sebesar 38% saat bajak subsoil digetarkan. Penurunan slip ini terjadi seiring dengan penurunan tahanan tariknya.

D. KESIMPULAN

1. Prototipe bajak subsoiler getar telah bekerja secara baik saat dilakukan pengujian fungsional di Leuwikopo, Darmaga Bogor. Prototipe bajak subsoil getar memiliki empat bagian utama, yaitu bilah bajak parabolic, rangka tarik, bagian penggetar, dan bagian pemupuk mekanis
2. Tahanan tarik bajak subsoil tanpa penggetaran berkisar antara 11.9 – 15.4 kN dengan rata-rata 13.0 kN, yang dioperasikan pada kecepatan maju antara 0.23-0.54 m/s dengan rata-rata kecepatan maju 0.37 m/s, pada kedalaman olah 17-26 cm. Sedangkan tahanan tarik bajak subsoil dengan penggetaran berkisar antara 10.4 – 11.8 kN dengan rata-rata sebesar 11.1 kN, yang dioperasikan pada kecepatan maju antara 0.27-0.68 m/s dengan rata-rata 0.48 m/s, pada kedalaman olah antara 16-28 cm.
3. Hasil pengujian bajak subsoil getar dengan dua *shank* dengan penggetaran sayap menunjukkan penurunan tahanan tarik berkisar 6.1% sampai 29.9%, dengan rata-rata 14.7% dan penurunan slip roda sebesar 38% dibandingkan pada operasi subsoiler tanpa penggetaran. Pengamatan visual mengindikasikan bahwa penurunan amplitudo getaran juga dapat menurunkan penerusan getaran ke badan traktor.

DAFTAR PUSTAKA

- Biwanto, I. 2004. Desain Bajak Getar Tipe Chisel Lengkung Parabolik. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian, Fateta. IPB.
- E.P Badalan et al. 1999. Journal of Terramechanics 36. Hal 117-125.
- Hidayat, W. 2006. Desain Subsoil Getar Dengan Pemupuk Mekanis Untuk Budidaya Tebu Lahan Kering. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian. Fateta. IPB.
- Jack, T.G. dan Tramontini. 1955. Oscillation of Tillage Implement. Agriculture Engineering 36: 725-729
- Taufik, M.H. 2001. Rancang Bagun Mekanisme Penggetar untuk Bajak Subsoil Getar dengan Dua Bilah Bajak. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Tupper, G.R. 1997. Low Till Parabolic subsoiler: A New Design for Reduce Soil Surface Disturbance and Power Requirement. Bulletin 858. Miss. Agric. And Forestry Exp. Sta. Miss. State Mississippi. 3p
- Rizkianda, A.B. 2005. Pengujian Tahanan Tarik (Draft) Bajak Subsoil Getar Tipe Chissel Lengkung Parabolik. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Salokhe, V.M., R. Karoonboonyanan., T. Niyamapa and H. Nakashima. 2007. Vibration Effect on the Performance of a Single-Shank Subsoiler. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript PM 07018. Vol. IX. September 2007. <http://www.salokhe@ait.ac.th>
- Radite, P.A.S, dan I.N. Suastawa. 1998. Analisis Gerak dan Karakteristik Penggetar Togel untuk Bajak-Getar. Seminar dan Kongres PERTETA. Yogyakarta, 27-28 Juli 1998.
- Radite, P.A.S, Wawan, H., I.N. Suastawa. 2003. Pengembangan Subsoiler Getar 2-Bajak. Jurnal Ilmiah Pertanian Gakuryoku, Persada. 9(2): 181-186