

PENGGUNAAN PERSAMAAN HIPERBOLOID UNTUK IDENTIFIKASI STRUKTUR GEOMETRI BAJAK SINGKAL

(The Use of Hyperboloid Equation to Identify Geometric Structure of Moldboard Ploughs)

Ade Moetangad Kramadibrata¹

Abstract

Various geometric structures of moldboard ploughs need to be identified since there have been confusing uses of European and Asian ploughs in cultivating lowland fields: the European one that was constructed for tillage of upland soil prior to destruct impervious soil layers in root zones has been frequently applied in wetland paddy fields. It leads to frequently disturbances of the formation of hardpan layer structures required for an ideal wetland paddy field that should be formed within a soil depth of 20-40 cm. The research observed three types of moldboard ploughs dominantly operated in wetland paddy fields: a wood (Lanyam), a wood-iron (Brujul) and an iron/steel ploughs. Research method employed a descriptive explanatory one to identify the geometric structure of the ploughs based on hyperboloid equation: $X^2/a^2 + Y^2/b^2 - Z^2/c^2 = 1$. The plough identity was determined by ratio values amongst the constants a , b and c of the equation, i.e.; $R_1 = a/b$, $R_2 = a/c$, and $R_3 = b/c$, where the respective constants were calculated according to the positions of a numbers of coordinate points on the moldboards projected in the Cartesian coordinate system. Results of identification showed that the values of R_1 , R_2 and R_3 could indicate the identity of the ploughs where Lanyam and Brujul were categorized into the types of Asian ploughs by their R_1 and $R_2 < 1$ and $R_3 > 1$, so their operation on wetland paddy fields were reasonable. Whereas the iron/steel one was categorized into the type of European ploughs by R_1 and $R_2 > 1$ and $R_3 < 1$. They should not be recommended to be operated on wetland paddy fields.

Keywords: Asian & European moldboard ploughs, hyperboloid equation, constant ratios of hyperboloid equation.

PENDAHULUAN

Struktur geometrik bajak Eropa sejak awal dikonstruksi dengan tubuh dasar singkal yang asimetri (Hopfen, 1969), khusus untuk pengolahan tanah di lahan-

lahan kering Eropa, di mana tanah yang terpotong oleh pisau bajak akan terlempar ke salah satu sisi bajak saja. Karena itu, bajak ini memiliki tubuh dasar (*plough body*) dengan permukaan dasar yang sempit namun dengan sisi tubuh bajak

¹ Teknik & Manajemen Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran, email: kramadibrata@yahoo.com

(*landside*) yang relatif panjang dibandingkan lebarnya yang menghujam vertikal ke bawah, sehingga saat dioperasikan ia dapat "bersandar" pada dinding tanah (*furrow wall*) untuk menahan tekanan samping (*landside pressure*) dan sekaligus memanfaatkannya untuk melempar dan mempulverisasi satuan tanah yang terpotong oleh pisau bajak, serta tetap bergerak lurus searah operasi (McKyes, 1985).

Akibatnya, bajak ini mengalami tahanan draft tanah yang lebih besar, sehingga kebutuhan energi dalam pengolahan tanah menjadi relatif lebih tinggi (Stout, 1990). Hal demikian tidak dapat terjadi pada tanah di lahan sawah, karena lunaknya tanah tidak memungkinkan terbentuknya dinding tanah yang dibutuhkan oleh bajak ini untuk bersandar. Penggunaannya di lahan sawah selama ini diduga berdampak pada penghambatan pembentukan dan bahkan perusakan struktur lapisan padat (*hardpan*) yang keberadaannya diperlukan pada lahan sawah yang ideal.

Sebaliknya, bajak Asia memiliki tubuh dasar singkal yang relatif simetri - khusus untuk pengolahan tanah di lahan-lahan basah, di mana massa tanah yang terpapas oleh pisau bajak akan terdeviasi ke kedua belah sisi bajak. Karena itu bajak ini memiliki tubuh dasar dengan permukaan bawah yang rata dan lebar, sehingga saat beban massa tanah bergerak di sepanjang singkalnya, ia cenderung "bersandar" dan menekan tanah lunak di bawahnya untuk tetap "mengambang" selama operasi.

Di lapangan, bajak singkal yang dioperasikan di lahan-lahan sawah - sebagaimana tersimpul dari survai lapangan (Kramadibrata dkk., 1966; 1997; 1998; Monografi Desa Palinggihan, Desa Jatisari Kabupaten Purwakarta, 1996; Desa Cibiru Kota Bandung, 1996; Dinas Pertanian Kabupaten Bandung,

1996/1997), terkategori menjadi tiga struktur geometrik, yaitu; (1) bajak singkal besi dengan tubuh dasar singkal asimetri hasil modifikasi dari bajak Eropa; (2) bajak singkal dengan tubuh dasar singkal asimetri dari kayu dengan singkal terbuat dari pelat besi/baja, hasil modifikasi dan kombinasi dari bajak Eropa dan bajak Asia; dan (3) bajak kayu dengan singkal yang bersatu dengan tubuh dasar singkal relatif simetri, dan pada ujungnya dipasang "sepatu besi" (lanyam) yang berfungsi ganda sebagai pelindung tubuh dasar dan sekaligus sebagai "pisau" bajak.

Mengamati fakta bahwa berbagai bajak singkal, baik bajak Asia maupun bajak Eropa (Sakai, 1997) di lahan-lahan padi sawah selama ini nyaris dioperasikan tanpa memperhatikan apakah semua bajak singkal tersebut layak atau tidak layak pakai untuk dioperasikan di lahan-lahan tersebut, maka penelitian ini merupakan telaah yang bertujuan untuk mengidentifikasi bajak singkal yang layak digunakan di lahan sawah.

Karena itu, dari ketiga tipe bajak singkal tersebut perlu diidentifikasi ciri yang membedakan yang mana di antara ke-tiga tipe struktur geometrik bajak singkal di atas yang tergolong sebagai bajak Asia atau bajak Eropa, sehingga para pengguna (petani) dapat menentukan bajak singkal yang sesuai untuk dioperasikan di lahan-lahan basah (sawah) atau di lahan-lahan keringnya, dan sekaligus dapat mengantisipasi kemungkinan terjadinya kerusakan struktur lapisan padat di lahan sawah yang lebih parah.

METODOLOGI PENELITIAN

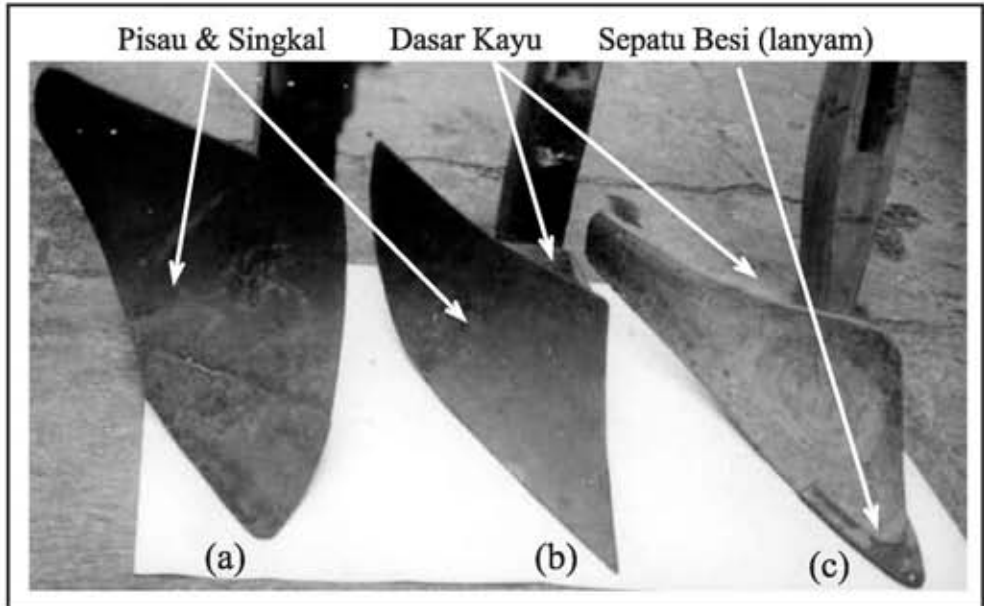
Metodologi

Penelitian dilakukan berdasarkan metode analisis deskriptif-eksplanatori yang menjelaskan identitas bajak singkal melalui konstanta persamaan hiperboloid

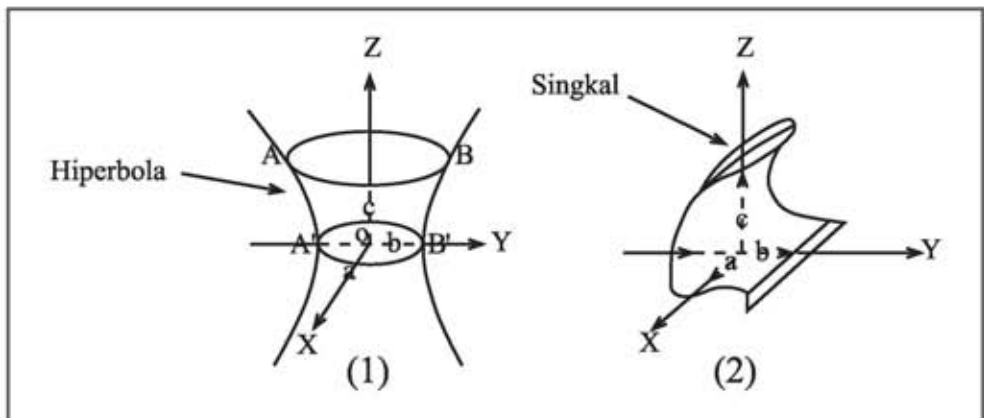
yang dihitung dengan cara transpose matriks bilangan hingga hasil proyeksi titik-titik koordinat permukaan kerja singkal ke sumbu-X, Y, Z dalam sistem koordinat Cartesian. Metode indeks kuartil (Harun-Al-Rasyid, 1994) digunakan untuk menentukan validitas identitas dari bajak singkal yang diamati.

Bahan, Alat dan Prosedur Penelitian

Tiga bajak singkal yang umum digunakan di lahan-lahan sawah, yaitu : (a) bajak singkal buatan pabrik, terbuat seluruhnya dari besi/baja (Gambar 1a); (b) Brujul, bajak singkal, seluruh dasarnya terbuat dari kayu dengan permukaan dasar yang lebar dan rata, sebagai penyangga lengkungan pelat besi/baja



Gambar 1. Bajak yang diamati: (a) Bajak Besi/Baja; (b) Brujul; (c) Lanyam



Gambar 2. Diagram bebas hiperboloid satu lapis
 (1) Hiperboloid satu lapis; (2) Struktur geometri singkal bajak
 Sumber: Kramadibrata, 2000.

yang berfungsi sebagai pisau bajak dan singkal (Gambar 1b); dan (c) Lanyam, bajak singkal yang terbuat seluruhnya dari kayu dengan permukaan dasar rata dan lebar - mirip Brujul, serta pada ujung singkal kayu dipasang ,sepatu besi' atau lanyam, yang berfungsi sebagai pisau dan sekaligus pelindung.

Persamaan Hiperboloid

Model persamaan hiperboloid dinyatakan oleh White (1918, dalam Bainer, *et al.*, 1955) untuk mengidentifikasi struktur geometrik bajak singkal. Berdasarkan Bartsch (1972), ternyata struktur geometrik bajak singkal dapat dikategorikan ke dalam persamaan hiperboloid satu lapis (Kramadibrata, 2000), seperti terlihat pada Gambar 2 menunjukkan diagram bebas hubungan antara hiperboloid satu lapis dan struktur geometri bajak singkal, yang didefinisikan memenuhi persamaan hiperboloid:

$$X^2/a^2 + Y^2/b^2 - Z^2/c^2 = 1 \quad (1)$$

di mana, a = jarak terpendek dari titik pusat elips A'B' ke bagian elips yang

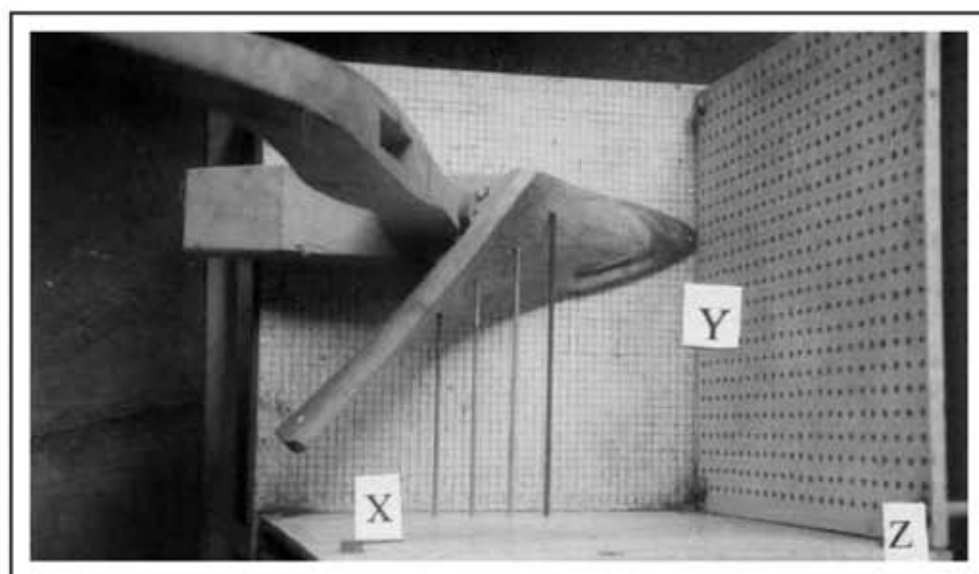
bersinggungan dengan sumbu X; b = jarak terpanjang dari titik pusat elips A'B' ke bagian elips yang bersinggungan dengan sumbu Y; c = jarak imajiner dari titik pusat elips O (a,b) ke titik maksimum hiperbol yang bersinggungan dengan sumbu Z. Nilai a, b, dan c adalah nilai konstanta yang menunjukkan identitas struktur geometri bajak singkal.

Pengukuran Struktur Geometri Singkal

Prosedur yang digunakan untuk mengukur titik-titik koordinat struktur geometri bajak singkal pada Alat Ukur Tiga Dimensi (AUTD-AM-96), seperti terlihat pada Gambar 3..

Bajak singkal diletakan di dalam AUTD-AM-96 dengan posisi ventral, tegak lurus menghadap kuadran sumbu Y dan Z (bidang YZ) searah dengan operasi bajak, paralel dengan kuadran sumbu X dan Z (bidang XZ), dan berada di atas kuadran sumbu X dan Y (bidang XY).

Titik awal pengukuran dengan batang pengukur dimulai dari ujung mata bajak (X₀₀, Y₀₀, Z₀₀) dan berikutnya bergeser horizontal mengikuti lengkung singkal



Gambar 3. Pengukuran titik koordinat bajak pada AUTD-AM-96

Tabel 1. Validitas identitas bajak singkal yang diamati

Bajak Singkal	$X^2/a^2 + Y^2/b^2 - Z^2/c^2 = 1$	Konstanta			Validitas (V%)*
		A	B	C	
Besi/baja (P-1)	$X^2/1601.18 + Y^2/576.49 - Z^2/1012.43$ N = 256 titik koordinat	40.04	24.01	31.82	50.45 berlaku
Brujul (P-2)	$X^2/526.87 + Y^2/661.38 - Z^2/724.11$ N = 221 titik koordinat	22.96	25.72	26.90	50.48 berlaku
Lanyam (P-3)	$X^2/221.25 + Y^2/392.57 - Z^2/448.05$ N = 209 titik koordinat	14.87	19.81	21.17	50.64 berlaku

* validitas identitas bajak singkal berdasarkan kriteria indeks kuartil ke-dua (Harun-Al-Rasyid, 1994)

Sumber : Kramadibrata, 2000 – modifikasi tabel.

secara sekuensial dalam interval 1 cm sepanjang sumbu Y, dan berturut-turut secara analog, pada ketinggian $Z_i = 1, 2, 3, \dots, k$ cm, bergerak vertikal ke atas, masing-masing dalam interval 1 cm sepanjang sumbu Z, sehingga terformasi bilangan hingga yang terdiri dari titik-titik koordinat (X_{00}, Y_{00}, Z_{00}) sampai dengan (X_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij}). Bilangan hingga ini diproses dalam metode matriks transpose pada program *Excel for windows* dan *SPSSx* untuk mendapatkan nilai konstanta dari persamaan hiperboloid, sebagaimana diterakan pada persamaan (1)

Identitas Bajak Singkal

Identitas bajak singkal dicirikan berdasarkan nilai konstanta a, b, dan c persamaan hiperboloid, seperti tersimpul pada Gambar 2, yang dihitung melalui matriks transpose. Identitas ini diperjelas dengan nilai ratio antar konstanta persamaan tersebut, yang dinyatakan sebagai:

$$R_1 = a/b; R_2 = a/c; \text{ dan } R_3 = b/c \quad (2)$$

Validitas Identitas Bajak Singkal

Keberlakuan (validitas) identitas setiap bajak singkal ditentukan berdasarkan kriteria indeks kuartil kedua (Harun-Al-

Rasyid, 1994), di mana prosentasi populasi nilai bias bilangan hingga ($N_{B\%}$) yang kurang atau lebih dari nilai satu dari populasi total bilangan hingga (N_T) hasil perhitungan matriks transpose mencapai nilai sama atau lebih besar dari 50 persen, atau $N_{B\%} \geq 50$. Dengan kata lain, populasi jumlah kuadrat konstanta persamaan hiperboloid: $\{(1/a^2 + 1/b^2 - 1/c^2) < 1\}$ atau $\{(1/a^2 + 1/b^2 - 1/c^2) > 1\}$ 50 %.

Dengan demikian keberlakuan identitas bajak singkal dengan fenomena tersebut dapat dinyatakan dengan :

$$V\% = \{(N_{B\%} 50) / N_T\} \times 100 \quad (3)$$

di mana,

$V\%$ = prosentase keberlakuan identitas bajak singkal bersangkutan

$N_{B\%} 50$ = populasi titik koordinat (bilangan hingga) yang memiliki nilai bias lebih kecil atau lebih besar dari satu (tidak memenuhi persamaan hiperboloid)

N_T = populasi total titik koordinat (bilangan hingga) pada permukaan singkal bajak yang memiliki nilai bias sama atau mendekati satu (memenuhi persamaan hiperboloid)

Tabel 2. Nilai R_1 , R_2 , R_3 dari bajak singkal yang diamati

Bajak Singkal	Ratio antar Konstanta			Identitas Bajak
	$R_1 = a/b$	$R_2 = a/c$	$R_3 = b/c$	
Besi/baja (P-1)	1.6676	1.2583	0.7546	Eropa
Brujul (P-2)	0.8927	0.8535	0.9561	Asia
Lanyam (P-3)	0.7506	0.6996	0.9356	Asia

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konstanta persamaan hiperboloid (a , b , dan c) dari ke tiga bajak singkal yang diamati diperoleh melalui metode *matriks transpose*, sebagaimana tertera pada Tabel 1. Dari permukaan kerja singkal (*moulboard's working surface*) bajak P-1, P-2, dan P-3, masing-masing berturut-turut diperoleh titik-titik koordinat sebanyak 256, 221, dan 209 buah yang tersusun sebagai bilangan hingga. Perbedaan jumlah bilangan hingga ini sebanding dengan luasnya permukaan kerja singkal dari masing-masing bajak tersebut.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa bajak P-1, P-2, dan P-3, yang diformulasikan dalam bentuk persamaan hiperboloid, validitas identitasnya dinyatakan berlaku, bila populasi bilangan hingga (titik-titik koordinat pada permukaan singkal bajak) memenuhi nilai $V\%$ lebih besar dari 50 persen - sesuai persamaan (2), di mana $V\%$ untuk bajak P-1, P-2, dan P-3, berturut-turut adalah 50,45; 50,48; dan 50,64 persen. Dengan demikian nilai konstanta a , b , dan c yang diperoleh dapat dinyatakan berlaku pula untuk setiap bajak singkal yang diamati.

Dari nilai konstanta masing-masing bajak tersebut, terlihat perbedaan logis antara bajak P-1 di satu pihak dengan bajak P-2 dan P-3 di lain pihak, di mana nilai $b < a$, dan $a < c$ pada bajak P-1, sedang pada bajak P-2 dan P-3, $a < b$ dan $b < c$. Perbedaan ini berperan dalam

menunjukkan ciri dari masing-masing bajak berdasarkan nilai rasio antar konstanta-konstanta tersebut.

Berdasarkan persamaan (3), identitas setiap bajak singkal diperjelas dengan mengamati besarnya nilai ratio (R) antar konstanta persamaan hiperboloidnya masing-masing, seperti tertera pada Tabel 2.

Dari tabel di atas tersimpul bahwa nilai rasio R_1 , R_2 dan R_3 secara kuantitatif telah membedakan dua kelompok bajak, yaitu bajak P-1 di kelompok pertama, dan bajak P-2 dan P-3 di kelompok kedua.

Kelompok pertama (bajak P-1), dapat dinyatakan memiliki ciri bajak Eropa dengan nilai R_1 dan $R_2 > 1$, yaitu; $R_1 = 1.6676$ dan $R_2 = 1.2583$. Sedangkan kelompok kedua (bajak P-2 dan P-3), memiliki ciri bajak Asia, masing-masing dengan nilai R_1 dan $R_2 < 1$, yaitu; untuk bajak P-2: $R_1 = 0.8927$ dan $R_2 = 0.8535$; dan untuk bajak P-3: $R_1 = 0.7506$ dan $R_2 = 0.6996$. Sementara untuk nilai R_3 , identitas bajak Eropa ditunjukkan dengan nilai rasio yang signifikan lebih kecil dari 1, yaitu: untuk P-1 dengan $R_3 = 0.7546$. Sedang identitas bajak Asia ditunjukkan dengan nilai rasio yang relatif mendekati 1 (1), yaitu: untuk P-2 dengan $R_3 = 0.9351$ dan untuk P-3 dengan $R_3 = 0.9356$.

Konsekuensi dari nilai R untuk identitas bajak Eropa dan bajak Asia dapat diamati pada Gambar 4, dan secara kualitatif dijelaskan sebagai berikut:

Pada kasus bajak Asia, di mana $a < b$, sehingga $R_1 = a/b < 1$ - sebagaimana

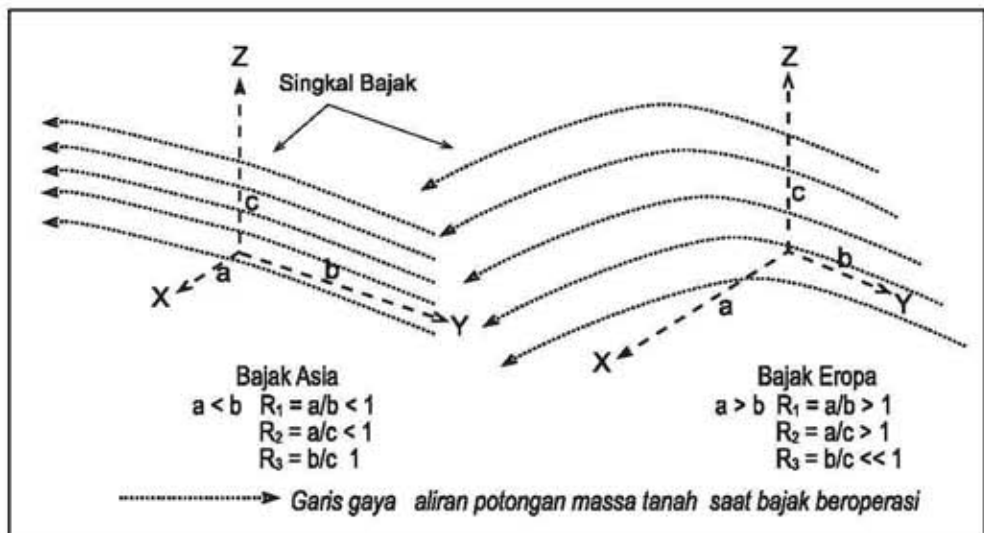
ditunjukkan oleh bajak P-2 dan P-3, permukaan singkal cenderung berbentuk memanjang ke depan searah dengan operasi bajak atau sejajar dengan dengan sumbu Y, dan lebar kerja singkal menyempit dengan lengkungan landai sampai ke ujung belakang singkal.

Dari Diagram *Prophilograph* (Sakai, 1998) diketahui bahwa perbedaan antara bajak singkal Asia dan bajak singkal Eropa terletak pada arah garis gayanya yang melengkung dengan sudut lengkung relatif tajam – dipresentasikan secara aktual ketika satuan massa tanah yang terpotong oleh pisau bajak bergerak menelusuri permukaan kerja singkal. dan menghasilkan tekanan samping (*landside pressure*) yang dominan. Sedang pada bajak Asia, garis gaya tersebut melengkung tanpa membentuk sudut tajam.

Konsekuensinya, ketika bajak singkal dioperasikan memotong tanah pada kedalaman operasi tertentu, massa tanah yang terpotong tersebut akan bergerak menyusur sepanjang permukaan kerja singkal yang melengkung landai. Gerakan massa tanah ini - sesuai dengan

Prophilograph di atas, akan bergerak searah garis gaya sejajar sumbu Y yang bergerak sepanjang permukaan singkal dan secara perlahan terdorong ke sisi mengikuti lengkungan kurvatur singkal tanpa membentuk sudut yang jelas. Bila kondisi ini didukung oleh $R_2 = a/c < 1$ dan R_3 mendekati 1 ($R_3 \approx 1$), maka posisi permukaan singkal akan condong merebah ke belakang, sehingga garis gaya tadi juga akan terdeviasi secara perlahan ke atas mengikuti lengkungan permukaan singkal, sehingga garis gaya ke samping dan ke atas akan berefek saling mengimbans namun menekan singkal ke bawah yang diteruskan oleh permukaan dasar bajak ke lapisan tanah di bawahnya. Hasilnya, terjadi tekanan sisi bawah (*bottomside pressure*) ke lapisan tanah di bawahnya yang secara perlahan dan dalam waktu lama menstimulasi terbentuknya struktur lapisan padat yang biasa disebut *hardpan*.

Sedang pada kasus bajak Eropa, di mana $a > b$, sehingga $R_1 > 1$, sebagaimana yang ditunjukkan oleh bajak P-1, permukaan singkal cenderung berbentuk memanjang ke samping dan



Gambar 4. Diagram bebas identitas Bajak Asia dan Bajak Eropa.
 Sumber: Kramadibrata, 2000.

cenderung melintang terhadap operasi bajak atau tegak lurus/menyerong tajam dengan sumbu-Y, dan lebar kerja singkal meluas dengan lengkungan relatif tajam sampai ke ujung belakang singkal.

Akibatnya, ketika singkal dioperasikan memotong tanah pada kedalaman operasi tertentu, massa tanah yang terpotong tersebut akan bergerak menyusur sepanjang permukaan kerja singkal yang melengkung tajam. Gerakan massa tanah ini – juga sesuai dengan *Prophilograph Sakai*, akan bergerak searah garis gaya menentang sumbu Y, bergerak sepanjang permukaan singkal dan terlempar ke sisi mengikuti lengkungan kurvatur singkal dengan sudut yang relatif tajam.

Bila kondisi ini didukung oleh $R_2 = a/c > 1$ dan R_3 jauh lebih kecil dari 1 ($R_3 \ll 1$), maka posisi permukaan singkal menjadi lebih tegak, sehingga garis gaya juga akan terlempar secara tajam ke samping mengikuti lengkungan tajam permukaan singkal, sehingga garis gaya ke samping dan gaya lemparan potongan massa tanah bergabung dan lebih kuat menekan ke sisi samping bajak (*landside*) sekaligus menekan satuan tanah di sisinya. Hasilnya, terjadi tekanan samping (*landside pressure*), sehingga diperlukan permukaan *landside* yang tajam menyayat tanah tegak lurus yang berfungsi agar operasi bajak tetap lurus ke depan searah dengan operasi bajak.

Fenomena tersebut menjelaskan secara teknis, mengapa bajak Eropa lebih cocok digunakan di lahan kering, dan sekaligus merekomendasikan bajak Asia untuk digunakan di lahan basah (sawah), karena dengan tekanan bawahnya melalui permukaan dasarnya yang lebar dan rata dapat berfungsi menstimulasi pemadatan lapisan olah di bawahnya (*plow sole*), yang dalam waktu lama dapat membentuk struktur lapisan keras (*hardpan*). Keberadaan struktur padat ini dengan kekerasan antara 687-1862 kPa (Yamazaki, 1971; Sakai 1998) pada

kedalaman antara 20-40 cm mencirikan terbentuknya struktur tanah lahan sawah yang ideal.

Dengan demikian, hasil penelitian yang diuraikan di atas telah memperkuat alasan yang mendasari *Prophilograph* bajak singkal acuan Sakai (*ibid*). Menilik mekanisme kerja bajak Asia yang memiliki efek tekanan vertikal ke lapisan tanah bagian bawah, sehingga cenderung menghasilkan tekanan sisi bawah (*bottomside pressure*) yang dominan. Indikasi ini jelas merekomendasikan penggunaan bajak P-2 dengan tubuh dasar singkal asimetri (ciri dasar bajak Eropa) dan P-3 dengan tubuh dasar singkal simetri (ciri dasar bajak Asia) di lahan-lahan sawah untuk menstimulasi terjadinya pembentukan struktur lapisan padat pada kedalaman tertentu yang dibutuhkan oleh suatu lahan sawah yang ideal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Struktur geometri bajak singkal besi (P-1), Brujul (P-2) dan Lanyam (P-3) telah diidentifikasi sebagai bajak Eropa dengan nilai R_1 dan $R_2 > 1$ (= 1.6697 dan 1.2583), dan nilai $R_3 \ll 1$ (= 0.7546). Sedang bajak singkal Brujul (P-2) dan Lanyam (P-3) diidentifikasi sebagai bajak Asia dengan nilai R_1 dan $R_2 < 1$ (= 0.8927 dan 0.7506, serta 0.8535 dan 0.6996), dan nilai $R_3 > 1$ (= 0.9561 dan 0.9356).

Saran

1. Penggunaan bajak singkal yang dinyatakan sebagai bajak Eropa sebaiknya hanya dioperasikan di lahan kering, karena diduga memiliki kecenderungan menghambat pembentukan struktur lapisan padat (*hardpan*) atau bahkan merusak struktur yang sudah terbentuk yang keberadaannya penting untuk lahan sawah.

2. Bajak singkal yang dinyatakan sebagai bajak Asia dianjurkan untuk dioperasikan dilahan basah (sawah) untuk memelihara dan menstimulasi terbentuknya struktur lapisan padat yang dibutuhkan lahan sawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bainer, R., R.A. Kepner, E.L. Barger. 1955; 1982. *Principle of Farm Machinery*, 3rd Edition, AVI Publishing Company, Inc., Westport, pp. 112-113, 136-159, 506-508.
- Bartsch, H-J. 1972. *Mathematische Formeln*, VEB Fachbuchverlag Leipzig, s. 252-254.
- Hopfen, H.J. 1969. *Farm Implement for Arid and Tropical Region*, FAO of the UNO, Rome, 46-67.
- Harun-Al-Rasyid, 1994. *Dasar-Dasar Statistika Terapan*, Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran Bandung, hal 24-30.
- Kramadibrata, M.A.M. 2000. Analisis Kinerja Beberapa Struktur Geometrik Bajak Singkal Pada Pengolahan Lahan Sawah, *Disertasi*, Pascasarjana IPB, Bogor, 215 hal.
- Kramadibrata, A.M. 1996. Pengukuran Data Pengolahan Tanah Lahan Basah/Sawah di Jawa Barat, *Field Report* (unpublished), Agric.Engng. Dept., Faculty of Agriculture, Univ. of Padjadjaran Bandung.
- , D. Djamaludin, M. Alfradianto, I.Y. Suparman. 1996. Data of Energy Balance for Upland and Lowland Tillage, Subang, Krawang, and Purwakarta Districts, West Java, *Survey Report, Agric. Eng. Dept.*, University of Padjadjaran, Bandung (unpublished), 143 p.
- dan A.F. Mallisi. 1997. Data Processing of Lowland Tillage, Ciarnis, Garut, and Bandung Districts, *Survey Report, Agric.Eng.Dept.*, University of Padjadjaran Bandung (unpublished), 136 p.
- , Agung Prasetyo, and Ashri Nurzaman. 1998. Profile and Physical Condition of Wetland Paddy Soil, Karamatmulya, Kopo, and Jelegong Villages of Bandung District, *Survey Report, Agric.Eng.Dept.*, University of Padjadjaran Bandung (unpublished), 124 p.
- McKyes, E. 1985. *Soil Cutting and Tillage*, Elsevier, Amsterdam, pp.3-86.
- Monografi Desa Palinggihan 1995. Laporan Tahunan Desa Palinggihan, Kecamatan Plered, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat.
- Monografi Desa Jatisari 1996. *Laporan Tahunan*, Desa Jatisari, Kabupaten Karawang Jawa Barat
- Monografi Desa Cibiru 1996. Laporan Tahunan, Desa Cibiru, Kabupaten Bandung, Jawa Barat
- Monografi Kabupaten Bandung 1996/1997: *Data Produksi Padi Sawah di Kecamatan Soreang*, Dinas Pertanian Kabupaten Bandung, Jawa Barat.
- Sakai, J. 1997. Cultural Difference of Tillage Science and Technology Between Euro-American Upland Wheat Farming and Asian Lowland Paddy Rice Farming, *Keynote Paper*, Camp Ground and Annual Seminar, Joint Conf. Agric.Eng.Assoc.-Agric.Eng.Dept., University of Padjadjaran Bandung.
- , 1998. *Traktor Roda Dua* (translasi oleh R.G. Sitompul), JICADGHE/IPB Project (ADAET): JTA-9a(132), IPB Bogor, hal 17-22, 29-33.
- Stout, B.A. 1990. *Handbook of Energy for World Agriculture*, Elsevier Applied Science, Elsevier Publisher Ltd., London, pp 81-85.
- Yamazaki, F. 1988. *Paddy Field Engineering*, Translation by Mizutani M. et al., (Eds), Agricultural Land and Water Development Programme, AIT, Bangkok, Thailand, pp. 11, 17-18.

