

PERKEMBANGAN KONSEP PENURUNAN TAHANAN TARIK PADA PENGEMBANGAN DISAIN BAJAK SUBSOIL GETAR

State of The Art of Draft Reduction Concept of Vibratory Subsoiler Design

Yazid Izmi Intara¹ dan Radite PAS²

Abstract

From many experiments with different kinds of tillage tools it is well known that an oscillating or vibrating movement of a tool can have a considerable influence on the draft required. Subsoiler represent tools of deep tillage, the function of subsoil plough to cutting deep tillage and to breaking hardpan soil. The hardpan soil can hinder drainage, aeration and pursue spreading of the soil nutrition. Therefore in split/cut the hardpan layer require by big enough of energy. This operation requires heavy-duty tractor because of high draft consumption, especially for breaking subsoil up to depth of 50 cm. Vibratory technique is one of the methods, which could be applied in order to reduce draft. On the other hand reduced draft can used by vibration, mechanism of vibration exploitedly with rotation of PTO changed become translation movement. However that vibration can greatly reduce the draft force needed, to pull a blade or tine trough soil, but this can only be achieved at the expense of an increase in the total power consumed.

Keywords: *Reduction, Draft, Hardpan, Vibratory, Subsoiler, Power ratio, Velocity ratio, Amplitudo*

Diterima: 12 Pebruari 2007; Disetujui: 3 Mei 2007

LATAR BELAKANG KONSEP PENURUNAN TAHANAN TARIK BAJAK SUBSOIL

Sampai saat ini masih banyak dilakukan penelitian-penelitian untuk menurunkan tahanan tarik pada proses pengolahan tanah terutama pada operasi pengolahan tanah dengan bajak subsoil, upaya-upaya penurunan tahanan tarik (*draft*) diantaranya adalah dengan menggunakan getaran pada alat pengolahan tanah khususnya terhadap

komponen yang mengalami kontak langsung dengan tanah. Penggetaran tersebut akan lebih memudahkan bajak subsoil untuk memecah lapisan keras/kedap pada pengolahan tanah dalam. Bajak subsoil merupakan alat pengolah tanah yang fungsinya untuk memotong tanah lebih dalam dibandingkan dengan bajak biasa dan membelah lapisan keras dari tanah. Tanah padat menghalangi drainase, aerasi dan menghambat penyebaran nutrisi pada tanah. Oleh karena itu dalam

¹ Staf Pengajar Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman Samarinda. E-mail: izmi_6@yahoo.com

² Staf Pengajar Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Email: iwan_radit@yahoo.com

membelah lapisan keras ini dibutuhkan tenaga yang cukup besar. Tahanan tarik yang besar dapat dikurangi dengan cara penggetaran. Mekanisme penggetarannya dengan memanfaatkan putaran PTO yang dirubah menjadi gerakan translasi.

Alat pengolah tanah dalam operasinya akan mengalami tahanan tarik tanah sebagai reaksi tanah akibat beban dari alat tersebut. Pada operasi di lapangan, tahanan tarik yang dialami alat besanya sama dengan besar gaya yang diberikan pada tanah dengan arah yang berlawanan dengan gerak maju alat tersebut. Tarikan pada suatu alat (implemen) diartikan sebagai total gaya yang digunakan pada implemen oleh suatu unit tenaga tarik. Selanjutnya besar tahanan tarik dalam tiap luas pengolahan tanah merupakan tahanan tarik spesifik dan dinyatakan dalam satuan N/m^2 . (Kepner et al., 1978)

KONSEP PENURUNAN TAHANAN TARIK DARI SUBSOILER GETAR

Gunn dan Tramontini (1955), melakukan percobaan penggetaran dengan menggunakan pisau (*blade*). Hasil percobaan menunjukkan bahwa tahanan tarik menurun jika rasio kecepatan (kecepatan getar terhadap kecepatan maju) lebih besar dari satu.

Selanjutnya Larson (1967) menyampaikan tiga keuntungan utama penggunaan peralatan penggoyang/penggoncang (oskilasi), yaitu: (1) mengurangi tahanan tarik, selanjutnya kompaksi tanah dikurangi karena penurunan traksi dan pengurangan pembebanan roda. (2) memperbaiki penghancuran tanah, sehingga bidang-bidang geser cenderung terjadi secara teratur pada setiap oskilasi dan dapat memperkecil ukuran bongkah tanah (*clod*) yang selanjutnya meminimumkan kebutuhan pengolahan tanah kedua, serta

operator dapat mengontrol ukuran *clod* dengan cara mengontrol besarnya frekuensi, amplitudo dan kecepatan maju, dan (3) menerapkan gaya yang lebih efektif, sehingga gaya yang bekerja pada tanah dapat dikenakan secara langsung sehingga keruntuhan geser terjadi dengan suatu beban normal minimum. Dengan demikian, terjadi pengurangan gaya yang diperlukan untuk menyebabkan terjadinya keruntuhan atau penghancuran tanah.

Menurut Gill dan Vanden Berg (1968) bahwa bajak getar pada prinsipnya adalah sebuah bajak yang meminimumkan masukan tenaga, dalam proses pengolahan tanah dengan output yang hanya berasal dari PTO saja, sehingga bajak getar termasuk ke dalam kategori alat "*multi powered*". Alat "*multi powered*" adalah alat yang mendapatkan energi yang dibutuhkan untuk menggerakannya dengan lebih dari satu cara, namun tidak perlu disuplai oleh lebih dari satu sumber energi. Gaya tarik yang dibutuhkan untuk menarik *chisel* beroskilasi, lebih rendah daripada *chisel* yang kaku. Hal tersebut disebabkan: (1) getaran mempengaruhi keseimbangan gaya-gaya pada suatu volume tanah, (2) gaya-gaya gesekan berubah arahnya dan gaya normal menurun, (3) getaran mengurangi sudut gesekan tanah dengan logam, (4) getaran mengurangi kekerasan tanah.

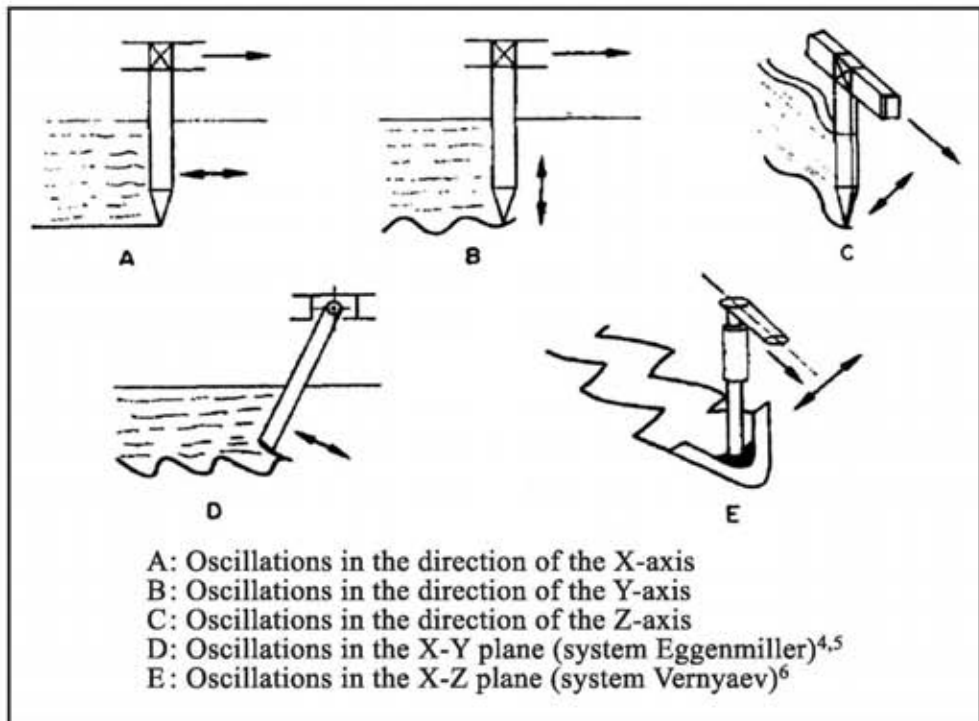
Dikemukakan pula bahwa penggetaran dapat menurunkan tarikan (*drawbar pull*) hingga 70%, tetapi pengurangan ini umumnya kurang dari atau sama dengan energi ekstra yang dikonsumsi dalam getaran. Kemungkinan energi ekstra ini dapat dikurangi terutama dalam sistem transmisi alat tersebut, oleh karena itu perbaikan lebih lanjut dalam sistem transmisi akan memperbaiki keseimbangan energi. Hasil yang dapat dikemukakan adalah bahwa: (1) oskilasi dapat menurunkan tahanan tarik hingga 50%, (2) frekuensi memiliki pengaruh terbesar dalam upaya penurunan tahanan tarik, sedangkan kecepatan maju

pengaruhnya kecil, (3) arah osilasi dan kedalamannya olah tidak begitu berpengaruh terhadap kebutuhan tenaga untuk oskilasi, (4) apabila amplitudo naik maka kebutuhan tenaga naik dan menggandakan frekuensi osilasi, kebutuhan tenaga akan mendekati dua kali lipat.

Kofoed (1969) dalam penelitiannya tentang kinematik dan kebutuhan tenaga dari alat pengolahan tanah beroskilasi, menerangkan dari banyak eksperimen dengan perbedaan alat pengolahan tanah telah diketahui dengan baik bahwa suatu mekanisme pergerakan getaran atau goyangan suatu alat mempunyai pengaruh terhadap kebutuhan tahanan tarik. Sekalipun peningkatan total konsumsi tenaga dapat bermanfaat untuk kemungkinan mengurangi *drawbar pull* dengan demikian umumnya bahwa tinggi *drawbar pull* disebabkan karena kompaksi tanah dan slip roda traktor. Suatu

kemungkinan dari perubahan beberapa bagian dari suatu implemen *drawbar power* memerlukan kekuatan PTO. dengan memberikan getaran kepada alat yang telah dipelajari dari suatu segi pandangan teoritis terlebih dahulu. Seperti perhitungan dasar suatu linear ketergantungan antara tahanan tarik terhadap alat-alat serta pendugaan kecepatan aktual

Yow dan Smith (1976), dalam penelitiannya tentang sinusoidal alat pengolah tanah bergetar satu dimensi yang dianalisa secara teoritis dan secara eksperimen. Dalam suatu model dikembangkan dimana gaya spontan horizontal terhadap alat sama secara konstan ditambah suatu fungsi linear dari percepatan alat. Aktivitas alat dianalisa dalam tiga tahap: (1) penarikan kembali (*retraction*) alat, (2) tekanan yang hilang pada tanah dihadapan alat dan (3) pemotongan dari tanah utuh. Efek massa



Gambar 1. Perbedaan dari tipe penggoncangan (oskilasi) sederhana, (Kofoed, 1969)

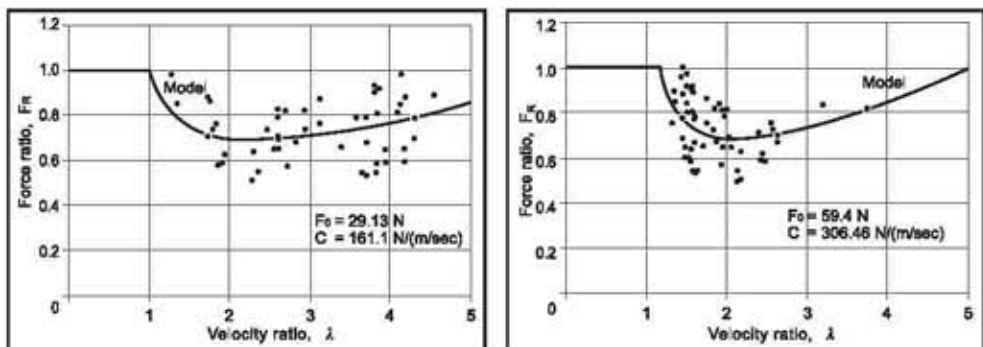
dari alat dimasukkan, tetapi efek tepi antara tanah dan alat ketika alat ditarik kembali diabaikan. Persamaan matematik dikembangkan untuk gaya spontan horisontal terhadap alat, gaya terhadap rasio kebutuhan tenaga, gaya yang berkerja terhadap suatu alat yang bergetar dan gaya yang bekerja pada alat yang sama tanpa getaran tetapi pergerakannya dalam kecepatan yang sama.

Pada Gambar 2 (grafik sebelah kiri) merupakan hasil percobaan yang diplotkan dalam kondisi tanah yang sama. Penyebaran titik-titik data tidak menunjukkan kesimpulan yang positif, namun kecenderungan umum dari *force ratio* sebagai suatu fungsi dari rasio kontak terlihat jelas. *Force ratio* menurun mengikuti penurunan rasio kontak dari 1.0. namun penurunan selanjutnya dalam rasio kontak di luar kecenderungan minimum mengarah pada peningkatan *force ratio*. Dari gambar tersebut, secara umum kecenderungan mengindikasikan bahwa gaya maksimum dikurangi 40% diperoleh pada rasio kontak antara 0.3 dan 0.5 untuk semua pengujian. *Force ratio* yang ditunjukkan sebagai fungsi dari rasio kecepatan, Gambar 2 (grafik sebelah kanan) dimana hasil eksperimen menunjukkan hasil mengikuti kecenderungan yang mana *force ratio* menurun dengan cepat seiring rasio

kecepatan meningkat dari 1.0. Minimum *force ratio* terjadi pada rasio kecepatan antara 1.5 dan 3.0.

Model memprediksikan pengukuran gaya spontan alat dan rata-rata gaya yang terukur dengan tepat ketika pergerakan alat pada 10 Hz dengan pemecahan tanah oleh aliran. Suatu pengurangan tenaga maksimum 40% ditunjukkan pada rasio kontak antara 0.3 dan 0.4. Kebutuhan tenaga untuk alat bergetar meningkat oleh faktor 1.5 sampai 3.0 untuk interval rasio kontak yang sama.

Butson dan MacIntyre (1981) melakukan percobaan dengan membuat desain bajak yang digoyangkan ke arah depan dan belakang melalui putaran poros eksentrik dari putaran sebuah motor. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penurunan tahanan tarik terjadi ketika rasio antara kecepatan getar dan kecepatan maju lebih besar dari satu, yaitu kecepatan getar harus lebih tinggi dari kecepatan maju alat. Percobaan penggetaran model bajak *chisel* pada *soil bin*, dengan frekuensi sampai dengan 50 Hz dan amplitudo sampai dengan 8 mm pada kecepatan maju alat 0.15 - 0.55 ms^{-1} . Hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak terjadi penurunan tahanan tarik yang nyata jika rasio kecepatan β lebih kecil dari 1, sedangkan pada rasio kecepatan β lebih besar dari 3.0, terjadi penurunan tahanan tank lebih dari 50 % dengan



Gambar 2. Grafik *force ratio* sebagai fungsi rasio kontak dan rasio kecepatan untuk kemiringan alat 45° (Yow dan Smith, 1976)

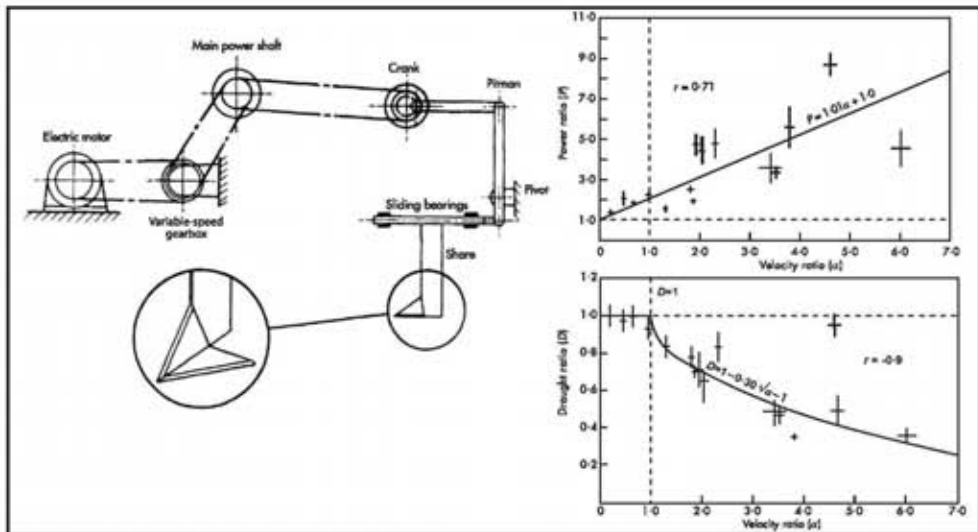
konsekuensi peningkatan tenaga lebih besar dari 4 kali (model pengujian alat tampak pada Gambar 3)

Hubungan antara rasio tahanan tarik dan rasio kecepatan ditunjukkan pada Gambar 3 (grafik atas) dimana standar error diasosiasikan dengan 16 data yang menunjukkan suatu dimensi persilangan. Beberapa kurva dicoba pada data, semuanya dibatasi pada titik $\alpha = 1$, $D = 1$ untuk menghindari bentuk diskontinue, dimana $D = 1$ untuk $\alpha < 1$. Power ratio diplotkan sebagai fungsi dari rasio kecepatan ditunjukkan pada Gambar 3 (grafik bawah), tampak lebih mendekati hasil yang realistis pada data yang diperlukan dengan membentuk garis lurus $P = 1.01\alpha + 1.0$. Dengan batasan $\alpha = 0$, $P = 1$ dimana $\alpha = 0$ mengimplikasikan tanpa penggetaran dan juga tanpa pertukaran power.

Butson dan Rackham (1981) melanjutkan percobaan yang telah dilakukan oleh Butson dan MacIntyre (1981), yakni dengan memperkenalkan model matematik untuk penggetaran pisau pemotong. Model tersebut dipakai dengan mengasumsikan bahwa suatu

kereta bak uji bergerak dengan kecepatan v_c relatif terhadap tanah. Pada kereta bak uji dipasang suatu pisau pemotong tanah yang tipis yang dapat bergetar sinusoidal dengan amplitudo b dan kecepatan sudut ω relatif terhadap kereta bak uji dan sepanjang garis penarikannya.

Butson dan Rackham (1981) menyebutkan bahwa ketiga parameter dasar (v , b , ω) dapat dikombinasikan menjadi suatu rasio kecepatan tak berdimensi (α), yaitu rasio antara kecepatan getaran puncak yang relatif terhadap kereta bak uji ($b\omega$) dengan kecepatan maju kereta bak uji (V_c). Ahmed dan Godwin (1983), meneliti tentang pengaruh penetrasi posisi sayap subsoiler dan pengolahan tanah, dimana suatu test lapangan pada tanah liat guna mengetahui pengaruh bagian depan dan belakang posisi sayap bajak subsoil terhadap kemudahan penetrasi dan kinerja selanjutnya yang bekerja pada kedalaman tanah pada saat bajak subsoil depan sedang bekerja di atas kedalaman kritisnya. Kecenderungannya telah dicatat, tetapi tidak terdapat perbedaan yang nyata dalam kinerjanya sehingga



Gambar 3. Model bajak subsoil getar untuk pengujian tahanan tarik pada soil bin dan grafik hasil eksperimen oleh Butson dan MacIntyre (1981)

disimpulkan posisi sayap itu tidak punya efek penting pada kinerja.

Selanjutnya Al-Jubouri dan McNulty (1984) melakukan pengukuran tahanan tarik suatu *digger* getar yang menjadi bagian dari suatu mesin untuk panen kentang dengan menggunakan amplitudo getaran 10 - 25 mm dan frekuensi 7.5 - 18 Hz pada kedalaman operasi 200 mm dan kecepatan maju 3.0 km/jam. Hasil pengujian pada tanah *silt loam* pada amplitudo 25 mm dan kedalaman operasi 200 mm, kondisi basah k.a. 35.4 - 39.3% dan kondisi kering (kadar air) 26.5 - 28.9% menunjukkan bahwa rasio tahanan tarik menurun dengan naiknya rasio kecepatan $\beta > 1$. Rasio tahanan tarik 50 % dicapai pada rasio kecepatan $\beta = 2$. Penggetaran pisau di tanah jenis lempung berpasir dengan model getaran sinusoidal melaporkan bahwa, tahanan tarik menurun lebih dari 50% baik pada kondisi basah (kadar air 35.4 - 39.3%) maupun kondisi kering (kadar air 26.5 - 28.9%). Getaran (oskilasi) pada desain pengolah tanah getar dapat menurunkan tahanan tarik pembajakan, dan juga memberikan pengaruh sekunder seperti tanah yang diolah lebih remah hasilnya, mengurangi pemadatan dan penggumpalan serta adhesi

Sakai, Terao dan Nambu (1988), menyatakan bahwa pada umumnya diketahui gaya tahanan tarik dari suatu penggetaran (*vibratory*) implemen pengolah tanah dapat dikurangi 30% hingga 80%. Diungkapkan pula oleh Sakai et al., (1992) bahwa parameter untuk mengoperasikan alat pengolah tanah yang menggunakan getaran meliputi kecepatan maju, frekuensi maju, frekuensi getar, amplitudo getar, bentuk pisau, sudut angkat dan karakter fisik tanah. Beberapa penelitian telah menunjukkan adanya hubungan antara penurunan tahanan tarik dengan berbagai parameter yang ditunjukkan dengan rasio antara kecepatan getar dan kecepatan maju.

Alasan percepatan tanah meningkatkan tahanan tarik adalah: (1) gaya akselerasi meningkatkan beban normal pada permukaan kontak tanah dengan bajak, karenanya meningkatkan tahanan gesekan, dan (2) karena energi kinetik yang diberikan pada tanah. Peningkatan kecepatan maju akan meningkatkan tahanan tarik secara signifikan dengan hubungan yang beragam mulai dari linier hingga kuadratik (Grisso et al., 1994 diacu dalam Al-Janobi et al., 1998).

Bandalan et al., (1999) dalam penelitiannya pada kinerja bajak subsoil getar dalam pemecahan lapisan hardpan, dimana suatu traktor yang dirangkaian dengan bajak subsoil getar tunggal dikembangkan untuk pemecahan lapisan hardpan pada perkebunan tebu yang sering terjadi aktivitas pemadatan tanah (lihat Gambar 6). Eksperimen tersebut difokuskan untuk menentukan kombinasi maksimum parameter kinerja bajak subsoil. Pengujian dilakukan pada frekwensi getaran 3.7, 5.67, 7.85, 9.48 dan 11.45 Hz; amplitudo 18, 21, 23.5, 34 dan 36.5mm; dan kecepatan maju 1.85, 2.20 dan 3.42 km h⁻¹. Hasil percobaan terjadi penurunan draft tetapi terjadi peningkatan total kebutuhan tenaga (*power*) didapatkan guna perbandingan dengan penggetaran dan tanpa penggetaran bajak subsoil.

Tahanan tarik dan *power ratio* sangat signifikan berpengaruh pada kecepatan maju, amplitudo dan frekwensi. Interaksi dari kombinasi parameter-parameter tersebut, menyatakan adanya kaitan terhadap rasio kecepatan (rasio puncak kecepatan alat pada kecepatan maju). Pada rasio kecepatan yang sama, penurunan tahanan tarik dan peningkatan tenaga adalah lebih sedikit pada amplitudo tinggi dari suatu penggetaran. Untuk suatu kondisi pengujian, operasi yang optimum untuk energi paling sedikit yang dikeluarkan adalah pada amplitudo 36.5 mm, frekwensi 9.48 Hz dan

kecepatan 2.20 km h⁻¹ dengan suatu draft ratio 0.33 dan *power ratio* hanya 1.24. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa penggetaran subsoiler dapat mengurangi draft untuk memecahkan lapisan hardpan, mengurangi kompaksi tanah dan menganjurkan agar penggunaan traktor dengan pemanfaatan tenaga *power-take-off* (PTO) guna mencapai efisiensi yang lebih tinggi dari suatu power transmisi.

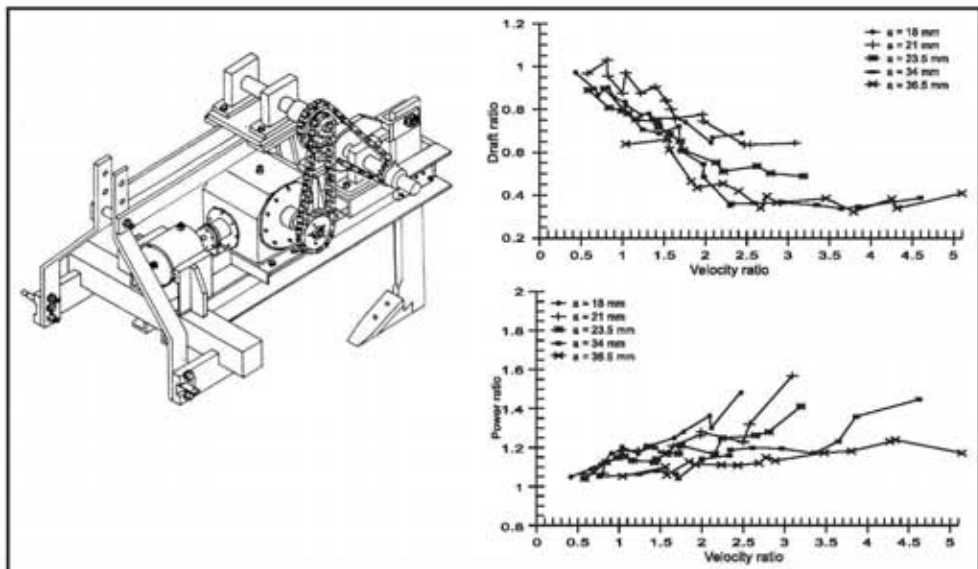
Efek dari rasio kecepatan terhadap rasio tahanan tarik pada amplitudo yang berbeda di tunjukkan pada Gambar 4 (grafik atas), dapat diamati bahwa penurunan tahanan tarik pada umumnya menurun dengan meningkatnya rasio kecepatan dan sedikit ketinggian amplitudo. Hal tersebut terjadi penurunan bertahap dalam rasio tahanan tarik sampai pada rasio kecepatan dari 2.25. Dari hasil tersebut tampak bahwa rasio kecepatan dan amplitudo memiliki pengaruh kuat terhadap penurunan tahanan tarik.

Pada Gambar 4 (grafik bawah), diperlihatkan pengaruh dari rasio kecepatan terhadap *power ratio* pada

amplitudo yang berbeda dari suatu oskilasi. *Power ratio* meningkat perlahan dengan rasio kecepatan pada amplitudo tertinggi dan menjadi curam pada amplitudo rendah dari suatu oskilasi

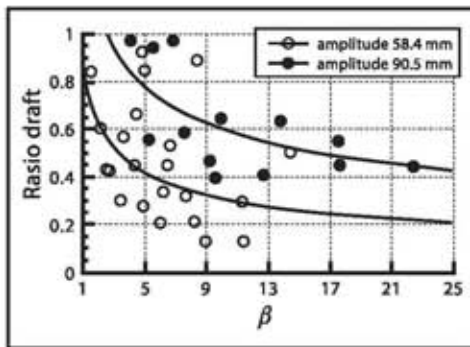
PENGEMBANGAN KONSEP DESAIN BAJAK SUBSOIL GETAR DI IPB

Dari hasil pengujian penggetaran pisau untuk bajak singkal bergetar Radite et al, (1997), pada tanah Latosol dengan tekstur lempung berliat (kebun percobaan IPB di Leuwikopo, Dramaga) pada kadar air rata-rata 20.1 % d.b, kedalaman olah rata-rata 11 cm, kecepatan operasi 0.25 - 0.73 m/detik, dan frekuensi penggetaran 2.97 - 9.90 Hz, menunjukkan bahwa pemilihan amplitudo getaran (α) dan frekuensi getaran (f) dan kecepatan operasi (v) yang tepat dapat menurunkan tahanan tarik pembajakan lebih dari 50 persen. Secara umum meningkatnya rasio kecepatan 8 berakibat pada menurunnya tahanan tarik pembajakan. Namun demikian meningkatnya amplitudo



Gambar 4. Ilustrasi bajak subsoil getar dan hasil eksperimen dilapangan dengan parameter perbedaan amplitudo (Bandalan et al., 1998)

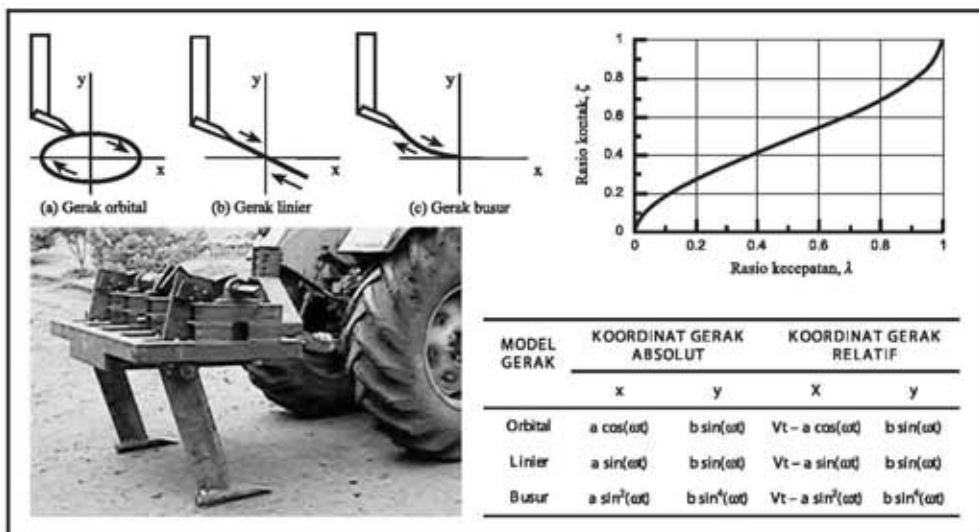
getaran akan membutuhkan peningkatan rasio kecepatan β yang lebih besar untuk mendapatkan penurunan tahanan tarik yang sama. Sebagai contoh pada amplitudo getaran 58.4 mm, penggunaan rasio kecepatan $\beta = 3$ akan menghasilkan penurunan tahanan tank sebesar 50 %, sedangkan pada amplitudo getaran 90.5 mm dibutuhkan rasio kecepatan $\beta = 15$ (lihat Gambar 5)



Gambar 5. Hubungan antara rasio tahanan tarik dengan rasio kecepatan maju pembajakan pada bajak getar (Radite et al, 1997)

Selanjutnya Radite dan Suastawa (1998) menyebutkan bahwa pada prinsipnya penggetaran alat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu: (1) gerak horisontal, (2) gerak vertikal, dan (3) gerak kombinasi. Terdapat banyak macam mekanisme dasar yang digunakan sebagai sumber getar, seperti mekanisme engkol-peluncur (*crank-slider*), Pitman, empat batang-kait (*four bar linkage*), togel, dan sebagainya. Gerak kombinasi suatu getaran dapat dimodelkan menjadi tiga jenis, yaitu : (1) model gerak orbital, (2) model gerak linier, dan (3) model gerak busur (seperti tampak pada Gambar 6).

Radite dan Suastawa (1998) lebih lanjut menyatakan bahwa mekanisme togel banyak digunakan dalam peralatan pertanian karena selain konstruksinya relatif sederhana, juga kemampuannya dalam penggandaan gaya dan torsi yang lebih baik dibandingkan mekanisme lain, misalnya mekanisme engkol-peluncur. Dari hasil model persamaan matematika penggetar togel (model gerak busur) maka didapat suatu grafik model

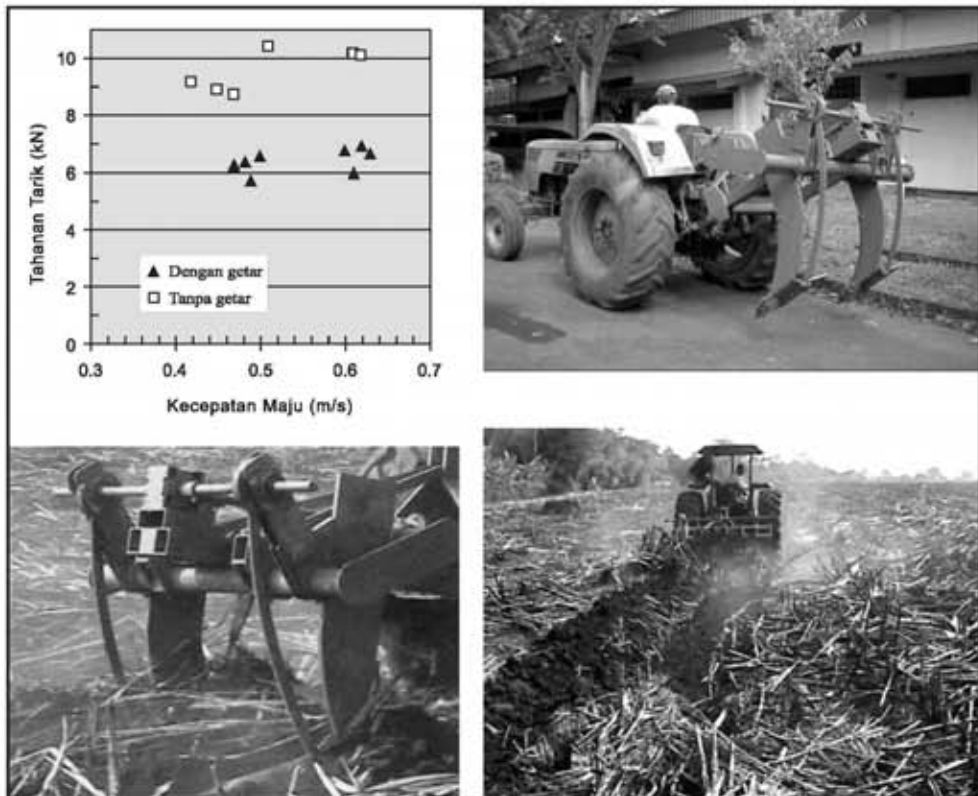


Gambar 6. Model gerak dari suatu penggetar dan grafik model matematik penggetar togel menunjukkan hubungan antara rasio kontak dan rasio kecepatan serta photo prototipe bajak subsoil getar mekanisme togel (Radite dan Suastawa, 1998)

matematik hubungan antara rasio kontak dan rasio kecepatan seperti ditunjukkan pada Gambar 6

Radite dan Biwanto (2004), berhasil mengembangkan desain bajak bajak subsoil getar tipe chisel lengkung parabolik, prototipe bajak subsoil getar ini mempunyai 4 bagian utama, yaitu 1) bilah bajak parabolik, 2) rangka tarik, 3) pengatur jarak antar bilah, dan 4) bagian penggetar (ditunjukkan pada Gambar 6). Pada subsoiler ini, bilah bajak tetap (tidak bergerak) sedangkan sayap dapat digetarkan keatas dan kebawah dalam pengoperasiannya melalui PTO traktor. Hal ini dimaksudkan agar getaran yang diteruskan ke rangka traktor dapat diminimalkan. Penggetaran sayap dan desain bilah bajak berbentuk parabolik

dimaksudkan untuk menurunkan tahanan tarik atau *draft*. Prototipe bajak getar ini mempunyai bobot sekitar 730 kg. Mekanisme penggetar antara lain *gearbox*, mekanisme eksentrik, lengan getar dan sayap getar. Mekanisme penggetaran yang digunakan pada bajak sayap getar. Mekanisme penggetaran yang digunakan pada bajak subsoil getar engkol dan lengan ayun (*Crank and Rocker*). Pada jarak eksentrik 2.5 cm, sudut angkat maksimum pada sayap penggetar adalah 24.5° dan sudut angkat minimum 8.5° dengan amplitudo getar sebesar 6.6 cm. Sedangkan pada jarak eksentrik 3 cm, sudut angkat maksimum pada sayap penggetar adalah 25.5° dan sudut angkat minimum 7.5° dengan amplitudo getar sebesar 7.4 cm.

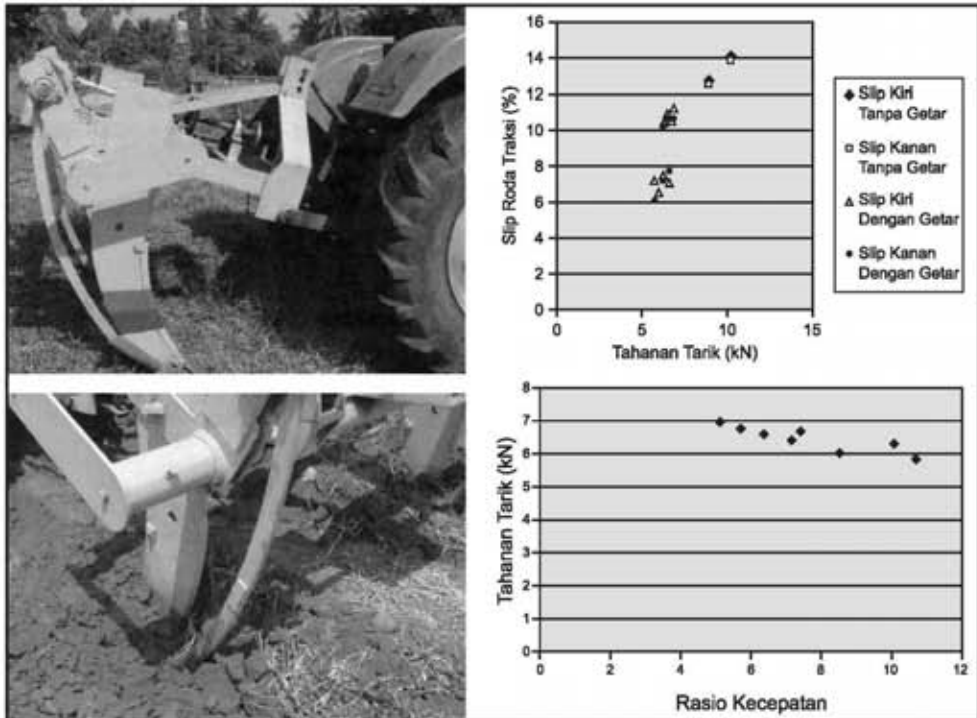


Gambar 7. Grafik tahanan tarik terhadap kecepatan maju hasil pengujian dilapangan serta photo pengujian bajak subsoil getar yang dikembangkan oleh Radite dan Biwanto (2004)

Radite dan Aldes (2005), melakukan uji performansi dari bajak subsoil getar tipe chisel lengkung parabolik di lapangan yang menunjukkan hasil pada pengujian lapangan menggunakan getaran, tahanan tarik pembajakan rata-rata pada getaran dengan amplitudo 7.3 em berkisar antara 5.77 - 6.77 kN dengan rata-rata: besar 6.23 kN dengan kedalaman olah rata-rata 39.25 cm.

Pada Gambar 8 (grafik bawah) ditunjukkan rasio kecepatan rata-rata pada penggetaran dengan amplitudo 7.3 berkisar antara 5.74 - 10.74 dengan rata-rata sebesar 8.07. Sedangkan untuk penggetaran dengan amplitudo 6.4 cm tahanan tank rata-rata pembajakan berkisar antara 6.28 - 6.95 kN dengan rata-rata sebesar 6.14 kN dengan kedalaman olah rata-rata 38.5 cm. Rasio kecepatan rata-rata pada penggetaran dengan amplitudo 6.4 cm berkisar antara

5.15 - 10.13 dengan rata-rata sebesar 7.29. dari hasil pengukuran tersebut diketahui bahwa tahanan tarik pembajakan dapat diturunkan sebesar 35.2% pada penggetaran dengan amplitudo 7.3 cm dan sebesar 31.2% pada penggetaran dengan amplitudo 6.4 cm. Selain itu pada Gambar 8 (grafik atas) ditunjukkan hasil penggetaran menurunkan slip roda traksi. Slip roda traksi rata-rata saat pembajakan tanpa penggetaran berkisar antara 10.8 - 15.6% pada roda kiri dengan rata-rata sebesar 13.4%. sedangkan untuk roda kanan berkisar antara 12.3 - 14.9% dengan rata-rata sebesar 13.2%, sedangkan slip roda traksi rata-rata untuk roda kin saat bajak digetarkan dengan amplitudo 7.3 berkisar antara 6.5 - 10.6% dengan rata-rata sebesar 8.7% dan pada roda kanan berkisar antara 6.0 - 10.5% dengan rata-rata sebesar 8.3%.



Gambar 8. Grafik tahanan tarik terhadap slip roda dan rasio kecepatan hasil pengujian bajak subsoil getar dilapangan serta photo pengujian bajak subsoil getar yang dikembangkan oleh Radite dan Aldes (2005)

Melanjutkan pengembangan desain bajak getar Radite dan Wahyu (2006), melakukan pengembangan bajak subsoil getar dengan pemupuk mekanis untuk budidaya tebu lahan kering. Mekanisme penggetaran memakai sistem empat batang penghubung, tipe engkol dan lengan ayun. Jarak engkol 3.5 cm dapat mengakibatkan sudut angkat maksimum sayap penggetar bagian kanan adalah 20° dan minimum adalah 5° . Sedangkan pada bagian kiri sudut angkat sayap maksimum adalah 21° dan minimum 3° . Jadi amplitudo yang terjadi pada sayap penggetar bagian kanan 7 cm dan bagian kiri 6.5 cm. Hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Lapangan Departemen Teknik Pertanian, Leuwikopo, slip roda pada operasi bajak subsoil digetarkan rata-rata 17.23%. Slip roda pada operasi bajak subsoil tidak digetarkan rata-rata 32.8%. Hasil pengujian tahanan tarik yang terjadi pada saat pengolahan tanah sebesar 13.43 kN pada saat mengalami penggetaran. Tahanan tarik tanpa penggetaran sebesar 17.46 kN, sehingga penurunan tahanan tarik yang terjadi diakibatkan oleh adanya getaran pada subsoil yaitu 30.0 %, pada kedalaman olah rata-rata 37 cm. Prototipe bajak subsoil getar berpemupuk ini secara keseluruhan sudah berfungsi dengan baik (seperti tampak pada Gambar 9), prototipe bajak subsoil getar tersebut perlu diperkuat bagian engkolnya, dan perlu dibuat mekanisme pelindung untuk komponen-komponen yang berada pada

sayap penggetar.

KESIMPULAN

Penelitian subsoiler sangat diperlukan dan akan banyak menghasilkan manfaat bagi pengguna dan pengembangan desain alat, menimbang bahwa negara Indonesia merupakan negara agraris membuka investasi sektor perkebunan. Setiap alat pengolah tanah dalam operasinya pasti akan mengalami tahanan tarik tanah sebagai reaksi tanah akibat beban dari alat tersebut. Sebagaimana telah dijelaskan penggetaran dapat menurunkan tarikan (*drawbar pull*) hingga 70%, tetapi pengurangan ini umumnya kurang dari atau sama dengan energi ekstra yang dikonsumsi dalam getaran. Penurunan tahanan tarik terjadi ketika rasio antara kecepatan getar dan kecepatan maju lebih besar dari satu, yaitu kecepatan getar harus lebih tinggi dari kecepatan maju alat. Parameter untuk mengoperasikan alat pengolah tanah yang menggunakan getaran meliputi kecepatan maju, frekuensi maju, frekuensi getar, amplitudo getar, bentuk pisau, sudut angkat dan karakter fisik tanah. Beberapa penelitian telah menunjukkan adanya hubungan antara penurunan tahanan tarik dengan berbagai parameter yang ditunjukkan dengan rasio antara kecepatan getar dan kecepatan maju.



Gambar 9. Photo hasil pengujian bajak subsoil getar di lapangan (berurutan lahan sebelum diolah, proses pengolahan tanah dan lahan setelah diolah) dalam penelitian Radite dan Wahyu (2006)

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed M H, R J Godwin. 1983. The Influence of Wing Position on Subsoiler Penetration and Soil Disturbance. *J. Agric. Engng. Res.* 28, 489-492
- Al-Jubouri, K.A., P.B. McNulty. 1984. Potato Digging Orbital Vibration. *J. Agric. Engng. Res.*,29, hal 73-82.
- Bandalan E P, V M Salokhe, C P Gupta, and T Niyamapa. 1999. Performance of an Oscillating Subsoiler in Breaking A Hardpan. Pergamon, *Journal of Teramechanics.* 36, 117-125
- Butson M.J. dan D. McIntyre. 1981. Vibrating Soil Cutting (soil tank studies of draft and power requirement). *J. Agric. Engng. Res.* 26(5):409-418.
- Butson, M.J. and D. McIntyre. 1981. Vibratory Soil Cutting: Soil Tank Studies of Draft and Power Requirement). *J. Agric. Engng. Res.*26(5), 409-418.
- Butson, M.J., and D.H. Rackham. 1981. Vibratory Soil Cutting: An Improved Mathematical Model. *J. Agric. Engng. Res.* 26 : 419 - 439.
- Gill, W.R. dan G.E. Vanden Berg. 1968. Soil Dynamics in Tillage and Traction. Agricultural Research Service, United State Department of Agriculture, Washington.
- Gunn, J.T. dan V.N. Tramontini. 1955. Oscillating of tillage implement. *J. Agric. Engng. Res.* 30(11):725-729.
- Kepner,R., Bainer dan E.L. Barger. 1978. Principles of Farm Machinery. Second Edition. The AVI Publishing Company, Inc., Wesport, Connecticut.
- Larson, L.W. 1967. The Future of Vibratory Tillage Tools. *Trans. of the ASAE*, 10 : 78 - 79, 83.
- Radite, P.A.S., F.J. Daywin, T. Mandang, dkk. 1997. Rekayasa bajak singkal membalik di tempat : hasil pengujian prototipe awal. *Prog. Perkemahan dan Seminar Tahunan PERTETA.*, paper Perteta No. 97033, hal. 1-12, 1997.
- 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.
- Radite, P A S, dan Aldes B R. 2005. Pengujian Tahanan Tarik Bajak Subsoil Getar Tipe Chisel Lengkung Parabolik. Laporan Penelitian Departemen Teknik Pertanian IPB. Tidak di publikasi.
- Radite, P A S, dan I Biwanto. 2004. Desain Bajak Subsoil Getar Tipe Chisel Lengkung Parabolik. Laporan Penelitian Departemen Teknik Pertanian IPB. Tidak di publikasi.
- Radite, P A S, dan Wahyu H. 2006. Desain Bajak Subsoil Getar II dengan Pemupuk Mekanis Untuk Budidaya Tebu Lahan Kering. Laporan Penelitian Departemen Teknik Pertanian IPB. Tidak di publikasi.
- Sakai K, Terao H, and S Nambu. 1988. The Dynamic Behavior of A Tractor-Vibrating Subsoiler System and the Effect of the Virtual Hitch Point. Pergamon Press, Print in Great Britain. *Journal of Teramechanics.* Vol. 22, No. 4, 241-247
- Sakai, K., S.L Hatta, M. Takai dan S. Nambu. 1992. Design Parameter of Four Shank Vibrating Subsoiler. *Trans. of ASAE* 36(1):23-26.
- Yow J, and J L Smith. 1976. Sinusoidal Vibratory Tillage. Pergamon Press, Print in Great Britain. *Journal of Teramechanics.* Vol. 13, No. 4, 211-226