ISBN : 979-95521-0-9

TRAKTOR 2-RODA

Jun SAKAI
Radja Godfried Sitompul
Eduard Namaken Sembiring
Radite Praeko Agus Setiawan
I Nengah Suastawa
Tineke Mandang

LABORATORIUM ALAT DAN MESIN BUDIDAYA PERTANIAN
JURUSAN TEKNIK PERTANIAN, FATETA, IPB

Jun SAKAI	*Professor Emeritus, Kyushu University, JAPAN* *Visiting Professor & JICA Expert, IPB, INDONESIA*
Radja Godfried Sitompul **Eduard Namaken Sembiring** **Radite Praeko Agus Setiawan** **I Nengah Suastawa** **Tineke Mandang**	*Staf pada* *Laboratorium Alat dan Mesin Budidaya Pertanian* *Jurusan Teknik Pertanian* *Fakultas Teknologi Pertanian* *Institut Pertanian Bogor*

PENGANTAR DARI PENULIS

Dalam bulan April 1996, Presiden Yoshinori KISHIDA dari Shin-Norinsha Co. Ltd. mengatakan pada saya melalui telepon dan surat bahwa Dr. B. CHEZE, Ketua, *International Commission of Agricultural Engineering* (CIGR) menghendaki saya turut sebagai penulis dalam *Agricultural Engineers' Handbook* yang direncanakan oleh CIGR. Dalam bulan Agustus 1996, Presiden CIGR, Dr. Osamu KITANI menulis surat pada saya mengatakan bahwa CIGR menunjuk saya sebagai penulis utama dari traktor ukuran kecil, khususnya traktor 2-roda dan peralatannya dalam Volume III dari Handbook tersebut.

Ada permintaan bahwa tulisan tersebut harus memuat sifat-sifat istimewa dari mesin-mesin pertanian ukuran kecil dan prinsip-prinsip ilmiahnya serta pengetahuan teknis yang cocok untuk usaha tani padi skala kecil di Asia, Afrika dan wilayah lainnya. Mengapa Jepang turut berpartisipasi dalam penulisan ini adalah karena traktor ukuran besar dan peralatannya sulit untuk diterapkan pada usaha tani skala kecil, terutama untuk padi sawah di negara-negara berkembang.

Pada waktu yang hampir bersamaan, JICA, meminta saya untuk melanjutkan program pengembangan pendidikan pasca-sarjana di Fateta-IPB, sehingga penulis mempunyai waktu untuk menulis Handbook ini di rumah, sejak tiba di Indonesia pada 13 Oktober 1996.

Terima kasih atas kerjasama yang baik dari Dr. Kamaruddin Abdullah, counterpart utama penulis dan counterpart kedua Dr. Frans Jusuf Daywin dan Dr. E. Namaken Sembiring, sehingga penulis dapat meneruskan dan menyelesaikan tulisan ini.

Mengenai terminologi teknis dalam bahasa Inggris, Dr. William CHANCELLOR dari California University, Dr. James TAYLOR dan Dr. William GILL dari Alabama USAID, dan lain-lain banyak memberi saran-saran kepada penulis.

Untuk menterjemahkan buku ini ke dalam bahasa Indonesia sebagai buku bacaan bagi mata ajaran yang diberikan pada mahasiswa tingkat sarjana dan pasca sarjana, Ir. Radja Godfried Sitompul dipilih dan diminta oleh Dr. Frans J.Daywin. Telah dilakukan beberapa kali pertemuan dengan penterjemah untuk penjelasan dan konfirmasi, beberapa kalimat dan terminologi yang kurang jelas, dan telah diadakan perbaikan sehingga lebih mudah dipahami.

Dari beberapa kali pertemuan antara Ir. R.G. Sitompul, Dr. E.N. Sembiring, Dr. Radite P.A.S., Dr. I N. Suastawa, dihasilkan saran-saran perbaikan dari naskah aslinya dalam bahasa Inggris yang sekitar 18 halaman menjadi lebih dari 30 halaman. Disarankan juga untuk menambahkan daftar terminologi dalam terjemahan bahasa Indonesia ini. Terminologi kemudian disusun oleh beberapa staf pada Laboratorium Alat dan Mesin Budidaya Pertanian, FATETA, IPB.

Walaupun naskah asli saya tulis sendiri, namun penulis harus berterima kasih kepada Dr. Eiji INOUE dari Kyushu University, Dr. Ryozo NOGUCHI dari Tsukuba University, Dr. Tadashi KISHIMOTO dari Obihiro University, Japan, dan Dr. Sakurai HAI, *Tsukuba International Agricultural Training Center*, JICA, dan Dr. Phongsupasamit SURIN dari Chulalongkorn University, Thailand dan masih banyak pihak atas konfirmasi tentang isi dan data serta kerja sama yang baik.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada semua mereka tersebut di atas atas saran dan kerja samanya dan Ibu SAKAI juga atas kerja samanya.

Penulis sangat senang bahwa tulisan saya dalam bahasa Indonesia akan secepatnya dicetak. Penulis berharap bahwa buku ini akan bermanfaat bagi banyak pihak di Indonesia.

Bogor, Februari 1998

JUN SAKAI
Penulis Utama

PENGANTAR DARI PENTERJEMAH

Jun SAKAI, Ph. D., Professor Emeritus, Kyushu University, JAPAN, penulis utama dari Agriculutral Engineering Handbook, yang diharapkan dicetak oleh ASAE dalam tahun 1998 dan dipublikasikan oleh CIGR dalam tahun 1998, adalah seorang pakar istimewa di bidang Teknik pertanian, dengan visi yang jelas akan hal-hal apa yang harus dilakukan oleh insinyur Teknik pertanian, untuk mengembangkan mesin-mesin pertanian yang tepat guna bagi kondisi pertanian di Asia memperbaiki metoda usaha tani sekaligus meningkatkan produksi, terutama pada dekade-dekade awal abad ke-21 mendatang.

Visi tersebut di atas tidak terlalu mengejutkan, karena didasarkan pada puluhan tahun pengalaman beliau bekerja pada *Industry Manufacturing* Honda, dan industri-industri mesin-mesin pertanian lainnya di Jepang, sebagai *Visiting Professor* pada berbagai Universitas di negara-negara maju dan negara-negara berkembang, dan dewasa ini, beliau sebagai *Visiting Professor* di Institut Pertanian Bogor, di Bogor.

Prof. SAKAI percaya bahwa, insinyur Teknik pertanian di abad-21 mendatang, harus memiliki pengetahuan •teknis yang baik, memiliki pengalaman yang memadai, memiliki *good judgment* dan mampu menggunakan akal-sehat dalam usaha menyelesaikan masalah-masalah Teknik pertanian yang dihadapi negara-negara Asia, khususnya Indonesia.

Kesan penterjemah setelah menyelesaikan terjemahan buku ini adalah:

1. Banyak terminologi teknis pada traktor 2-roda dan peralatannya tidak dijumpai pada buku-buku terbitan dunia barat, seperti Amerika dan Eropa, mungkin karena mesin-mesin yang mereka gunakan berukuran besar dan sesuai untuk usaha tani lahan kering skala besar.
2. Di Asia, traktor 2-roda dan peralatannya cocok digunakan untuk pola pertaniannya yang dominan yaitu usaha tani lahan sawah berskala kecil. Karena ahli-ahli mekanisasi di Amerika dan Eropa kurang mendalami dan kurang pengalaman dalam aplikasi mesin-mesin pertanian di lahan sawah, maka untuk masa medatang, dalam mengembangkan mesin-mesin pertanian, para ahli Asia

umumnya, di Indonesia khususnya harus lebih mandiri dan berani menetapkan terminologi teknis sendiri.

Penterjemah mengucapkan banyak terima kasih pada Prof. SAKAI, yang telah memberikan kepercayaan dan izin untuk menterjemahkan Volume III, *Agricultural Machinery* dari A. E. Handbook tersebut ke dalam bahasa Indonesia. Terima kasih juga disampaikan untuk saran-saran beliau, yang sangat bermanfaat dan mendorong penterjemah untuk menyelesaikan buku ini.

Penterjemah juga sangat berterima kasih kepada Prof. Dr. KAMARUDIN ABDULLAH, ketua CREATA-IPB, karena tanpa bantuan beliau yang sangat berharga, tak mungkin rasanya dapat menyelesaikan buku ini dengan baik.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Ir. Frans J. D. dari Jurusan Teknik Pertanian, Fateta-IPB, atas "review" dan kontribusi konstruktif mereka terhadap penyajian buku ini.

Akhirnya penterjemah mengucapkan banyak terima kasih kepada Ir. Fis Purwangka, atas kerjasamanya sehingga buku ini dapat diselesaikan dengan baik.

Bogor, Juni 1998

R.G. SITOMPUL
Penterjemah

DAFTAR ISI

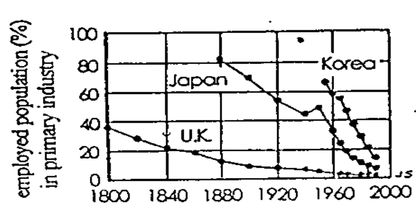
I. Peranan Traktor Roda-2 untuk Usaha Tani Kecil

Biasanya suatu negara diharapkan dapat mengembangkan secara serasi semua industri berikut :

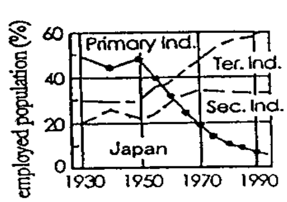
1. Industri primer : pertanian / kehutanan / perikanan
2. Industri sekunder : pertambangan / konstruksi / manufactur.
3. Industri tersier : listrik, gas, air dan uap / transport dan komunikasi / perdagangan besar dan eceran / keuangan, asuransi dan perumahan / jasa / pemerintahan.

Dalam hal tersebut di atas, persentase orang yang bekerja pada industri primer terhadap seluruh penduduk yang bekerja cenderung menurun, tergantung pada kenaikan jumlah yang bekerja pada industri sekunder dan tersier, sebagai hasil pembangunan ekonomi negara tersebut, dan ini mengakibatkan kekurangan tenaga kerja di daerah pertanian.

Gbr. 1.1 menunjukkan kecenderungan bersejarah ini di Inggris, Jepang dan Korea dan **Gbr. 1.2** menunjukkan hubungan timbal balik dimana jumlah orang yang bekerja pada industri primer mendukung perkembangan industri-industri lainnya di Jepang. [a1]



Gbr. 1.1. Populasi pekerja di industri primer



Gbr. 1.2. Populasi pekerja di Jepang

Karena itu, difusi yang lancar dari mekanisasi usaha tani di bidang pertanian akan menunjang pembangunan semua industri secara seimbang dan bertahap di seluruh negeri dengan mengalirkan tenaga kerja dari sektor pertanian ke sektor industri.

Banyak negara-negara yang berbasis pertanian yang umumnya terdiri dari usaha tani keluarga skala kecil dengan petakan lahan yang sempit. Jika usaha tani ini dimekanisasi dengan mesin-mesin ukuran besar, sulit bagi petani untuk memiliki mesin karena harganya mahal dan sejarah menceritakan, bahwa petani terpaksa atau dihimbau membentuk kelompok tani atau sistem sewa, dimana petani harus tergantung pada pihak ke tiga - operator dari setiap mesin - untuk menyelesaikan pekerjaan pertanian yang penting, sementara kebanyakan petani lebih menyukai cara kerja tradisional, bebas, mengacu pada alam dan senang bekerja dan menikmati panen yang mereka lakukan sendiri.

Modernisasi nasional harus didukung oleh pertanian modern yang diperoleh dengan mekanisasi dengan penggunaan secara rasional mesin-mesin ukuran besar, sedang dan kecil, sehingga dapat meningkatkan kemampuan teknis dan produktivitas petani.

Masalah mekanisasi pertanian suatu negara dapat dibandingkan dengan masalah motorisasi angkutan dan lalu lintas negara tersebut. Walaupun kereta api, bus dan truk ukuran besar merupakan transportasi dan lalu lintas massa yang efisien, motor besar dan kecil serta mobil keluarga meningkatkan aktivitas kehidupan sehari-hari dan standar budaya seluruh bangsa.

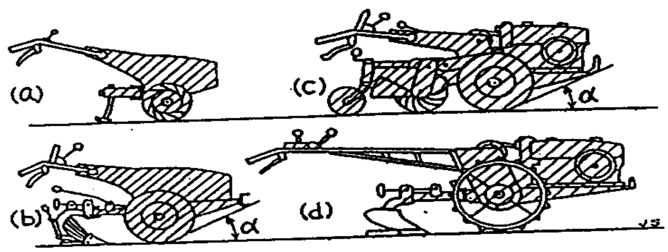
Traktor roda-2 dan peralatannya dapat dimiliki oleh petani karena harganya murah dan dapat dioperasikan oleh semua anggota keluarga karena sederhana dan mudah dikendalikan. Karena itu petani kecil dengan mudah dapat berpindah dari usaha tani tenaga ternak ke usaha tani mekanis, yang dikelola oleh petani sendiri. Walaupun produktivitas kerja traktor roda-2 lebih rendah dari traktor roda-4, tetapi masih lebih tinggi dibanding produktivitas tenaga ternak, dan petani dapat menikmati kecepatan dan ketepatan waktu dalam menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan pertanian dan kerja lebih ringan. Petani juga dapat diyakinkan bahwa hampir semua pekerjaan yang dapat dilakukan dengan tenaga ternak, dapat dikerjakan oleh traktor roda-2, sementara pengetahuan teknis dari usaha tani konvensional mereka masih terus dapat digunakan.

Difusi yang lancar dari mekanisasi usaha tani dengan mesin-mesin ukuran kecil, tidak saja mendorong peningkatan jaringan industri dan dealer mesin-mesin pertanian, tetapi juga akan memperbanyak jumlah orang yang berorientasi mekanis, dan menciptakan suatu dasar untuk perkembangan jenis industri yang lain, yang berarti memajukan seluruh bangsa.

Di dalam bagian tulisan ini dengan seminimal mungkin prinsip-prinsip penting dari traktor roda-4, hanya prinsip-prinsip penting dari traktor roda-2 termasuk peralatannya yang unik yang akan dibicarakan ditinjau dari segi usaha tani kecil padi lahan kering dan padi sawah, termasuk pengetahuan teknik desain dan testing pada pabrik alat dan mesin pertanian.

II. Tipe dan Ketahanan Traktor Roda-2

Traktor roda-2 mempunyai banyak nama : traktor berporos-tunggal, traktor tangan, traktor kebun, traktor jalan, jalan di belakang traktor, traktor pejalan kaki, dsb.



(a) Tipe mini tiller, (b) Tipe traksi, (c) Tipe gerak, (d) Tipe Thai

Gbr. 2.1. Tipe traktor roda-2 (oleh Sakai)

Gbr. 2.1 memperlihatkan beberapa dari traktor di atas. Traktor roda-2 dapat mengerjakan berbagai jenis pekerjaan pertanian dengan bermacam tipe alat yang digandengkan di belakang traktor seperti terlihat pada Gbr. 2.2.1. Alat tersebut disebut peralatan traktor. Traktor roda-2 dengan peralatan pengolah tanah disebut *power tiller*.

Traktor roda-2 diklasifikasikan sebagai traktor profesional dan traktor hoby. Dari segi ekonomi, semua mesin harus mempunyai kualitas minimal atau cukup untuk dapat melakukan pekerjaan-pekerjaan pertanian yang penting. Menurut pedoman yang ada mengenai desain dan uji coba oleh pabrik pembuat mesin, ketahanan dan umur mesin dinyatakan sebagai total jam kerja mesin dengan beban penuh.

Dikatakan bahwa ketahanan yang diperlukan untuk mesin-mesin hoby setara dengan 15 sampai 25 jam kerja per tahun, dan total jam kerja sebagai umur mesin di negara-negara maju mungkin kurang dari 150 jam kerja. Ini berdasarkan perkiraan bahwa bagi seorang pekerja kantor biasanya meluangkan waktu kurang dari 2 jam untuk mengoperasikan mesin tersebut setiap akhir pekan, dan kurang dari 8 minggu dalam satu musim, selama musim semi dan musim gugur, dan berlangsung antara beberapa sampai 10 tahun umur rata-rata mesin.

Tingkat ketahanan traktor profesional untuk petani kecil yang memiliki tanah satu hektar dengan dua kali tanam setahun diperkirakan setara dengan 200 sampai 250 jam operasi per tahun dengan beban penuh.

Jika traktor tersebut digunakan dalam bentuk kontrak sewa dengan petani pada usaha skala kecil atau digunakan untuk usaha tani skala besar, ketahanannya harus lebih tinggi. Diharapkan traktor tersebut mampu beroperasi 500 sampai 600 jam per tahun. Tingkat ketahanan seperti ini sama dengan 8 sampai 10 jam operasi per hari selama sebulan penuh per musim tanam dengan dua musim tanam per tahun.

Karena itu total jam kerja dalam uji-ketahanan yang dibutuhkan untuk menentukan umur mesin paling sedikit 2000 jam, yang berarti membutuhkan uji operasi selama setahun : mesin tersebut harus dihidupkan di pagi hari kerja oleh seorang insinyur-penguji dan harus beroperasi selama 8 jam sehari, termasuk periode pendinginan setelah kerja dan pemeriksaan berkala selama seminggu sampai dua minggu untuk semua elemen dan bagian-bagian mesin setiap 200~300 jam uji operasi.

Karena itu dengan mengetahui kondisi usaha tani dan perilaku petani maka desain dan test dari prototipe mesin dapat dikerjakan lebih teliti dan hati-hati.

Menurut ukurannya, mesin-mesin dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

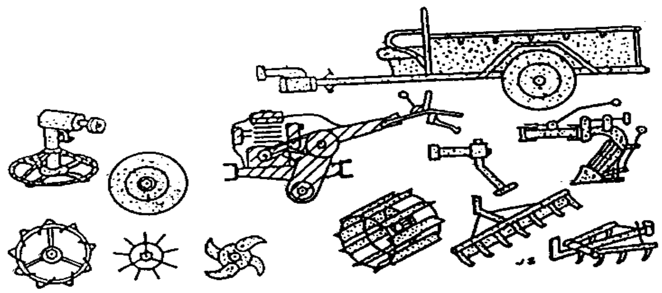
2.1. Tipe *Mini Tiller* (2-3 PS, Gbr. 2.1-a)

Ini adalah tipe terkecil dari traktor roda-2. Berbagai jenis pisau-pisau putar dipasang pada poros penggerak sebagai pengganti roda, dan sebuah standar atau *drag-stake* dipasang pada titik gandeng belakang mesin. Mesin ini digunakan untuk berkebun di sekitar rumah, bukan untuk suatu usaha tani profesional. Mesin ini disebut *motor-tiller* atau cultivator tanpa roda.

2.2. Tipe Traksi (4-6 PS, Gbr. 2.1-b)

Mesin ini digunakan untuk membajak dengan bajak dan untuk pengangkutan dengan gandengan dan tidak dipakai untuk pengolahan tanah rotari. Traktor ini serba guna dan mempunyai kemampuan yang sangat baik sekali untuk melakukan semua pekerjaan-pekerjaan yang sebelumnya dikerjakan dengan tenaga ternak. Ini diperoleh dengan mengganti pasangannya. **(Gbr. 2.2.1)** Mesin ini dapat menggantikan dan mengungguli ternak tarik dan disebut *power cultivator*.

Berat kering mesin dengan ban standar tanpa peralatan atau beban tambahan hanya sekitar 100-140 kgf. Mesin ini mempunyai tenaga yang cukup untuk menarik sebuah bajak dan memberikan kinerja yang baik pada berbagai pekerjaan, asalkan beban kerja tersebut tidak terlalu berat. Tingkat pengetahuan ilmiah dan teknik yang tinggi diperlukan untuk dapat membuat mesin sejenis ini. Biasanya, motor berpendingin udara aliran paksa ditempelkan pada traktor ini sehingga ukuran traktor lebih kecil dan ringan.



Gbr. 2.2.1. Traktor roda-2 Tipe traksi dan peralatannya (Sakai)

Dikatakan bahwa sebanyak 50 jenis peralatan untuk sebuah traktor tipe traksi harus dibuat untuk memenuhi kebutuhan pasar yang beragam. *IRRI tiller* pada tahun 70-an adalah model percobaan dari traktor tipe ini.

2.3. Tipe Ganda (5-7 PS)

Tipe ini berukuran sedang, berada di antara tipe traksi dan tipe gerak. Traktor dapat melakukan pembajakan dan menggunakan bajak rotari dengan lebar lintasan yang sempit. Walaupun kinerja pembajakan lebih rendah dibanding dengan tipe gerak, kinerja multigunanya lebih baik.

2.4. Tipe Gerak (7-14 PS, Gbr. 2.1-c)

Mesin ini mengolah tanah dengan menyalurkan tenaga traktor secara mekanis pada alat pengolah tanah yang dipasang di belakang kedua roda traktor. Ini adalah mesin khusus untuk mengolah tanah. Traktor roda-2 yang dilengkapi dengan alat pengolah tanah rotari disebut ***rotary power tiller***.

Rotary power tiller melakukan pemotongan tanah dan penggaruan dalam sekali lintasan, sehingga petani menikmati mudahnya pengolahan tanah dibanding dengan tenaga ternak menarik bajak. Akan tetapi kinerja multigunanya rendah karena ukurannya besar dan berat. Berat traktor bersama alat pengolah tanah rotari adalah 300-400 kg gaya.

Perlu diingat bahwa pendirian pabrik untuk memproduksi pisau-pisau tiller secara massal, yang memang diperlukan dalam pemakaian normal, bukan tidak penting, demi suksesnya pengolahan tanah dengan bajak rotari.

Dalam tahun 1950-an dan 1960-an, di Jepang, mesin ini dilengkapi dengan motor berkekuatan 9-14 PS, mengolah tanah dengan lebar potongan 60-65 cm. Akan tetapi, dengan peningkatan efisiensi alat pengolah tanah rotari, untuk mengolah tanah selebar 60 cm, cukup menggunakan motor 7-10 PS, dan mesin tua yang berat ini menghilang dari pasar. Petani beralih dari mesin tua ke *rotary power tiller* yang baru atau mulai berpindah dari traktor roda-2 ke traktor mini roda-4 dengan motor 10-15 PS yang diproduksi pada tahun 1970-an untuk mengolah tanah dengan pisau rotari selebar lebih dari 100 cm.

Ada beberapa alat pengolahan tanah yang lain, seperti *crank-tiller*, *gyro-tiller*, *hoe-tiller* dan sebagainya yang digandengkan dengan traktor roda-2 di Jepang, pada tahun 1950-an dan 1960-an. Akan tetapi semua alat-alat tersebut telah lenyap dari pasar.

2.5. Tipe Thai (8-12 PS, Gbr. 2.1-d)

Ini adalah mesin dengan struktur sederhana yang dibuat secara lokal menggunakan motor diesel dengan pendinginan air, batang kendalinya lebih panjang, dan lebih berat dari traktor roda-2 tipe traksi yang biasa. Berat mesin dengan roda sangkar adalah 350-450 kg gaya, yang kuat untuk membajak dan menarik trailer, akan tetapi kemampuan multigunanya sangat terbatas.

Produksi tahunan traktor roda-2 yang dikembangkan dan dibuat secara lokal dalam tahun 1990-an berkisar 70.000-80.000 unit, dan mereka mengatakan ada lebih dari satu juta unit dalam tahun 1995.

III. Kecenderungan Difusi Traktor Roda-2

Tabel 1 menunjukkan total unit traktor roda-2 di negara-negara anggota RNAM dalam tahun 1990 :

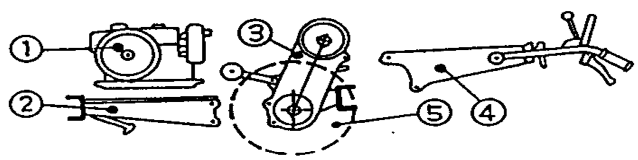
Tabel 1. Kecenderungan Difusi (data RNAM)*

Bangladesh	10,000	P. R. China	6,533,600
India	90,000	Philipina	32,226
Indonesia	16,804	Korea Selatan	739,098
Isl. R. Iran	65,000	Srilanka	24,000
Nepal	1,000	Thailand	582,753
Pakistan	4,800		

Dalam tahun 1990 ada 2,185,000 unit traktor roda-2 di Jepang. [c-1] Walaupun ada banyak laporan statistik traktor kecil, traktor kebun, motor tillers dsb, tersedia di berbagai organisasi internasional atau di masing-masing negara, tetapi jumlah traktor roda-2 yang ada, tidak pernah dilaporkan secara jelas.

IV. Prinsip-Prinsip Mekanisme dan Mekanik

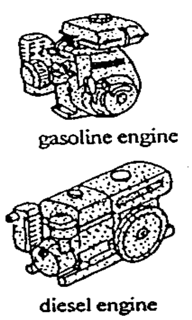
Traktor roda-2 terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut (Gbr. 4.1): (1) Motor (2) dudukan motor dengan titik gandeng (3) rumah gigi transmisi termasuk kopling master dan titik gandeng belakang (4) stir dengan beberapa tuas kontrol, (5) roda.



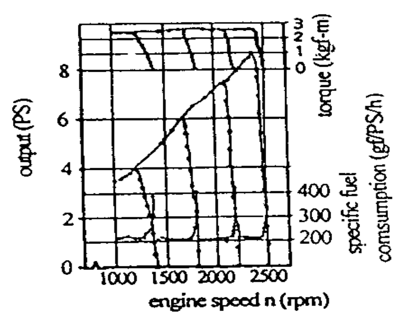
Gbr. 4.1. Komponen Utama

4.1. Motor

Sebuah motor bakar kecil ditempelkan pada traktor. Sebuah motor bakar bensin, satu silinder, 2-tak atau 4-tak, dengan pendinginan udara aliran paksa, ditempelkan pada traktor, yang membuat traktor tersebut menjadi ringan. Sebuah motor diesel, satu silinder dengan pendinginan air ditempelkan pada sebuah traktor roda-2 yang berat. **Gbr. 4.1.1** memperlihatkan contoh-contoh motor tersebut. **Gbr. 4.1.2** menunjukkan kurva kinerja motor yang sebenarnya [e1], yang diukur dan digunakan oleh para peneliti dan insinyur. Kurva kinerja keluaran dalam katalog dimodifikasi menjadi sangat sederhana dibanding dengan titik-titik yang ada pada kurva, untuk motor-motor yang baru.



Gbr. 4.1.1. Motor Bakar



Gbr. 4.1.2. Kurva Kinerja Motor Bakar

Ada beberapa model motor diesel yang kecil dengan pendinginan air aliran paksa, yang digunakan pada traktor roda-2. Akan tetapi, teknologi tinggi diperlukan untuk dapat membuat motor jenis ini sehingga hanya sedikit negara yang memproduksinya.

4.1.1. Poros keluaran

Arah putaran dari poros keluaran suatu motor industrial harus berlawanan dengan arah jarum jam dilihat dari arah seorang petani menghadap motor, menurut standar industrial. Arah menempelkan motor pada traktor roda-2 terutama motor diesel yang berat harus sedemikian, sehingga mesin harus tetap stabil sewaktu petani menghidupkan mesin motor dengan engkol.

4.1.2. Keluaran tenaga dari motor

Dalam menyatakan keluaran-motor, dalam tahun-tahun belakangan ini dianjurkan memakai unit S. I. yaitu Watt atau Kilo-Watt. Akan tetapi, unit konvensional seperti "Horse Power", kilogram - meter per detik, dsb., masih tetap populer terutama di perusahaan-perusahaan manufacturing dan nilai ilmiah dari horse power menurut definisi tradisional dari standar industrial atau teknik dari masing-masing negara. Lagi pula pernyataan untuk horse power tradisional di dalam unit Watt berubah sedikit, tergantung negara bersangkutan. Ini menggambarkan sejarah perkembangan manusia. Mereka adalah **HP, PS dan KW**, sebagai berikut :

1 HP dalam unit sistem Inggris :

550 ft-lb/det = 76.0402 kg. gaya. m/det.

∴ 1 lb (unit sistem Inggris) menyatakan gaya gravitasi yang bekerja pada massa seberat 0.453592 kg.gaya,

ft (unit sistem Inggris) = yard/3 = 0.914399 /3 = 0.304799 m

W = HP.G = 745.6996 = **746 Watt = 0.76 kW**

∴ G = 9.80665 m/det^2 sebagai standar Internasional.

1 PS, Pferdestarke : horsepower di Jerman DIN, Japan-JIS, dsb. disebut ***metric horsepower***

75 kgf-m/det (f berarti gaya gravitasi).

W = PS.G = 735.4987 = **736 Watt = 0.74 kW**

maka **"PS = HP"** dalam desain dan test.

Akan tetapi, metoda pengukuran tenaga dan motor bakar bensin menurut standar industri atau teknik yang sekarang berlaku, berbeda-beda tergantung pada masing-masing negara.

Misalnya, standar SAE di Amerika Serikat, mengharuskan pengukuran dua macam keluaran motor, "**keluaran tenaga kotor**" dari motor saja dan "**keluaran tenaga bersih**" dari motor beserta perlengkapannya. (SAE J1995, J1349) Yang pertama diukur di mana motor tanpa menggunakan perlengkapan dan assesory seperti knalpot, saringan udara, dsb. Sedang yang terakhir diukur pada motor dengan perlengkapan penuh, dan kedua data tersebut dikoreksi, terhadap apa yang diharapkan pada standar tekanan atmosfer dan kondisi suhu yang diharapkan. Beberapa perusahaan memuat keluaran tenaga kotor pada katalog mereka.

Sementara JIS di Jepang (JIS B 8017, 8018) dan DIN di Jerman, meminta agar pengukuran dilakukan pada motor dengan perlengkapan terpasang dan data dikoreksi pada keadaan atmosfer standar di Jepang dan Jerman. Dan semua perusahaan di kedua negara ini memuat keluaran tenaga dalam katalog mereka dengan perlengkapan motor terpasang lengkap.

Disamping itu, di setiap perusahaan, cara menentukan besaran pada katalog tenaga motor, di mana seharusnya besaran tersebut didasarkan pada banyak titik-titik di dalam data pengujian (lihat **Gbr. 4.1.2**) pada banyak motor dan model baru yang sama, mungkin berbeda antara satu dengan lain perusahaan.

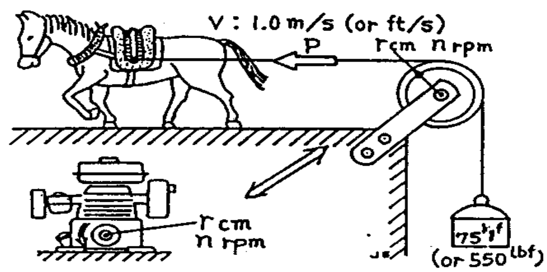
Karena itu dalam kenyataannya, dapat terjadi bahwa motor dengan tenaga yang sama dari katalog tenaga, PS atau HP, dari negara yang berbeda, akan menghasilkan besarnya tenaga yang berbeda ketika dioperasikan di lapang, dan bedanya dapat mencapai 20 %.

Tenaga keluaran dari motor atau traktor untuk tujuan ekspor dapat juga dibuat berdasarkan standar teknik yang berlaku di negara pengimpor. Data statistik di banyak negara harus dimengerti dalam hubungannya dengan pengetahuan tentang PS, HP atau kW.

Nilai pengukuran tenaga dan motor diesel industri yang kecil juga mempunyai perbedaan-perbedaan praktis di dalam menggunakan standar industri/teknik.

4.1.3. Perhitungan gaya untuk keluaran motor

Gaya penggerak P (kg- gaya atau N), yang dihasilkan pada jari-jari efektif r (m), dari pulley keluaran dan digerakkan oleh keluaran Ne (PS = HP) dari motor diperoleh dengan persamaan berikut seperti terlihat pada **Gbr. 4.1.3**, menunjukkan sejarah timbulnya pernyataan satu daya kuda sebagai contoh :



Gbr. 4.1.3. Pernyataan satu daya kuda

$P = 60.75\ Ne/(2\ \pi\ r\ n)$ [kg.gaya] (e1)

$\therefore\ Ne = PV/75,\ V = 2\ \pi\ r\ n/60$

$P = 716.2\ Ne/(n\ r)$ [kg.gaya] (e2)

$P = 7023.5\ Ne/(n\ r)$ [N] (e3)

dimana n adalah jumlah putaran poros per menit.

Gaya penggerak tangensial P yang bekerja pada lingkaran dengan jari-jari efektif r (m) dari setiap bagian yang berputar seperti sebuah poros, *roller bearing*, gigi, bahkan roda dsb., dapat diperoleh dengan jalan perkalian harga P yang diperoleh dari penggunaan persamaan (e1, e2, e3), dengan efisiensi transmisi tenaga η (1.0 berarti 100 %) dari motor sampai ke unit yang digerakkan.

4.2. Susunan dudukan motor

Umumnya dudukan motor dibaut kencang dengan rumah gigi dan seluruhnya didukung oleh standar depan tipe lipat yang ditempatkan di ujung depan dudukan motor.

Akan aman dan mudah bagi petani, jika dia mampu mengoperasikan standar depan sambil memegang batang kendali terutama sewaktu memasang atau melepas peralatan di belakang traktor roda-2.

Ketika traktor roda-2 dengan peralatan pengolahan tanah terpasang di belakangnya ditempatkan di atas tanah yang datar, dapat ditentukan besarnya sudut elavasi α^0 di depan dudukan motor (**Gbr. 2.1-b dan c**). Agar operasi traktor-traktor di petakan yang sempit lancar, sudut α harus sebesar mungkin, lebih dari 30^0, jika mungkin 40^0, untuk menghindari kerusakan galengan sawah, atau kerusakan pada tanaman di lahan kering.

4.3. Susunan gagang kendali

Pada gagang kendali terdapat beberapa tuas untuk mengoperasikan kopling master, rem parkir, mekanisme pindah gigi, kopling kendali dan governor motor dari masing-masing tuas ini harus dipasang pada posisi yang tepat.

Jika kendali traktor dengan peralatannya cocok digunakan sewaktu berjalan di jalan yang rata, tetapi sewaktu pengemudi mengoperasikan di lapang, terutama ketika mengolah tanah, ia akan cepat merasa lelah karena batang kendali terlalu rendah sebab penetrasi alat ke dalam tanah. Tinggi dan lebar batang kemudi harus dalam bentuk dan spesifikasi yang optimum, sehingga nyaman bagi petani sewaktu operasi di lapang.

4.4. Mekanisme penyaluran tenaga

Mekanisme penyaluran tenaga terdiri dari kopling master pada poros masukan, mekanisme poros PTO, mekanisme perpindahan gigi, rem parkir dan penggerak reduksi akhir yang menggunakan gigi, atau suatu sprocket dan rantai. Penggerak akhir mencakup satu set kopling kendali dan poros-poros penggerak yang biasanya berbentuk hexagon.

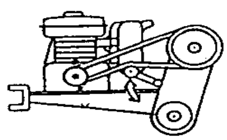
4.4.1. Ukuran mekanisme penyalur tenaga

Ukuran seluruh mekanisme penyalur tenaga, didesain berdasarkan pertimbangan-pertimbangan berikut : untuk menyalurkan sejumlah tenaga tertentu komponen-komponen seperti kopling dan gigi akan menerima torsi dan gaya yang besarnya berbanding terbalik dengan besarnya kecepatan rotasi. (lihat persamaan (e2) dan (e3)). Karena itu untuk dapat membuat struktur yang kecil dan ekonomis, separuh bagian pertama dari mekanisme transmisi, termasuk mekanisme gigi "multi nisbah", harus beroperasi dengan perbandingan reduksi yang rendah pada kecepatan rotasi yang tinggi, tetapi harus dalam batas-batas putaran rotasi yang tidak berisik.

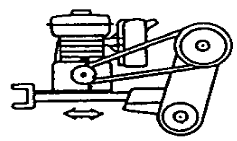
Akan tetapi pertimbangan lain masih diperlukan agar dapat mendistribusikan perbandingan reduksi total kepada semua gigi secara tepat, sebab perbandingan reduksi yang terlalu besar pada penggerak akhir akan menyebabkan *ground clearance* traktor berkurang karena diameter yang berlebihan dari gigi akhir atau sprocket.

4.4.2. Kopling master

Sebuah kopling master dipasang pada poros masukan dari mekanisme gigi multi-nisbah di dalam rumah gigi. Tujuan dari kopling master adalah tenaga yang disalurkan tanpa kejutan dan dilepaskan dengan cepat dari seluruh bagian mesin. Kopling master dapat dikatagorikan menjadi beberapa tipe :



Tipe tegangan idler



Tipe tegangan motor

Gbr. 4.4.1. Kopling tegangan belt

1. Kopling sabuk : **tipe tegangan idler, tipe tegangan motor, seperti terlihat pada Gbr. 4.4.1.**
2. Kopling piring : **tunggal, ganda, dan tipe banyak piring (semua terdiri dari tipe kering).**
3. Kopling kerucut : **kapasitas kopling besar, mudah diproduksi, tetapi besar dan berat karena komponen-komponen besi tuang.**
4. Kopling sentrifugal : **mudah digerakkan, tetapi perlu hati-hati memilih kecepatan rotasi dan kapasitas torsi yang optimum untuk sentuhan pertama pada saat kopling disatukan** atau tuas kopling dilepas.

4.4.3. Kapasitas torsi dari kopling

Kapasitas torsi yang diperlukan untuk master kopling traktor harus ditentukan berdasarkan beban yang diberikan oleh kerja di lapang kepada komponen-komponen mesin.

Fluktuasi yang paling besar dari kejutan beban mungkin akan diperoleh pada pengolahan tanah liat yang kering dan keras dengan menggunakan bajak rotari, sementara penggunaan bajak singkal atau menarik trailer, fluktuasi beban tidak terialu besar. Kapasitas torsi agar kopling berumur panjang adalah sebagai berikut:

torsi motor minimum x 1.5-2 : untuk pekerjaan menarik

torsi motor maksimum x 2-3 : untuk bajak rotari

4.4.4. Gigi-gigi multi-nisbah dan kecepatan maju

Petani menghendaki dua kisaran maju. Satu kisaran sesuai dengan kecepatan jalan manusia untuk pekerjaan-pekerjaan pertanian. Yang lainnya, kecepatan yang dibutuhkan untuk transportasi menggunakan trailer. **Tabel 2** menunjukkan kisaran kecepatan traktor roda-2 untuk operasi atau pekerjaan-pekerjaan pokok usaha tani:

Tabel 2. Kecepatan maju traktor roda-2

	(cm/detik)	(km/jam)
Pengolahan tanah dengan rotari	25 ~ 50	0.9 ~ 1.8
Berbagai kerja lapang *	50 ~ 70	1.8 ~ 2.5
Membajak	70 ~ 120	2.5 ~ 4.3
Transportasi **		15 atau 20 atau 30

Catatan : * melumpur, menyiang, menanam, membabat, dan sebagainya.
** U. U. lalu lintas menentukan kecepatan legal. Kecepatan maksimum mungkin ditentukan oleh kebiasaan lokal.

Kecepatan yang lebih rendah dari 10~20 cm/detik disebut **kecepatan merangkak**, dan berguna untuk menghembus atau mengeruk salju, yang dipasang di depan traktor, terlebih di daerah bagian utara Jepang. Kecepatan ini juga berguna untuk pekerjaan-pekerjaan konstruksi.

Traktor roda-2, terutama yang tipe traksi, sering mempunyai sistem pasangan gigi multi-kecepatan untuk pekerjaan-pekerjaan usaha tani yang umum, dan sistem pasangan gigi pindah kisaran untuk mengubah kecepatan dari kerja usaha tani ke transportasi dengan trailer sebagai berikut :

pindah gigi untuk kerja usaha tani : 2-4 gigi maju dan 1 gigi mundur

pindah kisaran : kisaran kerja usaha tani dan kisaran transportasi.

Traktor roda-2 tipe gerak sering tidak memiliki pindah kisaran untuk transportasi karena kesulitan dalam melepaskan peralatan pengolah tanah dari traktor.

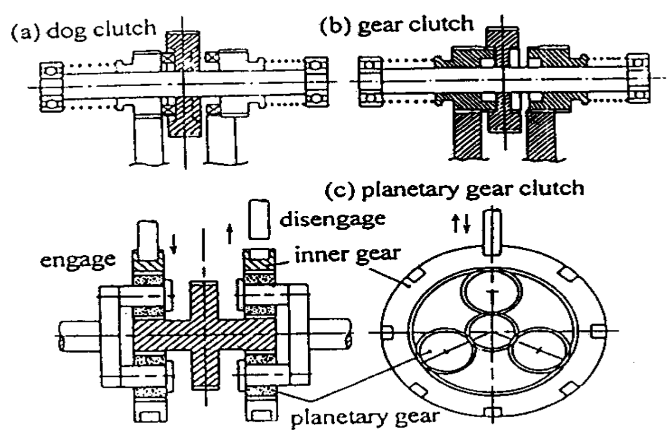
4.4.5. Mekanisme kemudi

Ada empat tipe mekanisme kemudi sebagai berikut :

1. Tipe lobang-pin lepas dari roda (*wheel-hub*) : Lobang pin dari setiap pusat roda memanjang secara tangensial, sementara pin bulat ditempelkan pada poros untuk menyalurkan torsi ke pusat roda. Jika operator mendorong kendali traktor sedikit ke kiri atau ke kanan, kedua roda dapat menerima sedikit perbedaan putaran dan menyebabkan traktor berbelok. Tipe ini digunakan untuk traktor yang ringan untuk digunakan sebagai hoby.
2. Tipe-*dog* : Ini adalah tipe yang umum satu kopling untuk setiap roda. Jika tenaga motor lebih besar dari 7-8 PS, petani tua atau wanita, akan mengalami kesulitan mengoperasikan tuas kopling karena besarnya torsi yang bekerja pada kopling dog.

Karena itu disarankan agar kopling dipasang pada poros sebelah atas yang kecepatan putarannya lebih tinggi.

Untuk menghindari masalah ini, ada beberapa mekanisme alternatif seperti kopling kemudi gigi (Gbr. 4.4.2), kopling bola, kopling gigi planetari, kopling tenaga hidrolik, dsb.



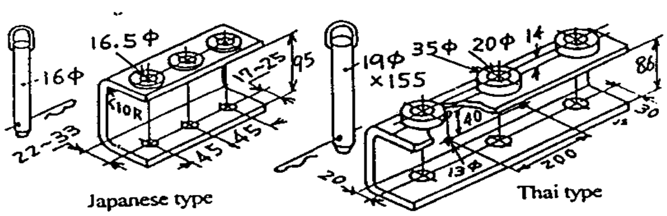
Gbr. 4.4.2. Kopling gigi untuk kemudi

1. Tipe gigi-planetary : tuas kopling dari mekanisme jenis ini mudah dioperasikan. Mekanisme jenis ini dapat mengurangi jumlah poros transmisi dan memberi perbandingan reduksi yang lebih besar pada penggerak akhir.
2. Tipe gigi diferensial : tipe ini berguna untuk memudahkan operasi gerakan kemudi, lebih-lebih untuk transport menggunakan trailer. Mekanisme kunci diferensial tidak selalu diperlukan. Jika rem dipasang pada setiap poros roda, suatu struktur yang kedap air harus dipasang untuk membungkus atau melindungi rem. Gigi diferensial sangat mahal harganya karena itu jarang digunakan.

4.5. Titik gandeng depan dan belakang serta pin gandeng

Traktor roda-2 mempunyai mekanisme penggandengan di bagian belakang traktor dan kadang-kadang ada tambahan titik gandeng di depan traktor, seperti terlihat pada Gbr. 2.2.1. Kedua titik gandeng tersebut biasanya mempunyai dimensi yang sama.

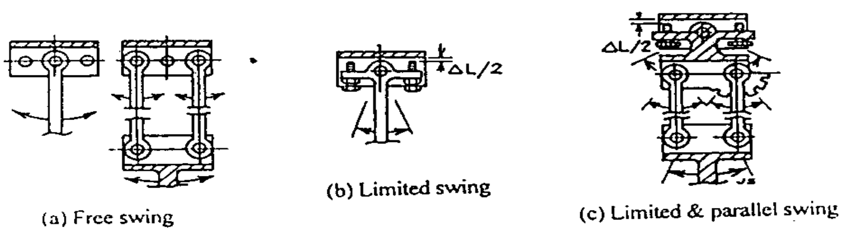
Dimensi dan spesifikasi dari titik gandeng dan pin gandeng mungkin dibuat menurut standar dari masing-masing negara produsen. **Gbr. 4.5.1**, menunjukkan dimensi titik gandeng utama dan pin gandeng dari JIS B 9209, TIS 783-2531 dan 782-2531. (Standar Industri Thai). **Gbr. 4.5.2** menunjukkan tipe titik gandeng ayun, yang diciptakan di Jepang pada tahun 1950-an untuk memperbaiki hasil pembajakan. (lihat bab 5.3.4) Bahan yang direkomendasikan adalah baja gulung, untuk struktur yang umum seperti SS41 tanpa perlakuan panas yang khusus.



Tipe Jepang

Tipe Thai

Gbr. 4.5.1. Titik gandeng dan pin



(a) ayun bebas

(b) ayun terbatas

(c) ayun sejajar dan terbatas

Gbr. 4.5.2. Tipe-tipe fungsi ayun (Sakai)

V. Prinsip Dasar Mekanik dari Sistem Traktor-Peralatan pada Usaha Tani Kecil

Traktor roda-2 secara jelas dipisahkan menjadi dua tipe. Yang satu adalah tipe untuk digunakan di lahan kering dan yang lain untuk digunakan di lahan sawah dan tanah kering. Pengertian yang sempurna tentang beda prinsip-prinsip usaha tani [p4] merupakan dasar untuk mencapai pengembangan dan penggunaan yang tepat dari sistem traktor-peralatan, untuk usaha tani kecil, khususnya usaha tani padi.

5.1. Perbedaan prinsip usaha tani padi di lahan kering dan di sawah (Tabel 3)

5.1.1. Lapisan kedap

Pengetahuan yang umum dalam pertanian lahan kering menyatakan bahwa pembentukan lapisan kedap di bawah lapisan topsoil, lapisan olah, harus dihindarkan. Para petani lahan kering, suka dan selalu mempertahankan "lahan bebas lapisan kedap".

Sebaliknya, bagi usaha tani padi sawah di Asia perlu membentuk dan mempertahankan lapisan kedap yang optimum. Dalam sejarah manusia, petani padi sawah menciptakan sistem penanaman dengan memindahkan bibit padi dari persemaian, agar mereka dapat membentuk dan mempertahankan lapisan kedap melalui operasi pelumpuran, dan juga agar pengendalian gulma lebih baik dan lebih mudah, dibanding dengan sistem penanaman dengan menebar benih langsung. (lihat bab 5.5.1) Negara-negara dengan pertanian padi sawah yang memiliki hujan dan air tanah yang melimpah, mempunyai struktur lapisan-lapisan bawah tanah yang berbeda dibanding dengan negara-negara dengan pertanian lahan kering. Di daerah-daerah penanaman padi, orang-orang dan keluarganya dapat menikmati sumur dangkal dengan muka air tanah yang tinggi untuk keperluan sehari-hari sepanjang tahun, oleh sebab itu lapisan kedap mempunyai fungsi yang sangat penting sebagai berikut :

1. Lapisan kedap dengan tanah yang kekerasan biasa, adalah lebih dari 7 kgf/cm^2, biasanya sebesar 10-20 kgf/cm^2 dalam "cone index" dengan ketebalan lapisan tertentu biasanya 10-15 cm, mampu mendukung manusia, ternak dan mesin. Mereka tidak harus terapung di atas sawah, tetapi harus dapat bekerja dengan baik di atas lapisan kedap dan ini akan mencegah lahan sawah menjadi terlalu dalam yang menyebabkan kebutuhan air irigasi menjadi lebih besar.
2. Untuk menghindari perkolasi yang berlebihan dari air irigasi, lebih dari 40 mm/hari kedalaman air tanah, di dalam/di bawah subsoil. Perkolasi yang berlebihan berarti hilangnya pupuk kandang dan pupuk buatan, yang menyebabkan penurunan hasil.

3. Dengan mempertahankan struktur yang optimum dari lapisan kedap, hasil yang lebih besar dan stabil dapat dicapai dan meminimumkan hilangnya air irigasi dan pupuk.

Lapisan kedap dapat dibentuk sendiri oleh petani dengan menginjak-injak tanah dengan kaki oleh seluruh anggota keluarga atau dengan bantuan tetangga dengan menggunakan alat pemukul tepat dipermukaan subsoil pada setiap lintasan pembajakan, pekerjaan pelumpuran dilakukan dengan hati-hati setelah pembajakan.

Akan tetapi cara-cara di atas membutuhkan waktu beberapa tahun, karena pekerjaan berat tersebut dilakukan pada waktu luang, sebagai akibat tidak adanya proyek-proyek konstruksi, proyek reklamasi dan konsolidasi lahan pertanian, untuk membuat lapisan kedap.

Ada dua macam lahan sawah yang tidak disukai para petani. Pertama adalah sawah yang dalam dan kedua adalah sawah yang air irigasinya bocor. Karena itu aplikasi mekanisasi yang tidak hati-hati terutama penggunaan alat traksi dan penggunaan roda besi bersirip dan sistem pengolahan tanah yang tidak tepat, dapat merusak lapisan kedap yang telah terbentuk oleh penggunaan ternak pada lapisan olah yang dangkal, dan dalam satu atau dua dekade dapat menghancurkan sama sekali lapisan kedap tradisional tersebut.

5.1.2. Kedalaman pembajakan

Di dalam pertanian lahan kering yang modern, adalah biasa mengolah topsoil sedalam 20 cm, jika mungkin 30 cm, dengan harapan agar pertumbuhan akar tanaman lebih baik yang mana membutuhkan air di lapisan subsoil untuk hidup.

Akan tetapi untuk padi sawah, kedalaman pembajakan konvensional sejak adanya manusia dan tenaga ternak hanya 10 sampai kurang dari 15 cm saja. Karena itu selalu ada air irigasi yang cukup untuk tanaman di atas dan di dalam lapisan olah atau topsoil.

Biasanya, khususnya di daerah tropis, petani mulai menanam padi pada permulaan musim hujan, setelah beberapa bulan mengalami musim kemarau. Topsoil yang pada musim kemarau menjadi kering, keras dan retak-retak sangat sukar dibajak. Setelah dibajak dengan kedalaman 10-15 cm saja pada awal musim hujan, topsoil yang keras menjadi sangat lembut, yang akan menjadi 15-20 cm tebalnya, jenuh dengan air irigasi setelah proses pelumpuran.

5.1.3. Kerataan dan ukuran petakan sawah

Petakan sawah harus benar-benar datar dan rata, karena sifat-sifat dan permukaan air, sementara lahan kering tidak perlu datar dan rata.

Nenek moyang petani di Asia dalam sejarah mereka, telah membuat banyak sawah dengan ukuran petakan kecil sejauh mereka mampu, karena petakan lebih kecil akan memudahkan membuat lapisan olah datar dan rata.

Pada tahun 1970-an, kementerian di Jepang merekomendasikan luas petakan sawah kurang dari 100 m x 20-30 m dengan semua saluran irigasi dan drainase berfungsi selama periode kematangan tanaman padi. Fasilitas drainase tidak selalu dibutuhkan pada usaha tani lahan kering.

Tabel 3. Perbedaan prinsip bertani di lahan kering dan di sawah

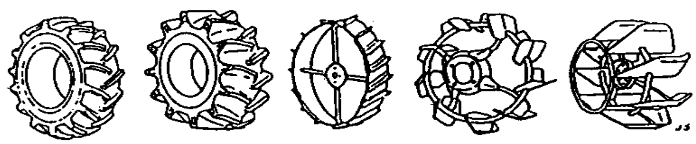
	Pertanian lahan kering di Eropa dan Amerika (gandum, jagung, sayur-sayuran, dsb)	Pertanian padi sawah di Asia (padi, gandum, sayur-sayuran, dsb)
Hujan tahunan	300-600 mm/tahun	1500-3000 mm/tahun, maks 4500 mm/tahun
Kedalaman peng-olahan tanah	20-30 cm. Makin dalam makin baik (percobaan oleh tanah minimum).	10-15 cm. Makin dangkal makin mudah dikerjakan. keda-laman setelah pelumpuran 15-20 cm.
Datar dan kerata-an	Tidak perlu	Harus benar-benar datar dan rata. Rekomendasi Kementerian Pertanian di Jepang untuk ke-dataran petak : ± 2.5 cm ⇒ ± 5 cm petak luas
Galengan	Tidak perlu	Sangat diperlukan
Luas petakan	Makin luas makin baik	Makin kecil makin mudah membuat datar. secara tradi-sional : 0.1-0.3 ha dan < 1 ha Rekomendasi Kementerian : 50 m x 20 m ⇒ 100 m x 20-30 m ⇒ ?
Lapisan kedap	Tidak harus terbentuk. Jika ter-bentuk, hancurkan dengan ha-rapan, pertumbuhan akar lebih baik. Petani menyukai lahan tanpa lapisan kedap	Harus terbentuk dan diper-tahankan. Untuk mencegah kebocoran air irigasi. Petani tidak menyukai petakan yang bocor dan petakan yang dalam

5.2. Roda dan dinamika roda yang baru

Pada bagian ini prinsip-prinsip sederhana yang baru dari roda dan traktor akan dibicarakan secara singkat, menjembatani roda untuk lahan kering dan dinamika roda yang konvensional. Ini telah ditemukan dan diformulasikan di Asia pada beberapa tahun belakangan ini.

Untuk menghindari kerancuan filosofis, proses penemuan baru dan penetapan terminologi, yang telah disetujui dan dicetak oleh masyarakat akademis di beberapa negara Asia, Jepang dan Korea dan sebagai tulisan-tulisan di Jepang, Korea, China dan Thailand akan diringkas dalam tulisan ini, termasuk beberapa latar belakang penting.

Roda yang mempunyai sirip (*lugs*) yang besar disebut "roda-sirip" atau "roda bersirip". Mereka dikelompokkan ke dalam "roda ban karet" dan "roda besi" yang disebut "roda kaku" (Gbr. 5.2.1) sebagai berikut :

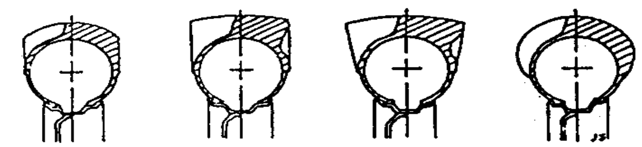


Gbr. 5.2.1. Roda ban karet dan roda besi

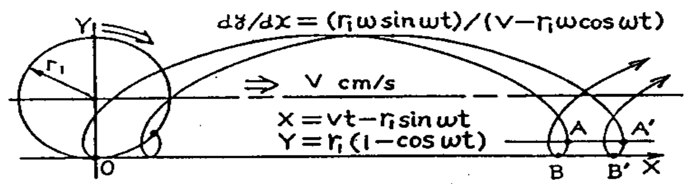
1) Roda ban karet : Di dalam katalog ada ban pertanian atau ban traktor, dan ada ban khusus untuk sawah disebut "ban sirip tinggi", "ban sirip lebar" atau "ban sirip untuk padi sawah" yang dikembangkan di Jepang pada tahun 1960-an (Gbr. 5.2.2), dimana tinggi siripnya (*lug size*) dua kali lebih tinggi, jarak sirip (*lug picth*) lebih panjang, ketebalan sirip (*lug width* atau *lug face*) lebih tipis dibanding sirip ban untuk lahan kering. Lebar keseluruhan dari sirip ban adalah lebih besar dari penampang melintang ban (lihat ASAE standar [w2])

Sirip-sirip ban ini memberi gerak naik turun pada traktor, jika sedang bergerak di atas permukaan jalan batu yang rata, kerena jumlah sirip ban yang lebih sedikit dibanding dengan jumlah sirip ban untuk lahan kering.

2) Roda besi : Ini juga dibagi menjadi roda besi untuk lahan kering dan roda besi untuk lahan sawah. Banyak sirip ditempatkan pada plat pelek dari roda untuk penggunaan di lahan kering. Untuk penggunaan di lahan sawah, sirip-sirip yang lebih lebar dan jumlahnya lebih sedikit dibanding yang ada pada roda lahan kering, ditempatkan pada rim pipa dari roda. Karena jarak sirip-sirip lebih lebar, atau *picth* sirip lebih panjang, dan jumlah sirip-sirip lebih sedikit pada pipa pelek, maka sangat efektif untuk mencegah bongkah-bongkah tanah menempel atau terperangkap di antara sirip.



Gbr. 5.2.2. Penampang melintang ban karet



Gbr. 5.2.3. Jumlah minimum kembang/sirip (Sakai)

Dengan pertimbangan bahwa jarak antara sirip harus maksimum agar gerakan sirip hanya ke arah bawah dan ke arah belakang, (dan A ke B pada Gbr. 5.2.3) di dalam tanah dan jika sebuah sirip melewati titik B, sirip berikutnya mulai menyentuh permukaan tanah, dan diharapkan gerakan sirip seperti itu akan menghasilkan hanya suatu reaksi tanah vertikal dan tarikan kotor (gross traction) dengan tahanan gerak (motion traction) yang minimum, persamaan desain berikut, untuk memperkirakan jumlah sirip minimum N_L dari roda besi padi sawah dirumuskan dari segi perencanaan desain [w1] :

$$N_L \geq 2\pi / \cos^{-1}(30\, v / \pi\, n\, r_1) \quad \text{(w1)}$$

atau $$N_L \geq 2\pi / \cos^{-1}(1 - S) \quad \text{(w2)}$$

dimana :

- v : kecepatan maju traktor yang diharapkan (cm/det)
- n : kecepatan putaran roda (rpm)
- r_1 : diameter luar roda (cm)
- S : reduksi kecepatan maju yang diharapkan (0.1, 0.2, dsb)

5.2.1. Tekanan pembebanan dan mobilitas

Rata-rata tekanan pembebanan yang diharapkan dan setiap alat penarik seperti roda, rantai (crawler), dsb., di lahan sawah, harus kira-kira 0.4 kgf/cm^2 (40 kpa), yang diperkirakan sama dengan tekanan kaki manusia ketika berjalan, agar dapat mempertahankan permukaan lapisan kedap. (lihat bab 5.1.1 dan 5.1.2.)

Untuk dapat mencapai mobilitas mesin di lahan sawah sama dengan mobilitas manusia, tekanan pembebanan dinamis dari setiap alat penarik, berdasarkan pengalaman direkomendasikan lebih besar dari 0.25 kgf/cm^2 (25 kPa) sebagai pedoman desain. Jika mesin tersebut mempunyai mobilitas lebih baik dari manusia, maka dia atau sang operator tidak mampu mengikuti mesin, menyelamatkan diri dari mesin bila terjadi kecelakaan.

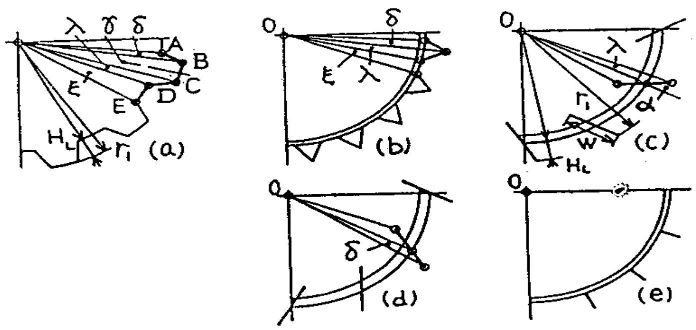
Walaupun secara umum, roda besi mempunyai kinerja total dan traksi lebih baik dibanding roda ban karet, baik di lahan sawah maupun di lahan kering, roda ban karet untuk sawah dengan sirip ban yang lebih lebar dan lebih tinggi, mempunyai kinerja traksi yang lebih baik dibanding roda ban karet untuk lahan kering.

5.2.2. Bentuk model daun kembang ban atau sirip dan klasifikasinya

Bentuk kembang ban karet didefinisikan dalam ASAE standar. [w2] Gbr. 5.2.4-a menunjukkan perbedaan cara menyatakan model daun kembang ban dimana dimensi dan sudut yang penting dinyatakan dari poros X dan Y di pusat roda, dari segi desain. Misalnya bentuk kembang ada lima yakni A, B, C, D dan E, ada parameter sudut δ, γ, λ dan ξ, jari-jari luar roda r dan tinggi daun kembang ban H_L. Geometri daun kembang ban digambarkan oleh empat permukaan lurus atau lengkung berikut :

1. Permukaan AB disebut sisi sirip belakang
2. Permukaan BC disebut muka sirip
3. Permukaan CD disebut sisi sirip depan
4. Permukaan DE disebut permukaan bawah sirip

Dengan menggunakan parameter ini, bentuk daun kembang ban dapat diklasifikasikan menjadi 4 atau 5 tipe dasar dalam pandangan dua dimensi (Gbr. 5.2.4-a-e). Contoh (e) pada gambar secara matematis dapat dimasukkan ke dalam (c) atau (d) dimana sudutnya adalah nol.



Gbr. 5.2.4. Bentuk sirip model (Kishimoto)

5.2.3. Gerakan sirip ban dan reduksi angkat ("lift reduction")

Gerakan dari sirip ban suatu roda dicirikan sebagai gerakan-gerakan "trochoid", yang secara konvensional digambarkan sebagai **"reduksi gerakan maju"** (***travel reduction***) S_H, searah dengan poros-X saja.

Pada tahun-tahun belakangan ini, muncul pemikiran adanya S_V, searah poros-Y, yang diajukan dalam tahun 1987-1988 oleh Kishimoto [w3], sehingga dapat mensimulasikan gerakan naik-turun dari traktor sebagai dampak dari sirip ban. Besaran ini, S_V, oleh Kishimoto disebut ***Jyosho-teika-ritsu*** dalam bahasa Jepang, dan oleh J. H. Taylor dan W. R. Gill disebut ***lift reduction*** dalam bahasa Inggris.

Reduksi angkat, bermanfaat untuk menyatakan berbagai gerakan vertikal dari traktor yang disebabkan oleh jumlah sirip ban atau jarak antara dua sirip pada roda besi atau ban dengan sirip tinggi. Angkatan poros roda menjadi lebih besar pada permukaan yang keras dan menjadi lebih kecil pada tanah lembek.

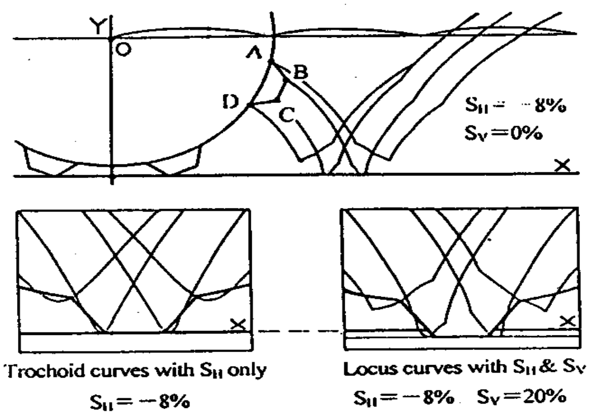
Untuk dapat mengharmoniskan dengan filosofi reduksi maju (*travel reduction*) yang konvensional, reduksi angkat, S_V % telah didefinisikan oleh Kishimoto sebagai berikut :

$$S_V \equiv (H_{V0} - H_V)/ H_{V0} \times 100\% \qquad \text{(w3)}$$

dimana :

H_{V0} : angkatan maksimum poros di atas permukaan keras

H_V : angkat sesungguhnya karena terbenamnya sirip ke tanah lembek



Gbr. 5.2.5. Contoh gerakan dari daun kembang/sirip kaku dengan reduksi maju dan reduksi angkat (Kishimoto)

Reduksi angkat 0 % menyatakan gerakan sirip di atas permukaan yang keras dan 100 % menyatakan gerakan mulus yang lurus dari pusat roda pada tanah lembek.

Gbr. 5.2.5, menunjukkan bahwa persamaan reduksi maju dan angkatan, S_H dan S_V dari titik A, B, C dan D dari sirip, memungkinkan untuk mensimulasi gerakan sirip di atas/di dalam tanah lembek dan di atas permukaan keras.

5.2.4. Gaya luar dan "tahanan angkat" (*lift resistance*)

Telah dijelaskan, dalam teori konvensional untuk beberapa dekade diketahui ada 3 macam gaya luar yang bekerja pada roda mesin-mesin pertanian sebagai berikut [w2] : (Gbr. 5.2.6)

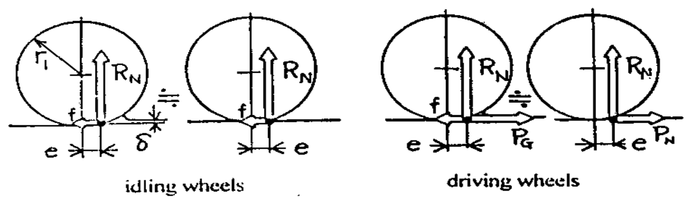
(1) **reaksi beban dinamis** R_c, mengarah ke atas
(2) **traksi kotor** P_G, mengarah ke depan
(3) **tahanan gerak**, mengarah ke belakang

$$f = \mu R \tag{w4}$$

μ adalah nisbah tahanan gerak, dan traksi bersih P_N dihitung dari persamaan,

$$P_G - f = P_N \tag{w5}$$

Telah ditemukan dalam tahun 1987-1988 dan dilaporkan dalam tahun 1991 oleh Sakai bahwa roda bersirip yang beroperasi di lahan sawah mengalami suatu gaya luar yang besar, R_L, yang mengarah ke bawah, yang menahan gerakan ke atas dari sirip pada bagian dasar atau bawah dari gerak trochoidal, akan terjadi pada sirip. [w5, w11] Gaya ini, R_L, sekarang baru diberi nama di hanya tiga negara,1997, ***Jyosho-teikoh-ryoku*** **dalam bahasa** Jepang, *lift resistance* dalam bahasa Inggris, oleh **Taylor dan Gill,** ***sangseung-jeohang-ryeok*** dalam bahasa Korea oleh Choe. [w5, w9, w10]



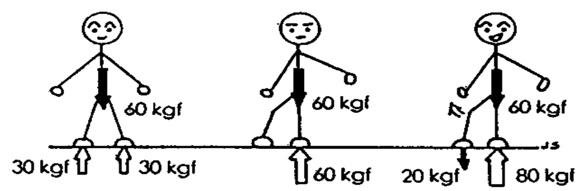
Gbr. 5.2.6. Pernyataan konvensional dari gaya-gaya

Dibutuhkan waktu 2 tahun oleh dua kelompok peneliti, untuk masing-masing membuat "sensor yang baru" [w4, w6], dan berikut ini adalah hasil-hasil yang telah diperoleh.

Faktor mendasar yang memberi kontribusi pada tekanan angkatan adalah tahanan ke arah bawah, A_P, yang bekerja pada muka kembang ban atau muka sirip pada permukaan tanah, A_P, disebut "contra-retractive-adhesion" oleh M. F. Oduari [w5] atau "perpendicular adhesion" oleh Choe [w7].

Masih ada faktor lain yang mempengaruhi tekanan angkatan seperti kadang-kadang terjadi gesekan dari sisi sirip depan atau belakang dan lumpur yang lengket pada sirip, dsb. Data eksperimen pada soil-bin menunjukkan bahwa gaya-gaya ini kecil, hanya berkisar beberapa sampai 10 % dari total tahanan angkat dalam reduksi maju yang besar.

Dinamika kendaraan konvensional dari suatu kecepatan yang rendah atau lambat dan konstan menunjukkan bahwa jumlah beban dinamis yang bekerja pada keempat rodanya, secara rata-rata, sama dengan berat total mesin tersebut. Akan tetapi dalam tahun 1993, Choe [w7, w9, w10] menemukan bahwa "di atas permukaan tanah yang lengket seperti permukaan lapisan kedap di sawah, beban dinamis aktual, R_A, yang bekerja pada roda 2, jauh lebih besar dibanding beban dinamis, R_C, sebagaimana dimaksud dalam dinamika roda dan traktor yang konvensional". Dengan kata lain, "jumlah beban dinamis aktual yang bekerja pada semua roda, ΣR_A, yang bekerja pada roda dua, jauh lebih besar dibanding berat traktor atau kendaraan bersangkutan, W_T".



Gbr. 5.2.7. Kejadian aktual dari gaya-gaya pembebanan yang bekerja pada kaki manusia (Sakai)

Gbr. 5.2.7 menunjukkan prinsip-prinsip bagaimana seseorang dengan berat 60 kgf (588 N), W_T, menghasilkan 80 kgf (784 N) beban, R_A, pada kaki kirinya di atas tanah lengket, sebagai akibat 20 kgf (196 N) tahanan angkatan, R_L, pada kaki kanannya. ($W_T < R_A$) Kishimoto menyebut [w8] ini sebagai **fenomena pindah beban** (*load transfer phenomena*). Untuk menyelaraskankan dengan definisi dan data konvensional dari perbandingan beban dinamis dan tahanan gerak atau efisiensi traksi, dsb., **"nisbah tahanan angkat"** (*lift resistance ratio*) C_{LR}, telah didefinisikan sbb. [w9, w10] :

$$C_{LR} \equiv R_L /(R_A - R_L) \equiv R_L / R_C \qquad \text{(w6)}$$

Definisi lain, $C_{LR} \equiv R_L / R_A \equiv R_L /(R_C + R_L)$, secara ilmiah memang murni, tetapi tidak praktis, karena biasanya sangat sulit untuk mengenal secara terpisah R_A dan R_L dari traktor.

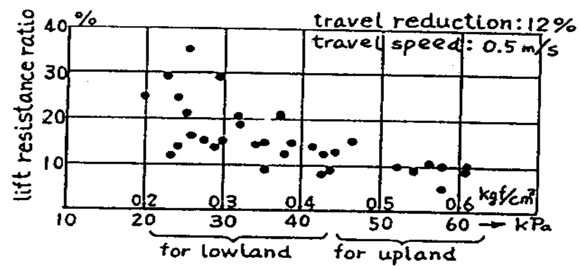
R_A : **beban dinamis aktual** dengan tahanan angkat :

$$R_A = |R_C| + |R_L| \qquad \text{(w7)}$$

R_C : beban dinamis asli (*original*) tanpa tahanan angkatan diatas permukaan tanah yang kering, dan dapat dihitung.

Secara eksperimen telah dibuktikan oleh Choe dan Kishimoto [w12] bahwa perbandingan tahanan angkatan, C_{LR} terhadap beban dinamis asli berada pada kisaran 0.05-0.35 (**Gbr. 5.2.8**) yang sama atau lebih besar dari perbandingan tahanan gerak, dan semakin besar kecepatan kembang ban/sirip, nilai perbandingan juga semakin besar.

Karena itu, nilainya lebih besar dari 0.35, mungkin 0.4-0.5, dan ini diharapkan bukan saja pada roda besi bersirip, tetapi juga pada sepatu traktor rantai kecepatan tinggi yang berjalan di atas tanah berliat basah. Data-data tersebut di atas diamati pada awal eksperimen di tahun 1990 di Universitas Kyushu, Jepang. Dan sampai saat ini, 1997, belum dibuktikan dengan sempurna.



Gbr. 5.2.8. Nisbah tahanan angkat (Choe dan Kishimoto)

5.2.5. Lokasi kerja tahanan angkat

Adalah hal yang mendasar untuk menganalisa 3 faktor dari suatu gaya : besaran, arah dan lokasi bekerjanya gaya pada sasaran. Akan tetapi lokasi kerja tahanan angkatan dapat berubah-ubah, sehingga sulit untuk menghitung jarak lokasi. Dari segi teknik desain, perkiraan yang cukup memadai dapat dibuat dengan cara yang sama seperti pada beban dinamik. Persamaan untuk menghitung jarak lokasi "e" beban dinamik R_C untuk roda berjari-jari r adalah dari tahanan gerak f adalah : (Gbr. 5.2.6)

$e = \mu r \;\therefore\; R_C e = f(r - \delta)$ $\quad \delta \rightarrow$ sangat kecil [w8]

dimana :

δ : tinggi titik aksi tahanan gerak dari keliling lingkaran roda, dan kurang dari separuh roda terbenam atau mengalami deformasi.

μ : perbandingan tahanan gerak $\mu = f / R_C$

Persamaan praktis untuk jarak lokasi ε dari tahanan angkat adalah : (Gbr. 5.2.9) [w9, w11]

1. Roda ban karet dengan kembang ban

$\varepsilon = (2rD - D^2)^{1/2}$ $\quad \therefore r^2 - \varepsilon^2 = (r - D)^2$ [w9]

2. Roda besi dengan sirip

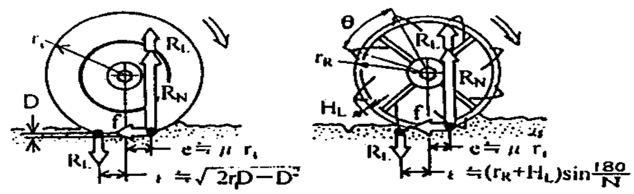
$\varepsilon = (r + H_L) \sin(180/N)$ $\quad \therefore \theta = 360/2N$ [w10]

dimana r : jari-jari roda

D : deformasi ban ke arah jari-jari (cm)

N : jumlah sirip ban

θ : sudut lokasi sirip ban (^{0})



Gbr. 5.2.9. Suatu pernyataan baru dari gaya-gaya luar yang bekerja pada roda yang diam (Sakai)

Kesalahan perhitungan dari ε atau e dalam keseimbangan momen dari benda bebas untuk keseluruhan mesin adalah kecil.

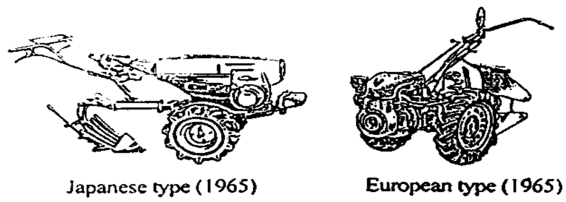
Prinsip-prinsip untuk dinamika traktor pada permukaan tanah lengket ini dapat dipergunakan pada permukaan tanah kering dengan cara mensubstitusi nilai lift resistance menjadi lebih kecil atau nol.

Kemudian pengembangan selanjutnya bagi dinamika kendaraan dan traktor, berdasarkan dinamika roda dan roda rantai (*crawler*) yang baru dengan tahanan angkat tersebut, diharapkan akan terjadi pada abad 21 mendatang.

5.3. Bajak dan pembajakan dengan traktor roda-2

Agar dapat diterima dengan memuaskan oleh para petani, kinerja dari traktor kecil dan bajaknya harus lebih baik dari pada tenaga ternak dan bajak tradisional yang merupakan alat yang telah biasa digunakan petani. Karena itu mesin harus mampu membajak dengan sempurna, stabil, dinamika keseimbangannya sempurna, dan harus dapat dioperasikan dengan lepas tangan atau stang kendali tidak perlu dipegang. Semua ini, hanya dapat diwujudkan oleh insinyur yang benar-benar mengerti prinsip-prinsip pembajakan dan teknologi tradisional dari bajak domestik di tarik hewan serta teknologi traktor roda-2.

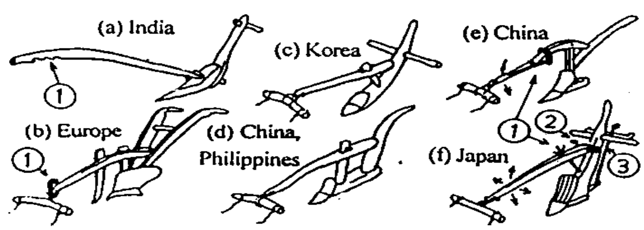
Bajak yang digandengkan di belakang traktor roda-2 (Gbr. 5.3.1) dapat dipisahkan menjadi 2 tipe : tipe Eropa dan tipe Jepang.



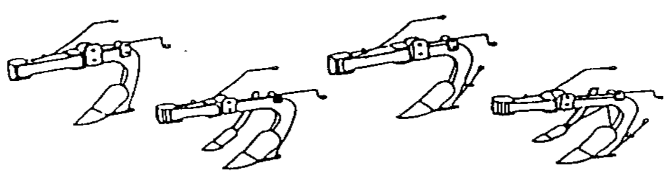
Gbr. 5.3.1. Traktor roda-2 dengan bajak

5.3.1. Perbedaan Bajak Eropa dan Bajak Asia

Pada zaman tenaga pertanian menggunakan tenaga hewan, bajak Eropa dikembangkan untuk lahan kering, sedang bajak Asia, dikembangkan untuk lahan sawah. **Gbr. 5.3.2-a, b dan c** menunjukkan beberapa contoh bajak terbuat dari kayu yang orisinil yang ditarik oleh hewan. **Gbr. 5.3.3**, menunjukkan hanya bajak-bajak yang utama untuk traktor roda-2 di Jepang sejak tahun 1960-an.



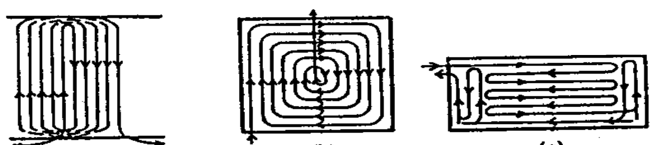
Gbr. 5.3.2. Bajak setempat yang ditarik ternak



Gbr. 5.3.3. Bajak Jepang untuk traktor roda-2

5.3.1.1. Teknologi pembajakan pada petakan kecil

Ada dua pola pembajakan dan berbagai modifikasinya untuk petakan yang luas. (Gbr. 5.3.4) Yang pertama adalah metoda pembajakan bolak-balik (a) dan yang kedua adalah metoda pembajakan melingkar kontinu (b). Kedua pola pembajakan ini dilakukan oleh petani dengan hati-hati dan pertimbangan bahwa potongan tanah (furrow slices) dikumpulkan atau disebarkan agar lapisan olah menjadi datar dan rata di seluruh petakan.



Gbr. 5.3.4. Metode pembajakan

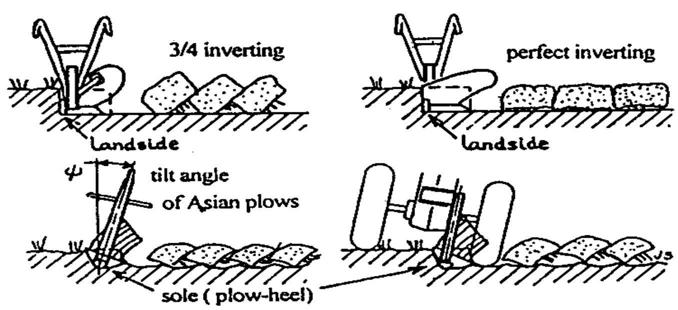
Akan tetapi pada petakan kecil, pola pembajakan ini tidak begitu praktis. Pola ini, yang mengharuskan mengangkat bajak ketika melintas di *head land* atau ujung lapangan, menyebabkan pemadatan pada *head land* akibat pelintasan berulang-ulang , sedang pembajakan yang kontinu, akan ketidaknyamanan karena sering berbelok di bagian tengah lahan yang kecil. Masalah dari kedua pola di atas untuk petakan kecil adalah buruknya kerataan permukaan lapisan olah setelah pembajakan. Karena itu dengan menggenangi petakan dengan air irigasi, untuk meratakan tanah petani masih harus melakukan pekerjaan pelumpuran. Maka jika ada bajak yang praktis, yang mempunyai fungsi yang dapat di bolak-balik, pola pembajakan kontinu, (c) akan menjadi populer untuk petakan yang sempit.

Di museum-museum di negara-negara Asia ada banyak bajak masa lampau dimana mata bajak (*share*) dan singkalnya (*moldboard*) yang berbentuk simetris yang ditempatkan di bagian ujung dasar bajak atau di ujung bawah batang kendali bajak. (lihat (c) dan (d) pada Gbr. 5.3.2) Bajak-bajak tersebut dimaksudkan untuk digunakan sebagai bajak bolak-balik (*reversible plow*), dengan cara mengubah arah pembalikan potongan tanah dengan mengubah sudut potong (*tilt angle*) (lihat bab 5.3.1.2 berikut) dengan mengatur batang kendali bajak ke kiri atau ke kanan, dan petakan sawah akan diolah dengan metoda bolak-balik kontinu di masa lalu. Bajak domestik Asia ini pada mulanya adalah sederhana tetapi nyaman digunakan pada petakan sawah kecil.

5.3.1.2. Mata pisau, singkal dan potongan tanah

Bentuk mata pisau bajak Eropa adalah seperti sebuah trapesium sempit, sementara mata pisau Asia, seperti segitiga lengkung, atau setengah bentuk elipsnya mempunyai dua mata pisau yang sama. **Gbr. 5.3.5** menunjukkan penampang melintang dari kedua potongan tanah (*furrow slices*). Singkal bajak Eropa mempunyai bentuk yang halus atau landai dan memberikan pembalikan yang sempurna pada potongan tanah yang berkadar air rendah dan biasanya sisa-sisa tanaman, batang/akar-akar semak, dan gulma dikubur sempurna di bawah tanah yang telah dibajak.

Akan tetapi bajak Asia, tidak perlu membalik potongan tanah dengan sempurna. Karena dalam pertanian lahan sawah, sisa-sisa tanaman dan gulma dicampur dan dibenamkan di bawah permukaan tanah selama proses pelumpuran dengan air irigasi setelah pembajakan sebelum penanaman (*transplantation*).



Gbr. 5.3.5. Bajak, alur dan mesin

5.3.1.3. Prinsip-prinsip pendukung pada kesatuan bajak (*plow bottom*)

Seperti terlihat pada **Gbr. 5.3.5**, bajak Eropa didukung oleh *landside* yang bentuk penampang melintangnya lurus dan tegak untuk menahan gaya samping yang kuat yang dihasilkan oleh mata bajak dan singkalnya, dan untuk meminimumkan terbentuknya lapisan kedap. Akan tetapi dasar dari bajak Asia didukung oleh "sol" atau alas bajak terbuat dari kayu atau besi dan mempunyai permukaan dasar yang luas, untuk dapat mendukung bajak di atas tanah basah, dan membantu membentuk serta mempertahankan lapisan kedap. (lihat bab 5.1.1)

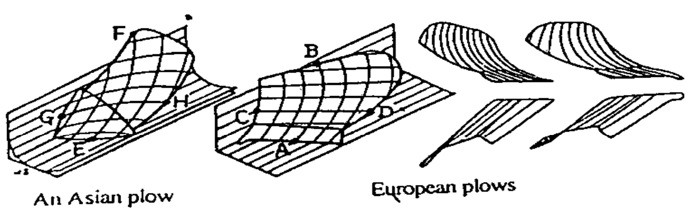
5.3.1.4. Prinsip operasi batang kendali

Seperti ditunjukkan pada **Gbr. 5.3.5**, prinsip operasi bajak yang penting untuk bajak singkal Eropa bahwa batang kendali, ekor bajak, harus tetap dipertahankan tegak lurus terhadap topsoil, karena pisau atau mata bajak harus sejajar dengan lapisan olah. Prinsip ini mungkin mudah bagi petani operator pembajakan. Akan tetapi justru prinsip ini menjadi masalah teknis dalam pengembangan bajak Eropa untuk traktor roda-2 karena traktor roda-2 akan selalu dalam posisi miring selama pembajakan.

Di Asia, batang kendali dari bajak setempat yang ditarik ternak, tidak saja didukung oleh posisi yang tegak lurus, tetapi juga dengan sudut yang optimum ϕ 15^0 - 30^0 ke kiri atau ke kanan, sehingga dapat memberi efek pelemparan dan pembalikan pada potongan tanah. Sudut ϕ ini (Gbr. 5.3.5) disebut *rishin-kaku* dalam bahasa Jepang, dan diterjemahkan ke dalam bahasa Inggris, *tilt angle*. [p2, p3, p7]

5.3.1.5. Tahanan spesifik

Tahanan spesifikasi, kgf/cm^2 (N/ cm^2) dari bajak, berubah-ubah, tergantung pada tipe tanah, bentuk bajak dan kecepatan pembajakan. Bentuk dari pisau bajak dan singkalnya dapat dianalisa dengan profilograph sebagai berikut.



Gbr. 5.3.6. Arti dari gambaran profilograph

Gbr. 5.3.6, menunjukkan contoh perbandingan bajak Eropa dan bajak Asia dengan menggunakan garis-garis lengkung tampilan profilograph.

Bajak Eropa menunjukkan bahwa potongan tanah dipotong oleh pisau yang menerima gaya samping yang kuat ditambah tahanan potongan mengarah ke belakang, dari tanah yang diolah. Kemudian, potongan akan menerima gaya angkat secara bertahap sepanjang kurva AB. Akan tetapi, jika pisau atau *disk-coulter* tidak dipasang di ujung depan titik bajak, maka potongan tanah akan menerima secara mendadak gaya samping yang kuat sepanjang singkal yang hampir membentuk garis lurus CD, untuk memperoleh pembalikan potongan tanah yang lebih baik. Bajak Eropa mempunyai *landside* yang panjang untuk dapat menahan gaya samping yang besar seperti itu yang ditimbulkan oleh bajak tersebut. Beberapa bajak Eropa mempunyai singkal dengan garis lengkung CD.

Pisau bajak Asia mempunyai dua mata atau sisi pemotong, dengan sudut antara yang kecil (*rake-angle*), jika lengkung permukaan pisau rasional. Kedua sisi pisau memberikan efek saling meniadakan gaya samping. Potongan tanah secara bertahap diangkat sepanjang garis-garis lengkung EF dan GH, tanpa gaya khusus untuk membalikkan potongan tanah diberikan oleh pisau dan singkal atau garpu-singkal (*mold-fork*). Pembalikan potongan tanah hanya dibantu oleh bagian atas dari singkal yang dilengkungkan (*twisted moldboard*) atau oleh *flexible mold-fork* [1948, S. Takakita, Patent No. 184859]. Karena itu bentuk yang unik dari dasar bajak Asia sesungguhnya beralasan mengapa berbeda dengan bentuk landside bajak Eropa.

Secara umum, tahanan spesifik bajak Asia yang modern, lebih kecil dibanding tahanan spesifik bajak Eropa.

5.3.2. Mengontrol kedalaman, lebar dan arah pembalikan potongan tanah

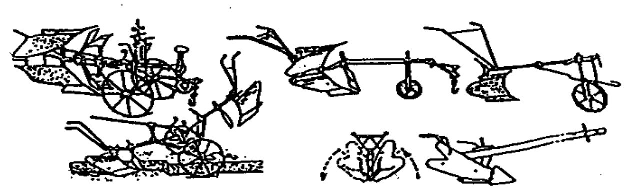
Petani perlu menyesuaikan kedalaman dan lebar pembajakan sesuai dengan kondisi tanah. Untuk memenuhi kebutuhan ini, pada zaman pembajakan ditarik hewan, mekanisme pengaturan yang asli telah dikembangkan, dan bajak Jepang memiliki sekrup dan tuas pengatur dekat batang kendali bajak, sementara bajak Eropa tidak mempunyai mekanisme seperti itu.

Untuk mengatur kedalaman pembajakan seperti ditunjukkan oleh (1) dalam Gbr. 5.3.2, "sudut draft bajak" dari bajak Eropa (b) terhadap permukaan tanah disesuaikan dengan mengubah tinggi dari titik gandeng (hitch hole) di ujung bajak, kemana batang tarik diikatkan. Bajak Jepang (f) mempunyai "sekrup pengontrol kedalaman pembajakan" (1) (S. Ohtsu,, 1902, Patent No. 5317, Japan). [p1] untuk mengatur tinggi titik gandeng pada ujung batang bajak. Di Jiangsu, Cina, dalam tahun 1983, terdapat bajak kayu setempat (e) yang mempunyai cara mengontrol kedalaman pembajakan dengan menggunakan lubang-lubang yang ada pada plat vertikal serta pinnya, dimana batang bajak dapat ditekuk mengitari poros lateral, sedang penciptanya sendiri tidak dikenal.

Untuk mengatur lebar pembajakan, bajak Eropa (b) mempunyai batang bajak dengan dudukan yang tetap, di ujung batang ada lubang-lubang pada plat lateral, tempat batang tarik (*yoke*) dihubungkan. Bajak Jepang, mempunyai "alat pengontrol lebar pembajakan" (2) yang memungkinkan gerak ayun batang bajak ke samping (1902, S. Ohtsu, patent no. 5317, Japan) [p1]

Masih ada lagi pengembangan bajak yang lain, yakni "bajak bolak-balik' (*reversible plow*) untuk membuat lapisan olah menjadi rata. Bajak Jepang ini, "tuas pembalik arah" (*turn wrest-lever*) (3) di belakang batang kendali bajak untuk membalikkan arah pembalikan potongan tanah. (1901, G. Matsuyama, Patent No. 4975, Japan) [p1] Kegunaannya adalah memutar pisau dan singkal bajak mengitari poros longitudinal, ke arah kiri atau kanan.

Dalam bahasa Jepang, bajak ini disebut *soh-yoh-suki* atau *turn-wrest plow* dalam bahasa Inggris. Ada beberapa jenis bajak bolak-balik atau *reversible plow* Eropa pada era tenaga ternak. Dan *reversible plow* Eropa untuk traktor roda-2 pada tahun 1960-an mempunyai 2 badan bajak. [p3]



Gbr. 5.3.7. *Reversible* atau *two-way-plows* Eropa

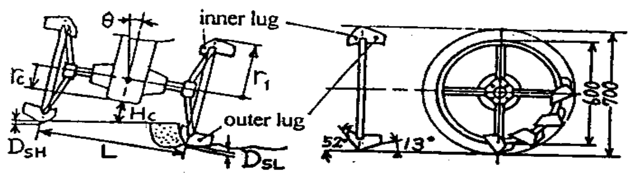
5.3.3. Roda besi bersirip untuk membajak dan kedalaman pengolahan tanah

Hubungan antara bajak dan roda penggerak traktor adalah sama hal nya dengan bajak yang ditarik ternak dengan pelana dari hewan penarik. Pembajakan yang baik akan diperoleh dengan roda yang rasional atau tepat serta bajak yang baik.

Biasanya pembajakan sawah dimulai pada permulaan musim hujan dengan kadar air tanah yang rendah, setelah selama setengah tahun musim kering dan sebelum sawah digenangi dengan air irigasi untuk proses pelumpuran. Karena itu dengan menggunakan sepasang roda besi yang dibuat khusus untuk membajak adalah efektif bagi pembajakan bahkan tanpa harus memegang kemudi traktor. (lihat bab 5.3.4)

Gbr. 5.3.8, menunjukkan hubungan timbal balik antara roda pembajakan. Sirip luar dan sirip dalam dari roda harus mempunyai bentuk yang rasional, cocok untuk permukaan tanah. Ada beberapa teori dan persamaan desain roda bersirip untuk membajak dikembangkan oleh Surin [w1. p7] (lihat v. 1-B). Dengan kedalaman maksimum H_M maka jari-jari luar rasional roda untuk pembajakan diperoleh sebagai berikut:

$$r_1 = [L(H_M + D_{SL} + D_{SH})/2\ \{L^2 - (H_M + D_{SL} - D_{SH})^2\}^{1/2}] + r_C + H_C \qquad (p1)$$



Gbr. 5.3.8. Roda untuk membajak (Surin)

dimana :

L : lebar aktual "wheel tread" (cm)

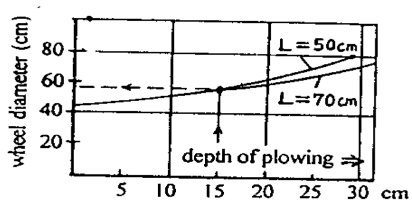
H_M : kedalaman pembajakan maksimum (cm)

D_{SL} : kedalaman terbenamnya roda di atas lapisan kedap (cm)

D_{SH} : kedalaman terbenamnya roda di atas permukaan lapisan olah (topsoil) (cm)

r_C : jari-jari dasar dari rumah gigi transmisi (cm)

H_C : jarak dari permukaan tanah (*ground clearance*) yakni antara titik pusat dasar rumah gigi dengan permukaan lapisan olah dalam desain (cm)



Gbr 5.3.9. Diameter roda untuk membajak (Surin)

Gbr. 5.3.9, menunjukkan bahwa diameter roda antara 50-60 cm mungkin cukup normal untuk traktor roda-2 dalam membajak dengan kedalaman pembajakan 12-15 cm (di beberapa negara berkembang, traktor roda-2 dilengkapi dengan roda sangkar berdiameter 800-850 mm, untuk digunakan di sawah yang dalam dengan kedalaman pembajakan (topsoil) 20-30 cm. (lihat 5.5.1 (2)) Pesamaan kedalaman pembajakan H_M yang diperoleh Surin dari persamaan (p1), menunjukkan bahwa kedalaman pembajakan tidak hanya ditentukan oleh struktur bajak saja. [p5]

5.3.4. Prinsip-prinsip operasi keterampilan membajak

Traktor roda-2 dengan pengaturan yang optimum (*optimum setting*) dari roda dan bajak akan mampu menghasilkan pembajakan yang mulus dan baik dengan pengendalian seminimum mungkin, bahkan dengan lepas tangan. **(Gbr. 5.3.10)**

Gbr. 5.3.10. Pertunjukan pembajakan dengan lepas tangan memanfaatkan teknologi keterampilan membajak (1955, Surin) (Dalam prakteknya, petani biasanya masih meletakkan tangannya pada (menyentuh) kemudi traktor)

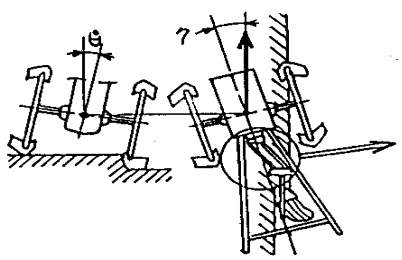
Untuk dapat memperoleh pembajakan yang rata seperti di atas, prinsip-prinsip dan teknologi berikut harus diterapkan :

5.3.4.1. Menetapkan titik berat

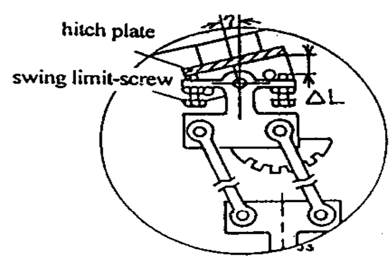
Titik berat dari keseluruhan mesin di atas permukaan tanah yang rata harus ditempatkan di atas titik tengah poros penggerak roda. Penentuan titik berat ini dapat diperoleh dengan menambah beban tambahan pada bajak, jika diperlukan.

5.3.4.2. Sudut penyimpangan (*deviating angle*) dari traktor yang sedang membajak

Traktor yang sedang membajak menunjukkan gerakan-gerakan terangguk-angguk, bergelinding, oleng (*pitching, rolling* dan *yawing motions*), yang menyebabkan traktor bergerak tidak beraturan ke kiri atau ke kanan. Untuk dapat mencapai gerakan traktor yang stabil dan lurus dengan arah alur pembajakan, maka posisi traktor harus dibuat menyimpang dari arah maju ke arah tanah yang belum terbajak dengan sudut tertentu η. **Gbr. 5.3.11)** Sudut η, untuk traktor yang sedang membajak telah dianalisa dan disebut dalam bahasa Inggris oleh Surin, sebagai "deviating angle". [p5, p7] Secara umum, sudut penyimpangan yang optimum, 4-6^0, dapat diperoleh dengan menggunakan sekrup pembatas "ayunan" *swing limit screw* pada "bantalan gandeng" (*hitch plate*) **(Gbr. 5.3.12)**, dengan memberikan celah penstabil optimum (*optimum stabilizing clearance*), ΔL, diantara *limit screw tip* dan *hitch plate*.



Gbr. 5.3.11. Sudut penyimpangan η



Gbr. 5.3.12. Celah penstabil ΔL

Untuk menentukan sudut penyimpangan η dengan *stabilizing clearance* ΔL dari mekanisme penggandengan dan roda yang tepat adalah kunci untuk mencapai pembajakan yang mudah dikendalikan oleh tangan (*master hand-plowing*). Dalam kenyataannya, petani menggandengkan bajak pada traktor dan menyetel bajak sehingga memiliki ayunan lateral 8^0-12^0, 2 η terhadap traktor. Dengan demikian, traktor akan bergerak maju sepanjang atau mengikuti arah dinding alur, jika roda yang digunakan memang tepat.

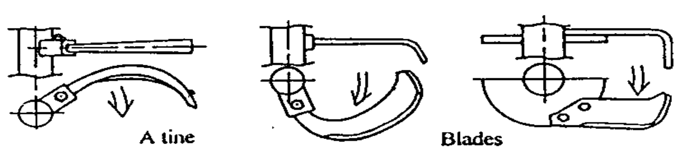
Sejarah telah menunjukkan, mesin yang kecil dan ekonomis tersebut, 4-7 PS (2,9 - 5,2 kW), dengan teknologi pembajakan yang dikembangkan dari bajak asli Jepang, diterima secara antusias oleh petani-petani di seluruh Jepang sejak 1955, dan dalam waktu 15 tahun, 1955-1970, mereka berhasil berubah dari pertanian dengan tenaga hewan ke traktor roda-2.

5.4. Bajak rotari (alat pengolah tanah rotari) dan pembajakan rotari

Alat pengolah tanah rotari adalah alat pengolah tanah modern yang digandengkan di belakang traktor (lihat bab 2.4. tipe traksi) dan disebut *rotary cultivator* atau "rotor" dan sebagainya. Awalnya, rotavator adalah nama dagang dari alat pengolah tanah rotari yang diproduksi oleh Howard Rotavator Company di U. K.

Pada bagian ini, akan dibicarakan prinsip-prinsip dan garis-garis besar desain dari alat pengolah tanah rotari yang digandengkan dengan traktor roda-2, yang disebut *rotary power tiller*. Banyak dari prinsip-prinsip ini, mungkin bermanfaat untuk alat pengolah tanah rotari yang digandengkan di belakang traktor roda-4, demikian juga sebaliknya.

Alat pengolah tanah *rotari tillers* mengolah tanah dengan menggunakan bermacam-macam bentuk bilah pisau atau *knife-blades* atau *tines*. (Gbr. 5.4.1) yang dipasang pada poros lateral berputar yang digerakkan oleh motor. Ada beberapa jenis pisau rotari misalnya bentuk paku atau kait *a pick tine* atau *a hook tine* yang mempunyai tahanan pengolahan tanah lebih kecil dibanding tahanan pisau rotari berbentuk bilah. Akan tetapi mereka lenyap dari pasar karena mempunyai kecenderungan mengait sisa-sisa tanaman.



Gbr. 5.4.1. *Tines* dan *blades* untuk mengolah tanah

Bilah atau pisau disebut bilah pisau rotari "alat pengolah tanah rotari blades" atau *tiller blade*, *tillage blade*, *rotor blade* dan sebagainya. Poros lateral disebut poros rotari "alat pengolah tanah rotari shaft", *tiller shaft*, *tillage shaft*. Kecepatan putaran poros rotari biasanya berkisar 150-400 rpm seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Rpm dari *tillage shaft*

rpm	pengolahan untuk	kecepatan maju (cm/det)
150-200	tanah pasir atau tanah gembur basah	50-70
200-300	tanah biasa atau tanah lengket	30-50
300-400	sangat lengket atau tanah kering dan keras	20-30

Catatan : Poros dari motor tiller berputar pada 40-70 rpm

Kecepatan putaran lebih dari 400 rpm, secara umum tidak praktis, menyebabkan kehilangan tenaga karena pemecahan tanah secara keras dan pelemparan tanah ke belakang dengan kecepatan tinggi, dan pemotongan tanah yang terlalu halus karena panjang potongan (*bite length*) sangat pendek, dsb.

Kecepatan maju 50-70 cm/det sangat berguna untuk pengolahan tanah diantara barisan tanaman, atau penyiangan diantara barisan tanaman (dengan atau tanpa pembuka alur) sayur-sayuran atau buah-buahan. Tempat duduk untuk operator (driver) dipasang di belakang tiller, sebagai pengganti roda belakang, sedangkan pengendalian traktor dilakukan oleh roda tunggal yang di kontrol oleh kaki operator.

Pitch pengolahan, P, dari pisau dihitung dengan :

$$P = 60\ v/(nZ) \qquad (r1)$$

dimana,

v : kecepatan maju alat (cm/det)

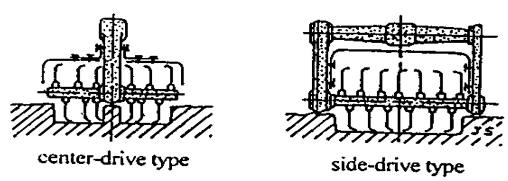
n : kecepatan putaran poros rotari (rpm)

Z : jumlah pisau dalam satu bidang rotasi
(Z bernilai satu untuk pisau berbentuk-C).

Akan tetapi, panjang gigitan aktual (actual bite), P_A, jauh lebih pendek daripada nilai pengolahan pitch P hasil perhitungan, tergantung pada sobekan (shearing) dari bilah-ujung-pisau tetangganya. (Gbr. 5.4.8) Panjang P_A ini merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi tahanan pengolahan tanah. [r5]

5.4.1. Penyaluran tenaga dan kedalaman pembajakan

Ada dua tipe mekanisme penyalur tenaga yakni tipe penggerak tengah (*center drive*) dan tipe penggerak samping (*side-drive*) (Gbr. 5.4.2).



Gbr. 5.4.2. Tipe penyaluran tenaga

Tipe penggerak tengah digunakan hanya untuk traktor kurang dari 8 HP karena dua masalah teknis. Pertama adalah masalah struktural relatif terhadap sifat-sifat alami "cantilever" dari poros rotari yang dipikul oleh poros penggerak. Yang kedua adalah masalah dalam mengolah tanah di bawah rumah gigi, karena pisau-pisau rotari tidak dapat mengolah tanah di daerah lateral tersebut. Ada beberapa mekanisme untuk dapat mengolah tanah di daerah bawah rumah gigi tersbut.

Salah satu bagian yang penting dalam desain alat pengolah tanah rotari adalah desain sproket akhir atau gigi dalam rumah gigi reduksi akhir. Biasanya rumah gigi tidak bergerak di dalam tanah. Karena itu kedalaman pembajakan maksimum, H_M, yang harus dispesifikasikan dalam katalog, ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut : (Gbr. 5.4.3 dan persamaan r2) [r1]

$$H_M = r3 - R_T \qquad \text{(r2)}$$

dimana :

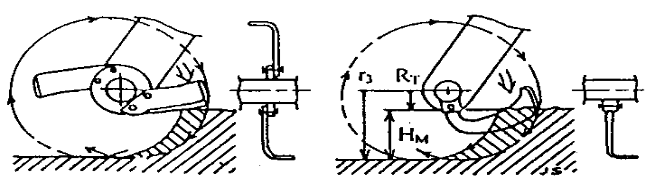
r3 : jari-jari putaran dari pisau-pisau rotari

R_T : jari-jari dasar dari rumah gigi reduksi akhir

Karena itu, jari-jari dari gigi-gigi reduksi akhir atau sproket harus kecil agar jari-jari dasar rumah giginya juga kecil, dan seal oli pada kedua journals (sambungan) antara poros penggerak pada rumah gigi dan rangka pendukungnya harus sempurna dalam mencegah masuknya debu dan air di lahan sawah.

5.4.2. Tipe dan karakteristik dari pisau alat pengolah tanah rotari :

Pisau-pisau (blades) dibedakan menjadi dua katagori : pisau-pisau tipe Eropa disebut **pisau tipe-L**, dan pisau-pisau tipe Jepang disebut **pisau tipe-C** (**Gbr.5.4.3**).



Gbr. 5.4.3. Pisau-pisau tipe L dan C

Pisau tipe-L diciptakan oleh A. C. Howard di Belanda (Netherland) untuk mengolah lahan kering pada tahun 1922. Pisau-pisau ditempelkan pada piring pemegang (disk dudukan bilah) yang menyatu dengan poros rotari. Bentuknya sederhana dan ketebalan pisau seragam atau sama dan mudah dalam pembuatannya. Akan tetapi, pisau tipe-L, sulit digunakan di sawah, karena sulit memotong sisa-sisa tanaman dan gulma, tetapi di lahan kering, mereka mudah terpotong. Lagipula, jerami mempunyai kekuatan tarik yang lebih besar dibanding batang gandum atau sisa-sisa tanaman lainnya. Sehingga pisau-pisau iller sangat mudah mengait jerami dan menggulungnya menjadi "drum jerami".

Pisau tipe-C, khusus diciptakan untuk digunakan di lahan sawah (1940, K. Honda dan R. Satoh, Patent No. Shou-15-15990, Japan). Pisau ini mempunyai lengkungan dan bengkokan dengan ketebalan yang berubah, mulai dari pangkal sampai ke ujung, yang membutuhkan beberapa proses dalam lini produksinya mulai dari *forging* atau penempaan sampai kepada *roller* atau *press forming* atau pembentukan. Pisau tipe-C akan bebas dari masalah kait mengait dengan sisa-sisa tanaman, jika kurva sudu atau *edge-curve* nya rasional. (lihat bab **5.4.5.4**) Biasanya, pisau ini ditempelkan pada dudukan bilah dengan sebuah baut seperti terlihat pada **Gbr. 5.4.3** dan **5.4.4**.

Sejak tahun 1970-an, telah ada pisau Eropa berbentuk-C yang dibuat di Jepang. Pisau ini dipasang pada piring pemegang atau "disk dudukan bilah flange" dengan 2 baut.

5.4.3. Gaya-gaya luar yang bekerja pada alat pengolah tanah rotari

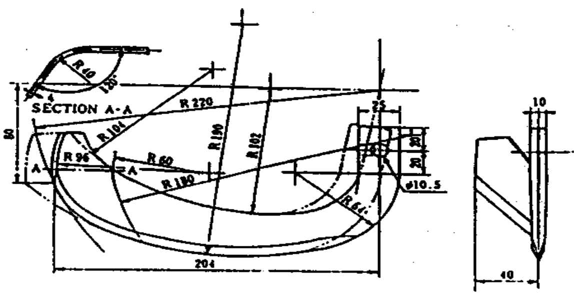
Ada dua macam gaya luar yang bekerja pada alat penggerak tanah rotari yang digandengkan pada traktor roda-2 sebagai berikut :

1. Gaya-gaya tahanan pengolahan tanah, yang bekerja pada pisau-pisau rotari.
2. Gaya reaksi dari beban dinamis, yang bekerja pada roda stabilizer (roda penyeimbang) belakang, yang mengontrol kedalaman pembajakan.

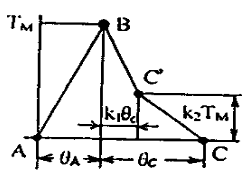
5.4.3.1. Gaya tahanan pengolahan tanah yang bekerja pada pisau-pisau rotari

Adalah gaya tahanan pengolahan tanah yang bekerja pada semua pisau-pisau rotari yang berhubungan dengan tanah. Karakteristik dari gaya-gaya untuk pisau berbentuk-L, dilaporkan pada tahun 1950-an dan 1960-an oleh Sohne [r2] dan Bernacki [r3].

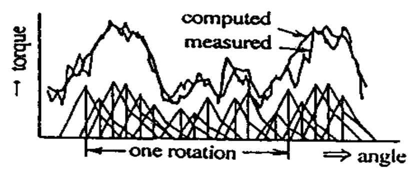
Karakteristik dari kurva tahanan torsi pisau berbentuk-L telah juga dipelajari sejak tahun 1950-an dan kurva torsinya yang diukur dengan *strain-gauges* juga dibahas. [r1] Fungsi regresi untuk menggambarkan gaya-gaya pada pisau-pisau yang berinteraksi dengan tanah lempung berliat telah diperoleh pada tahun 1977 [r5], dan telah dibuktikan secara eksperimen bahwa kurva torsi yang mewakili nilai-nilai dari tahanan pengolahan tanah total yang bekerja pada poros rotari yang dihitung dengan fungsi-fungsi regresi tersebut adalah sama dengan yang diukur secara eksperimen [r5, r26] sebagai berikut : (**Gbr. 5.4.4** menunjukkan pisau-pisau yang di test).



Gbr. 5.4.4. Sebuah pisau rotari tipe Jepang yang ditest

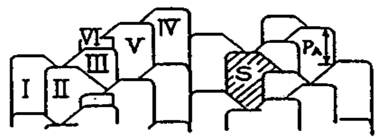


Gbr. 5.4.5. Model kurva torsi

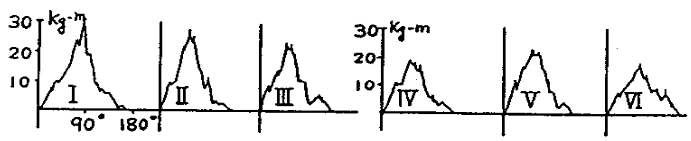


Gbr. 5.4.6 Perhitungan dan hasil uji torsi

1. Dalam kasus tanah keras yang lengket, model quadrilateral ABC'C (**Gbr. 5.4.5**) lebih baik dibanding model segitiga untuk menghitung kurva torsi dari poros alat pengolah tanah rotari seperti terlihat pada **Gbr. 5.4.6**.
2. Kurva torsi dari pisau sangat tergantung pada bentuk dan ukuran dari setiap potongan pada tanah seperti terlihat pada **Gbr. 5.4.7**, yang dinyatakan oleh pola pemotongan di permukaan tanah dan setiap luasan (area) S (cm^2). Pola pemotongan secara praktis diklasifikasikan menjadi 6 tipe, I-VI, dan setiap luasan dihitung dengan "panjang gigitan yang sebenarnya", (*actual bite length*) P_A. Arah dari garis-garis belahan tanah (*shear lines*) yang ditimbulkan oleh ujung-bilah-ujung tetangganya, yang diproyeksikan pada permukaan tanah di atasnya, praktis 45^0 dari permukaan lateral pisau, kecuali pada pola nomer VI, sebesar 90^0 dari permukaan pisau yang sama. **Gbr. 5.4.7** dan **5.4.8** memperlihatkan contoh dari suatu "kurva torsi sebenarnya" untuk setiap pola pemotongan.



Gbr. 5.4.7. Pola pemotongan di permukaan tanah



Gbr. 5.4.8. Contoh kurva tahanan torsi

3. Torsi maksimum, T_M (kgf-m) dan bentuk model dari kurva model quadrilateral (Gbr. 5.4.5) untuk pisau berbentuk-C dapat diperoleh dengan menggunakan fungsi regresi berganda berikut, dimana parameter-parameternya adalah P_A (cm), S (cm^2), sudut rotasi θ_A dan θ_C (^{0}), dan koefisien k_1 dan k_2 untuk titik C" :

T_M : $2.17\ P_A + 0.226\ S$ untuk pola I-V (r3)

$2.17\ P_A + 0.226\ S + 7.1$ untuk pola VI (r4)

θ_A : $3.2\ P_A + 22$ (r5)

θ_C : 85^0 (I), 62^0 (II~V), 72^0 (VI)

k_1 : 0.36 k_2 : 0.47

Fungsi-fungsi regresi di atas sangat penting untuk menyusun lokasi-lokasi kombinasi pisau rotari, jika desain dilakukan menggunakan bantuan komputer seperti expert CAD.

5.4.3.2. Titik tangkap atau aksi bayangan (virtual point of action) dari gaya tahanan pengolahan tanah total

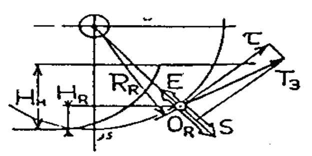
Ada satu resultante gaya dari semua gaya-gaya tahanan pengolahan tanah yang bekerja pada semua pisau di dalam tanah. Gaya resultante ini disebut "tahanan pengolahan tanah total" dari alat pengolah tanah rotari.

Mulai tahun 1950-an sampai tahun 1970-an, orang berpendapat bahwa titik tangkap, O_R, tahanan total pengolahan tanah dengan alat pengolah tanah rotari, mungkin terletak di dalam lingkaran dari bilah-ujung rotari, di dalam tanah yang akan dipotong.

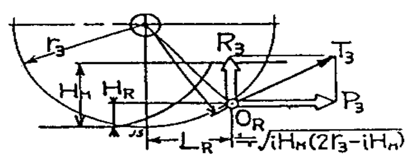
Pada tahun 1977, Sakai [r4, r9] menemukan bahwa titik tangkap atau titik aksi, O_R, dari tahanan total, T_3, (**Gbr. 5.4.9** dan **5.4.10**) berada pada titik potong antara garis horizontal pada 1/3 - 1/2 tinggi dari bawah kedalaman pembajakan H dan 1 - 4 % di luar lingkaran rotasi ujung-bilah-ujung, dengan jari-jari r3, untuk pisau berbentuk-C. Titik aksi O_R, dalam bahasa Jepang disebut *zen-koun-teikou-kasou-sayouten* dan dalam bahasa Inggris disebut *virtual point of action for the total tillage resistance*. Karena itu, tinggi lokasinya, H_R, dari dasar kedalaman pengolahan tanah, dan jari-jari R_R dari titik aksi bayangan dinyatakan dengan koefisien jari-jari, C_R, dan koefisien tinggi, i, sebagai berikut :

$R_R \equiv C_R r_3$ $\quad C_R = 1.01 \sim 1.04$ $\quad \therefore R_R = 1.02\, r_3$ (r5)

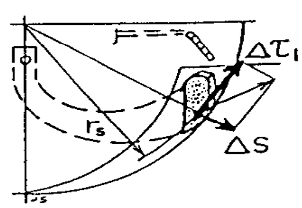
$H_R \equiv iH$ $\quad i = 0.3 \sim 0.5$ $\quad \therefore H_R = 0.4H$ (r7)

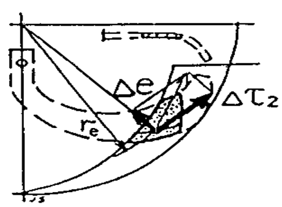


Gbr. 5.4.9. Tahanan pengolahan total T_3 yang terdiri dari E, S dan τ



Gbr. 5.4.10. T_3 dan lokasi dari titik aksi bayangan O_R





Gbr. 5.4.11. Gaya hisap radial ΔS yang bekerja pada permukaan skop (scoop) dan gaya centripetal yang bekerja pada bilah tengah di dalam tanah. (Sakai)

5.4.3.3. Arah dan tahanan pengolahan tanah total

Arah dari tahanan pengolahan tanah total berfluktuasi, walaupun secara umum orientasinya ke arah atas dan ke arah depan. Seperti terlihat pada **Gbr. 5.4.9** dan **5.4.11**, arahnya ditentukan oleh jumlah empat macam vektor, yaitu gaya hisap radial, ΔS, gaya tahanan torsi, $\Delta\tau_1$, yang bekerja pada permukaan skop, (lihat bab 5.4.5.3) dimana gaya luar hampir sama dengan yang ada pada dinamika bajak, selanjutnya gaya centripetal, Δe, gaya tahanan torsi, τ_2, yang bekerja pada bilah tengah di dalam tanah. [r4, r9, dsb] Gaya ini didefinisikan sebagai berikut :

$$S \equiv \Sigma \Delta s, \quad E \equiv \Sigma \Delta e, \qquad \tau \equiv \Sigma \Delta\tau_1 + \tau_2$$

$$\text{dan } T_3 \equiv |S| + |E| + |\tau| \qquad \text{(r8)(r9)(r10)(r11)}$$

Untuk pisau berbentuk-C, dapat ditunjukkan bahwa arah dari tahanan pengolahan tanah total, T_3, berada dalam kisaran 25^0 - 35^0 atau kira-kira 30^0 di atas horizontal pada kedalaman pembajakan yang biasa, dan 35^0 pada kedalaman maksimum. [r4, r8]

5.4.3.4. Gaya tahanan pengolahan tanah dan gaya angkat pengolah tanah

Gaya tahanan pengolahan tanah total, T_3, (Gbr. 5.4.10) diuraikan menjadi gaya reaksi ke depan, P_3, dalam bahasa Jepang disebut "kou-shin-ryoku" sedang R_3 disebut "hane-a-ge-ryoku". [r1] Dalam bahasa Inggris, P_3 disebut ***tillage thrust force*** sedang R_3 disebut ***tillage lifting force*** atau ***lifting force*** atau ***upward force***.

Walaupun tahanan pengolahan tanah berubah-ubah tergantung pada keadaan yang ada, untuk memperkirakan kapasitas gaya dari traktor yang menggunakan alat pengolah tanah rotari, dari segi teknologi desain, nilai maksimum atau nilai rata-rata dari gaya-gaya ini, R_3, P_3 dan T_3, diperoleh dari keluaran tenaga motor Ne (PS) sebagai berikut : [r1]

$$T_3 = 71620 \text{ Ne } \eta/(C_R r_3 n_3) \qquad \text{(r12)}$$

$$R_3 = 71620 \text{ Ne } \eta \, C_L/(C_R r_3 n_3) \qquad \text{(r13)}$$

$$P_3 = 71620 \text{ Ne } \eta \, C_T/(C_R r_3 n_3) \qquad \text{(r14)}$$

dimana :

η : efisiensi penyaluran tenaga dari motor ke poros alat pengolah tanah rotari. Efisiensinya 2-5 %, lebih tinggi dibanding "sistem loop terbuka" atau ***open loop system*** tidak termasuk "tenaga umpan balik" atau ***feedback power***. (lihat bab 5.4.4) Untuk desain dan test di perusahaan, digunakan nilai yang 5 % lebih tinggi.

C_R : **koefisien jari-jari** dari titik aksi bayangan untuk tahanan pengolahan tanah total. C_R = 1.02 - 1.04, 1.00 adalah perkiraan praktis bilah berbentuk-C dalam perhitungan desain. (lihat bab 5.4.3.2)

C_L : **koefisien dari gaya angkat pengolahan tanah** [r1], R_3/T_3, 0.7 - 1.0 digunakan sebagai pedoman teknis untuk pegangan praktis dalam desain, nilai 1.00 digunakan untuk memperkirakan nilai puncak gaya angkat, sedang nilai 0.7 untuk gaya angkat rata-rata.

C_T : koefisien gaya tahanan pengolahan tanah [r1], P_3/R_3, 1.0 - 1.4 digunakan sebagai pedoman teknis nilai 1.4 untuk memperkirakan nilai puncak gaya tahanan pengolahan tanah, sedang nilai 1.0 untuk rata-rata.

Lokasi relatif dari titik aksi bayangan untuk tahanan pengolahan tanah total yang bekerja pada tiller dengan pisau berbentuk-C, untuk keperluan praktis, dihitung dengan persamaan berikut : [r6, r9]

$$L_R = \{iH_M(2r_3 - iH_M)\}^{1/2} \qquad (r15)$$

$$\therefore L_R^2 = r_3^2 - (r_3 - ih_M)^2$$

dimana : (sebagai terlihat pada Gbr. 5.4.10)

L_R : jarak horizontal dari pusat putaran pisau ke titik aksi bayangan dan tahanan pengolahan tanah total.

H_M : kedalaman maksimum pengolahan tanah.

r_3 : jari-jari putaran pisau.

5.4.3.5. Gaya-gaya yang bekerja pada roda stabilizer belakang

Roda belakang juga disebut *gage wheel*. Roda ini mendukung alat pengolah tanah rotari dan digunakan untuk mengatur kedalaman pembajakan dengan jalan mengubah tinggi relatifnya terhadap tiller. Prinsip dinamika dalam pengaturan kedalaman pembajakan adalah mengatur beban kontak atau *contact load*, roda belakang di atas tanah. Beban dinamis pada roda belakang, berkisar antara beberapa puluh kgf sampai 0 kgf untuk traktor roda-2. Jika tidak demikian, operator atau driver tidak akan mampu menarik batang kemudi traktor.

5.4.4. Tenaga umpan balik dan efisiensi transmisi

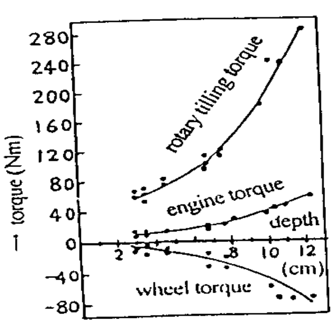
Dengan akal sehat, kita ketahui bahwa traktor selalu menunjukkan reduksi gerak maju bernilai positif pada pengoperasian yang biasa. Akan tetapi, traktor dengan pisau rotari menunjukkan reduksi gerak maju atau *travel reduction* yang bernilai negatif selama pengolahan tanah dengan kedalaman normal, pada lapangan yang biasa. Gaya tahanan pengolahan rotari mempengaruhi gerak maju traktor. Kasus-kasus seperti ini telah banyak dikemukakan sejak tahun 1950-an. Traktor dengan alat pengolah tanah rotari, dapat disamakan dengan perahu yang menggunakan roda penggerak bersirip di bagian belakang.

"Tenaga balik" atau "tenaga umpan balik" untuk traktor roda-4 menggunakan alat pengolah tanah rotari telah dianalisa oleh Sakai dan Shibata [r6] dan formula serta teorema dan asumsi-asumsinya untuk menghitungnya, telah dibuktikan secara eksperimen pada tahun 1978 sebagai berikut : [r7, r8]

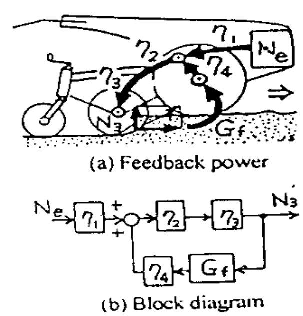
Prinsip-prinsip tersebut menunjukkan bahwa tenaga pengolahan tanah dari motor, dikembalikan lagi kepada motor selama operasi. Tenaga ini dalam bahasa Jepang disebut *kangen-douryoku* atau *return power* dalam bahasa Inggris. Sebagian dari tenaga balik ini dipakai oleh tahanan gerak maju (tahanan gerak semua roda, tahanan pengereman roda penggerak, dan tahanan percepatan) keseluruhan mesin, dan kelebihan tenaga balik ini dikembalikan lagi ke transmisi traktor melalui roda penggerak dan ke poros alat pengolah tanah rotari mempunyai aliran tenaga dengan **"sistem loop tertutup"**.

Prinsip di atas digunakan untuk menganalisa aliran tenaga dari tenaga pengolahan tanah dengan rotari pada tahun 1987 oleh Zou [r14, r15] dan juga telah dibuktikan secara eksperimen [r16] : seperti terlihat pada **Gbr. 5.4.12**,

torsi pada traksi menjadi bernilai negatif selama pengerjaan tanah dengan rotari. Roda penggerak traktor tidak lagi secara langsung digerakkan oleh motor, tetapi oleh gaya tahanan pengolahan tanah (***tillage thrust force***) yang bekerja pada pisau-pisau rotari. [r1] Kontak permukaan (***back-lash***) pada gigi-gigi roda penggerak, berada pada posisi yang berlawanan dengan posisi kontak permukaan gigi-gigi yang digerakkan oleh tenaga motor. Ban traktor selama pengolahan tanah berlangsung tidak berfungsi sebagai penggerak tetapi sebagai rem, sehingga kecepatan maju mesin dipertahankan tetap konstan.



Gbr. 5.4.12 Data test



Gbr. 5.4.13. Aliran tenaga

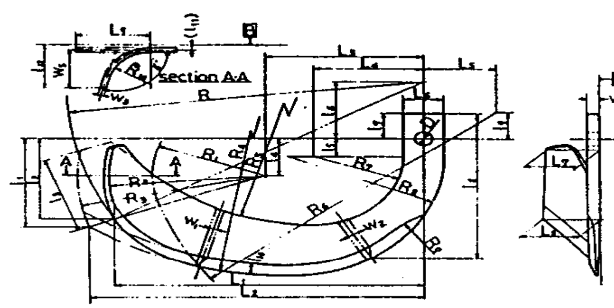
Gbr. 5.4.13 menunjukkan diagram blok dari aliran tenaga pada traktor alat pengolah tanah rotari untuk menghitung **efisiensi penyaluran tenaga**, η_R, sistem tertutup dari motor sampai ke poros tiller.[r15] Prinsip ini menunjukkan bahwa fenomena tenaga balik mempunyai efek yang ekivalen dengan kenaikan efisiensi penyaluran tenaga 2 - 5 % dari motor ke alat pengolah tanah rotari.

5.4.5. Karakteristik gerak dan prinsip desain dari pisau berbentuk-C dan poros alat pengolah tanah rotari

Pisau berbentuk-C terdiri dari tiga bagian sebagai berikut :

1. Bilah-leher atau "shank" yang disisipkan atau dimasukkan dan dibaut pada dudukan bilah yang ada pada poros rotari.
2. Bilah-tengah atau bilah tengah, untuk memotong tanah secara vertikal, searah dengan gerak maju dari mesin.
3. Bilah-ujung atau *tip blade*, untuk memotong tanah secara lateral dan melemparnya ke arah belakang.

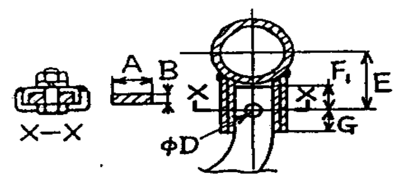
Gbr. 5.4.14, menunjukkan bentuk gambar teknik untuk pisau berbentuk-C. [r13]



Gbr. 5.4.14. Contoh gambar desain atau teknik (Sakai)

5.4.5.1. Dudukan bilah dan dimensi pisau yang berhubungan dengan dudukan bilah

Ada 3 tipe "dudukan bilah" di Japan Industrial Standards (JIS B9210) untuk alat pengolah tanah rotari. Akan tetapi, hanya satu tipe yang digunakan (Gbr. 5.4.15) untuk traktor roda-2. Tabel -5 menunjukkan dimensi dari pegangan pisau (*shank*) untuk dudukan bilah.



Gbr. 5.4.15. Ukuran dari dudukan bilah

Tabel 5. Ukuran dari dudukan bilah (mm)

R	A	B	F_1	G	E	D
225	25	9	25	≥23	50/55/58	10.5
235	25	9	25	≥23	58	10.5
245	25/27	10	25	≥27	50/55/65	10.5/12.5

Lebar potongan (lebar bilah-ujung) yang direkomendasikan oleh JIS adalah 35-45 mm. Karena itu, interval lateral dari dudukan bilah secara umum berkisar antara 40-50 mm. Sebuah alat pengolah tanah rotari dengan lebar potongan tanah 600 mm, akan memakai 12-15 pisau.

5.4.5.2. Persamaan gerak dan sudut pelepasan (*relief angle*)

Persamaan kurva locus dari gerak trochoidal untuk setiap titik pada jari-jari R (cm) yang berputar dinyatakan sebagai berikut :

$$x = a\,\theta - R \sin\theta \qquad \text{(r16)}$$

$$y = a - R \cos\theta \qquad \text{(r17)}$$

dimana, (Gbr. 5.4.16)

a : jari-jari dari lingkaran maya yang berputar bayangan (*virtual rotating circle*) pada sumbu-x (cm)

$a = v/\omega \qquad \therefore\ n = v/(2\pi a) = \omega/(2\pi) = 30\ v/(n\pi) \qquad \therefore\ \omega = 2\pi n/60$

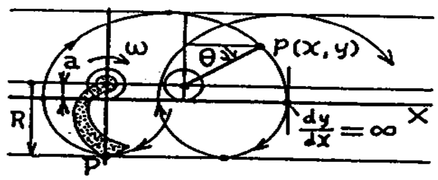
n : kecepatan putaran (rpm)

v : kecepatan maju alat (cm/det)

w : kecepatan putaran sudut dari pisau rotari (radians)

θ : sudut putar (radians)
$\theta = \omega t$ t : waktu (detik)

R : jari-jari rotasi dari titik (cm)



Gbr. 5.4.16. Gerak trochoid yang umum

Karena itu persamaan kurva locus untuk pisau rotari adalah :

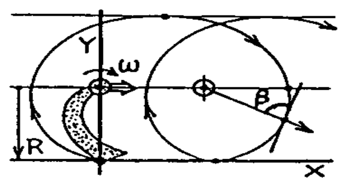
$$x = vt - R \sin \omega t \qquad (r18)$$

$$y = (v/\omega) - R \cos \omega t \qquad (r19)$$

Maka, persamaan locus yang praktis untuk gerak pisau, dengan permukaan lapisan kedap dasar bajak (*plow-pan surface*) sebagai poros-x, adalah [r1] : (Gbr. 5.4.17)

$$x = vt - R \sin \omega t \qquad (r20)$$

$$y = R(1 - \cos \omega t) \qquad (r21)$$



Gbr. 5.4.17. Kurva locus trochoidal untuk pisau (*tiller blade*)

Adalah penting untuk mengetahui karakteristik operasi dari pisau rotari, melalui sudut relatif, β, (Gbr. 5.4.17) antara arah gerak dari sembarang titik pada pisau dan garis dari titik pusat poros rotari ke titik bersangkutan. Sudut β (derajat) diperoleh secara matematis dengan menggunakan persamaan berikut [r1] :

$$\beta = \cos^{-1} \{(-v \sin \omega t)/(v^2 - 2 v R \omega \cos \omega t + R^2 \omega^2)^{1/2}\} \qquad (r22)$$

Karena itu, persamaan desain dari sudut β (derajat) dapat dihitung seperti ditunjukkan oleh Sakai [r1] :

$$\beta = \cos^{-1} [(30 v/R)[H(2R-H)/\{(30 v)^2 - 60 n \pi v (R-H) + (R n \pi)^2\}]^{1/2}] \qquad (r23)$$

dimana :

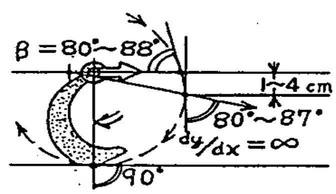
v : kecepatan maju alat (cm/det)

R : jari-jari putaran dari pisau rotari (cm)

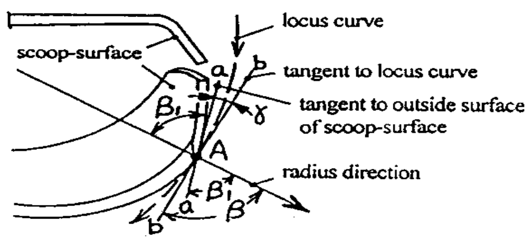
H : kedalaman pengolahan tanah (cm)

n : kecepatan putar dari pisau rotari (rpm)

Gbr. 5.4.18, menunjukkan nilai sudut β secara umum.



Gbr 5.4.18. Bilah-ujung dan sudut geraknya



Gbr. 5.4.19. Permukaan skop dan hubungan sudut

5.4.5.3. Bilah-ujung (*blade tip*) dan permukaan skop (*scoop surface*)

Permukaan bagian dalam dari bilah-ujung, disebut *sukui-men* dalam bahasa Jepang, dan *scoop surface* dalam bahasa Inggris (**Gbr. 5.4.19**). [r4, r12] Fungsi permukaan skop adalah sama dengan fungsi permukaan *share* dan *moldboard* pada bajak singkal. Pada waktu bilah-ujung (*blade tip*) memotong masuk ke dalam tanah, dan sebelum mencapai kedalaman maksimum, permukaan luar bilah-ujung jangan sampai mengganggu permukaan tanah yang dipotong, karena itu fungsi hisap yang rasional harus dimiliki oleh bilah-ujung. Maka seluruh permukaan skop harus memiliki sudut skop yang sama, β, yang lebih kecil dari β, sesuai dengan definisi berikut : [r1]

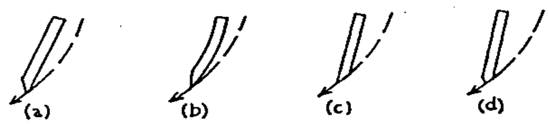
$$\beta_1 \equiv \beta - \gamma \qquad \text{atau} \qquad \gamma \equiv \beta - \beta_1 \qquad \text{(r24)}$$

dimana :

γ : sudut pelepasan (***relief angle***) adalah sudut antara permukaan luar, a-a, dari skop dan arah gerak, b-b, dari permukaan. (**Gbr. 5.4.19**)

(Catatan khusus : jika γ didefinisikan sebagai "$\gamma = 90^0 - \beta_1$", nilai perhitungan bukan merupakan "sudut jarak sebenarnya" atau "actual clearance angle" antara pisau dan muka tanah yang dipotong oleh bilah-ujung sewaktu operasi).

Gbr. 5.4.20, menunjukkan penampang melintang vertikal dari berbagai bilah-ujung, yang berubah, relatif terhadap muka tanah yang dipotong. Diantara semuanya, hanya (b) yang rasional dan praktis. (Catatan khusus : tipe (c) tidak memiliki bentuk mata (sisi) pisau yang praktis, karena mata pisau pada bilah tengah mempunyai posisi yang berlawanan dengan posisi mata pisau yang ada pada bilah-ujung, yang akan memperbesar tahanan pengolahan tanah (lihat bab 5.4.5.5), lagi pula, permukaan skopnya memerlukan desain dengan sudut skop yang lebih kecil, agar dapat menghindari sisi pisau yang terlalu tajam dan lemah pada bilah-ujung, yang juga akan menyebabkan tahanan pengolahan tanah yang lebih besar (lihat penjelasan berikut pada bagian ini)).



Gbr. 5.4.20. Penampang melintang vertikal dari bilah-ujung (*blade tip*)

Penampang melintang vertikal dari bilah-ujung mempunyai ketebalan yang sama dan permukaan skop adalah sejajar dengan permukaan luar. Sudut skop β_1, oleh Sakai dalam bahasa Jepang disebut *hai-kaku* [r1], dan oleh Salas, dalam bahasa Inggris disebut *scoop angle of the scoop surface*. **Tabel 6**, menunjukkan sudut-sudut ini dan kondisi tanah berdasarkan pengalaman.

Tabel 6. Sudut skop dan Sudut pelepasan

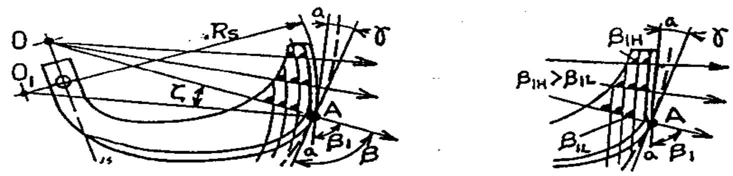
γ (^{0})	β (^{0})	keadaan tanah
3 - 5	80 - 83	Tanah sangat keras atau sangat lengket
5 - 10	70 - 80	Tanah keras atau lengket
10 -20	60 - 70	Tanah biasa
20 - 30	50 - 60	Tanah lembek berpasir atau tanah lembek basah

Catatan : Kecepatan maju standar, v, adalah 25-50 cm/det, dan kecepatan rotasi, n, adalah 200-300 rpm.

Sewaktu mesin mengolah tanah keras, digunakan kecepatan maju yang rendah dan kecepatan rotasi yang tinggi

Seperti terlihat pada **Gbr. 5.4.21** (a) dan (b), permukaan skop harus merupakan permukaan lengkung, jika seluruh permukaan mempunyai sudut β, yang konstan.[r1] Dalam kasus seperti ini, jari-jari kelengkungan permukaan skop, R_S, harus kira-kira sama dengan jari-jari R, dari titik A di bilah-ujung (blade tip point A), dan titik pusat kelengkungan harus berada pada garis AO, sudut ζ, ∠OAO, harus sebesar :

$\zeta = 90^0 - \beta$, pada titik pada titik di bilah-ujung (r25)



(a) bentuk rasional (b) bentuk tidak rasional

Gbr. 5.4.21. Bentuk permukaan skop yang rasional

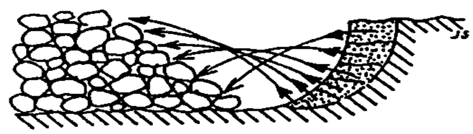
Adalah hal yang biasa, pabrik *rotary power tiller* menyediakan paling sedikit dua atau tiga pisau dengan bilah-ujung yang berbeda sesuai dengan kondisi tanah untuk setiap model alat pengolah tanah rotari. Akan tetapi, pada separuh akhir dari tahun 1960-an, prinsip desain yang baru telah dikembangkan : bagian bawah dari permukaan skop, harus memotong tanah dengan lancar dengan sekecil mungkin sudut pelepasan (relief angle), dan bagian tengah dan atas dari permukaan harus mempunyai fungsi melempar tanah ke belakang yang rasional dengan sudut pelepasan yang lebih besar. [r12] Sudut β_1, dari pisau seperti itu, untuk memotong tanah keras atau tanah lembek, dapat diubah sebagai berikut :

bagian bawah : 83 - 80^0

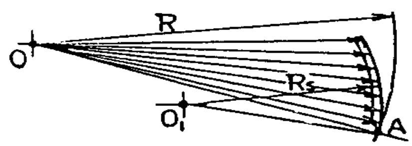
bagian atas : 70 - 60^0 atau bahkan 50^0

Permukaan skop harus mempunyai permukaan lengkung yang rasional agar potong-an tanah diberi percepatan yang minimum tetapi lancar dan cukup untuk melepas potongan tanah dari tiller. **Gbr. 5.4.22**, menunjukkan jarak pemindahan bongkah tanah yang ideal dan gerakan pembalikan yang ideal. Jarak pemindahan bongkah tanah ke belakang hanya diperlukan sekitar 30-40 cm saja.

Dalam kasus di atas, seperti terlihat pada **Gbr. 5.4.23**, jari-jari kelengkungan rasional, R_3, dari permukaan skop, harus berkisar 10-15 cm, secara umum untuk pisau berbentuk-C bagi kondisi lahan sawah dan tanah kering di Asia. Nilai R_S, yang lebih pendek, kurang dari 9 cm harus dihindarkan, karena bongkah-bongkah tanah akan dilemparkan ke arah atas dan ke depan oleh bilah-ujung (blade tip). Beberapa persamaan desain dan program komputer untuk memperoleh kelengkungan permukaan skop yang rasional seperti telah diformulasikan dalam tahun 1977. [r12]



Gbr. 5.4.22. Gerakan ideal dari potongan tanah



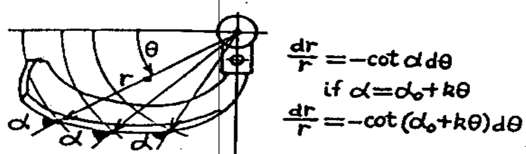
Gbr. 5.4.23. Desain yang rasional dari permukaan skop (Sakai)

Pisau rotari yang rasional menunjukkan bahwa tahanan pengolahan tanah 5-10 % lebih kecil dan umur lebih panjang dibanding pisau yang mempunyai permukaan skop yang datar dengan sudut skop yang kecil. Dewasa ini, pabrik membuat pisau standar untuk setiap model *rotary power tiller* yang diproduksi.

5.4.5.4. Bilah tengah dan sudut kurva sudu

Untuk pisau berbentuk-C (**Gbr. 5.4.24**), sudut α, antara garis radial dari pusat poros rotari ke sebuah titik pada kurva-sudu dari pisau dan garis tangensial kurva-sudu pada titik tersebut, merupakan salah satu parameter penting dalam desain. Dalam bahasa Jepang, sudut ini disebut *hai-raku-kaku* dan dalam bahasa Inggris, ***edge-curve-angle***, dan persamaan desain diformulasikan berdasarkan data eksperimental, hasil kerjasama dengan Kabashi Kogyo Co., Ltd. untuk tanah liat Okayama yang sangat lengket diperoleh tahun 1962 dan untuk tanah liat CLSU di Philippina tahun 1969, sebagai berikut : [r10, r11]

Sudut kurva sudu yang lebih kecil dari 55-57.5^0 cenderung mempunyai masalah melilitnya sisa-sisa tanaman pada bilah-tengah, sedang sudut yang lebih kecil dari 65-67.5^0, cenderung bermasalah sama pada bilah-leher.

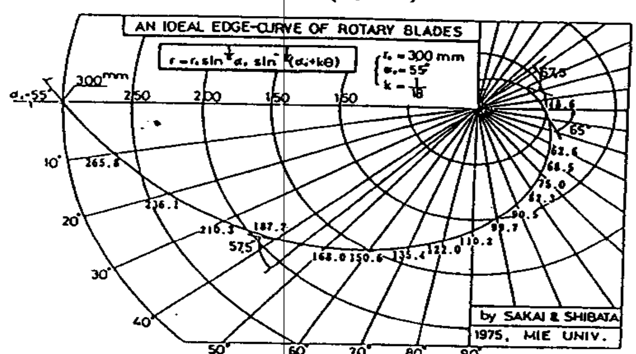


Gbr. 5.4.24. Lengkung sisi dan sudut lengkung sisi

Persamaan desain di bawah ini dapat digunakan untuk memperoleh kurva spiral rasional : **(Gbr. 5.4.24 dan 5.4.25)**

$$r = r_0 \sin^{1/K} \alpha_0 \sin^{-1/K} (\alpha_0 + k\theta) \qquad (r26)$$

$$\therefore \; dr/r = -\cot (\alpha_0 + k\theta)\, d\theta$$



Gbr. 5.4.25. Kurva sudu yang ideal untuk pisau berbentuk-C (Sakai)

dimana :

r dan θ : jari-jari (mm) dari sudut (^{0}) dalam koordinat polar

r_0 dan α_0 : jari-jari dan sudut kurva sudu dalam koordinat polar, jiak $\theta = 0^0$.

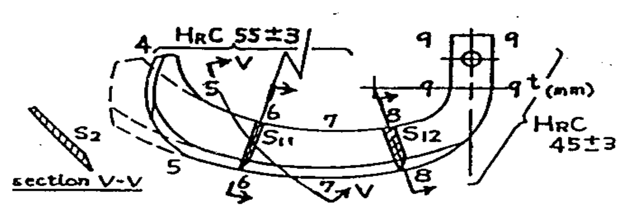
Pada kasus kurva sudu yang ideal untuk pertanian Jepang, r_0 dapat mencapai 300 mm dan $\alpha_0 = 55^0$.

k : **perbandingan kenaikkan sudut (angle of ratio increase), 10/180 = 1/18.** Ini berarti bahwa *edge-curve-angle* dinaikkan 10^0, dari 57.5^0 menjadi 67.5^0 untuk kenaikkan θ sebesar 180^0 dari 40^0 menjadi 220^0 dalam koordinat polar.

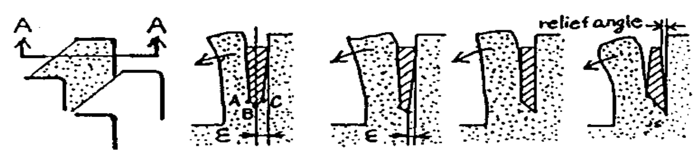
Kurva tersebut dinamai "kurva sudu ideal" dari alat pengolah tanah rotari blades dan disebarluaskan kepada masyarakat.

5.4.5.5. Bentuk penampang melintang dan sisi pisau

Gbr. 5.4.26, menunjukkan contoh gambar penampang melintang, S_{11} dan S_{12}, dari bilah tengah, searah dengan jari-jari dari pisau berbentuk-C. Gbr. 5.4.27 menunjukkan berbagai bentuk penampang dan bentuk pemotongan ke dalam tanah. Biasanya penampang-penampang melintang ini diberi tipe kapak dengan sisi ganda (*double edge*), (a) dalam Gambar, karena kebutuhan aliran bahan dalam proses pelengkungan untuk membentuk pisau menjadi bentuk-C, dalam lini produksi.



Gbr. 5.4.26. Bilah tengah dan penampang-penampangnya



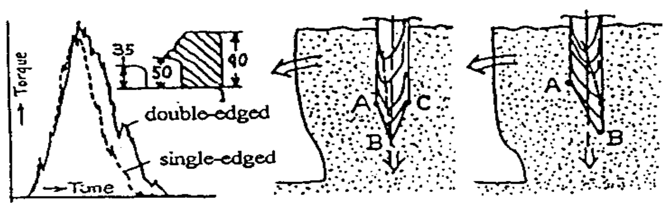
Gbr. 5.4.27. Operasi pemotongan dalam bagian A-A

Akan tetapi, seperti ditunjukkan oleh ε dalam **Gbr.5.4.27**, tanah harus ditekan ke arah tanah yang belum terolah dan diam menurut gerak pemotongan vertikal dari pisau tipe kapak, dan harus memberikan tahanan yang kuat kepada pisau, selama pemotongan. Salah satu kunci teknis untuk dapat mengerti karakteristik pemotongan dari pisau rotari adalah dengan memikirkan bukan hanya penampang melintang S_{11}, **(Gbr. 5.4.26)** dalam arah radial, tetapi juga **penampang melintang operasi sebenarnya** (*actual operating cross section*), S_2, sepanjang kurva locus trichoidal V-V.

Dalam kasus seperti di atas ini, ketebalan pisau berbentuk-C, biasanya berubah dari 9-10 mm pada bagian bilah-leher menjadi 4.5-5 mm pada bagian bilah-ujung. karena itu, jika penampang melintang S_{11} adalah bersisi tunggal (*single-edged*) dan persegi panjang, seperti terlihat dalam **Gbr. 5.4.26**, penampang melintang operasi sebenarnya S_2, harus dari tipe kapak terbalik, yang mempunyai sudut pelepasan (*relief angle*) terhadap dinding tanah, seperti terlihat pada kasus (d) dalam **Gbr. 5.4.27**. Asumsi-asumsi ini, sejak tahun 1960-an sampai permulaan tahun 1970-an telah dipastikan oleh eksperimen-eksperimen [r17, r18, r19] sebagai berikut :

Tahanan pengolahan tanah dengan pisau berbentuk-C, dengan penampang melintang persegi panjang dari pisau bersisi-tunggal, menurun cukup besar, 10-30 %, biasanya 20 % dibanding dengan pisau tipe kapak (*wedge type*) yang bersisi ganda. Lagi pula, kelebihan pisau bersisi tunggal ini, semakin bertambah ketika sedang beroperasi. Karena (**Gbr. 5.4.28**) pisau bersisi tunggal, cenderung mempertahankan bentuk aslinya, sebagai akibat dari lebih kecilnya tahanan gesekan, sementara yang bersisi ganda mudah aus karena gesekan pada sisi depan, dekat dengan dinding tanah yang diam, sedang sisi belakang, tetap tidak terganggu bentuknya.

Ketebalan dan panjang dari penampang persegi panjang berhubungan dengan umur yang direncanakan sewaktu mendesain pisau. Diharapkan para petani di daerah-daerah di mana alat pengolah tanah rotari digunakan, akan mengganti pisau setiap beberapa tahun sekali.



Gbr. 5.4.28. Proses keausan dari sisi pisau

Karena itu, tahanan pengolahan tanah dari pisau berbentuk-C, menurun cukup besar, rata-rata lebih dari 30 % sebagai hasil dari pengembangan teori desain untuk penampang melintang, permukaan skop, sudut kurva sudu, sisi tunggal, dsb., dan ini telah berhasil pada tahun 1970-an. Semua ini menjadi keberhasilan yang memungkinkan penggunaan alat pengolah tanah rotari pada mini-traktor yang tenaganya hanya 10-15 HP di Jepang, walaupun pada kenyataannya bahwa alat pengolah tanah rotari dikehendaki mempunyai potongan tanah yang lebih lebar, lebih dari satu meter, lebih lebar dari jarak roda belakang traktor mini. Karena itu, pada tahun 1970-an, petani kecil di Jepang dapat mulai beralih dari traktor roda-2 ke traktor mini roda-4 yang lebih ekonomis dan lebih nyaman.

5.4.5.6. Bahan dan kekerasan perlakuan panas

Bahan-bahan yang direkomen-dasikan JIS, adalah *Carbon Steel* (baja karbon) S58C, *spring steel* (baja pegas), SUP-6 dan SUP-9. Yang biasa digunakan di Jepang adalah SUP-6. Bahan kimia yang ada dalam SUP-6 adalah :

C : 0.56 ~ 0.64 %	Si : 1.50 ~ 1.80 %
Mn : 0.70 ~ 1.00 %	P : lebih kecil dari 0.035 %

Baja pegas SUP-6 yang mempunyai kekerasan lebih besar dari H_RC 60, Rockwell hardness 60 of C-Scale, adalah sangat tahan terhadap kejutan beban, dan kadang-kadang menyebabkan keretakan pada bagian tekukan shank, dekat dudukan bilah. Steel atau baja dengan kekerasan H_RC 45 mempunyai kekuatan atau kekerasan yang paling besar. Karena itu ada dua jenis kekerasan yang digunakan untuk pisau berbentuk-C : [r23] (Gbr. 5.4.26)

Bilah tengah dan bagian ujung	: H_RC 55-60
Bagian pegangan dan bagian yang bengkok	: H_RC 43-48

5.4.5.7. Desain dan expert-CAD dari pisau berbentuk-C

Gbr. 5.4.29 (a) dan (b) menunjukkan contoh proses menggambar sesungguhnya dari "perencanaan desain untuk pisau berbentuk-C. [r13] Untuk menjelaskan gambar seperti ditunjukkan dalam Gbr. 5.4.14, yang akan dilakukan pada tahap terakhir setelah penyelesaian dari perencanaan desain disebut "desain bagian", kegiatan ini membutuhkan waktu 10 sampai 20 hari.

Logika manusia dan aplikasi dari model matematis yang baru untuk prinsip-prinsip desain disatukan oleh Hai Sakurai pada tahun 1983 [r20], dalam versi pertama dari **Expert-CAD**, yang memiliki satu ***inference engine*** dan satu ***man-machine-interface***, yang berisi dialog untuk 29 parameter desain antara komputer dan yang mendesain (designer). Dibutuhkan waktu kurang dari satu jam oleh seorang insinyur desain yang terampil untuk mendesain suatu pisau tiller yang baru.

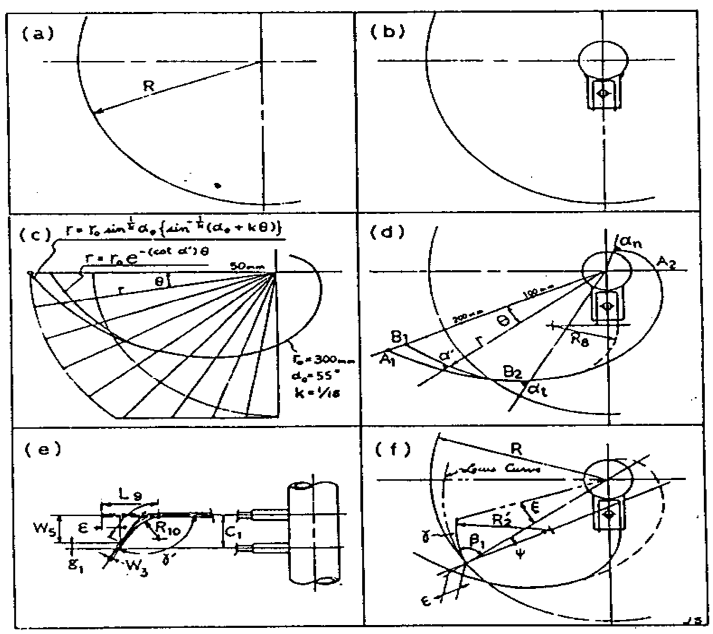
Untuk memanfaatkan pengalaman dan intuisi dari insinyur yang terampil, prinsip fuzzy inference dan **fungsi-fungsi** diaplikasikan oleh Noguchi [r24, r25] untuk menentukan sudut dari skop (scoop).

5.4.5.8. Desain dan expert CAD dari susunan/lokasi pisau-pisau pada poros alat pengolah tanah rotari

Beberapa pisau dipasang pada poros alat pengolah tanah rotari. Dalam kasus pisau berbentuk-C, hanya ada satu pisau yang dipasang dalam setiap bidang putar pisau pada poros. Oleh karena itu, semua pisau didistribusikan dengan interval "angular" yang sama pada poros alat pengolah tanah rotari.

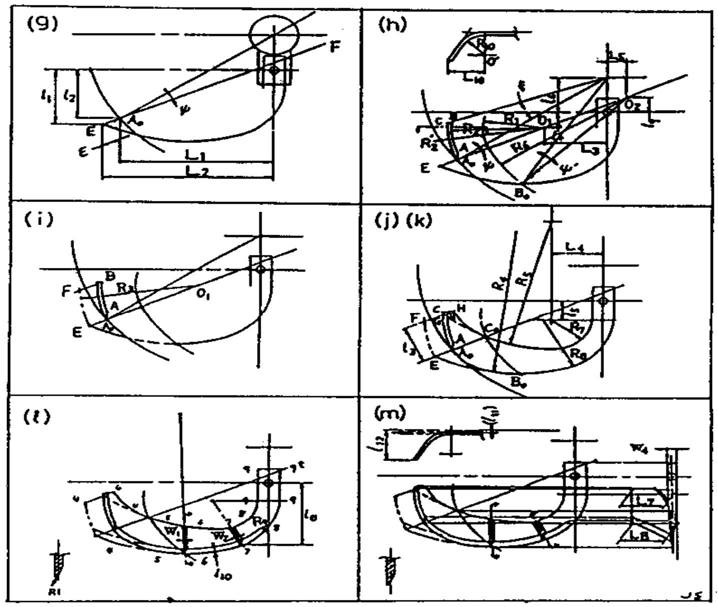
Suatu aliran gambar dasar dari sistem expert CAD untuk memilih susunan pisau yang terbaik telah diusulkan pada tahun 1978. [r26] Akan tetapi, ada kesulitan dalam perhitungan, karena jumlah semua susunan lokasi pisau, N_{BA}, harus dihitung sebagai "permutasi dan kombinasi dari seluruh jumlah pisau, N_B, dikurangi satu".

$$N_{BA} = (N_B - 1) \qquad (r27)$$



(A)

Gbr. 5.4.29(a). Proses desain dari pisau berbentuk-C



(B)

Gbr. 5.4.29(b). Proses desain dari pisau berbentuk-C

yang menjadi, secara astronomis, jumlah susunan yang secara potensial mungkin sangat besar. Sebagai contoh :

$(20 - 1)! = 2.4 \times 10^{18}$ untuk 20 pisau pada poros alat pengolah tanah rotari

$(34 - 1)! = 8.7 \times 10^{36}$ untuk 34 pisau pada poros alat pengolah tanah rotari

Walaupun satu jenis susunan dihitung hanya dalam sepersejuta detik atau sepersemiliar detik, bahkan sepersetrilium detik, diperlukan beberapa tahun untuk menyelesaikan perhitungan tersebut. Solusi untuk persoalan ini ditemukan pada tahun 1990 oleh Chen dan Noguchi. [r27, r28, r29] Caranya adalah membuat database dari *non-inferior-solution*, **"pareto optimum database"**, yang dihitung dan dipilih dengan the **branch-and-bound method** dari dynamic programming. **Parameter kinerja** yang harus dihitung adalah :

1. **Keseragaman ukuran** (*size uniformity*) bongkah-bongkah tanah setelah pengolahan tanah : X_1

2. **Kerataan permukaan tanah (*flatness*) setelah pengolahan tanah : X_2**
3. **Keseimbangan dinamis (*dynamic balance*)** dari poros yang sedang berputar tanpa beban pengolahan tanah : X_3
4. **Getaran yang dipindahkan (*transverse vibration*)** dari poros sewaktu mengolah tanah : X_4
5. **Fluktuasi dari torsi pengolahan tanah total** pada poros sewaktu memotong tanah : X_5 (Gbr. 5.4.6)
6. **Kebutuhan rata-rata tenaga,** yang dihitung dari torsi pengolahan tanah total : X_6
7. **Fluktuasi torsi dari setengah bagian poros,** kiri dan kanan : X_7

Sebagai langkah pertama, sebuah komputer ukuran besar digunakan untuk membuat suatu database termasuk beberapa ribu "pareto-optimum-arrangement" yang hanya memiliki kinerja terbaik yang berlangsung dalam beberapa bulan.

Pada langkah berikutnya, perancang akan mampu memilih dan mendesain berbagai macam poros alat pengolah tanah rotari yang dilengkapi dengan susunan-susunan pisau yang tepat yang diperoleh dari database, dengan cara memanfaatkan pandangan/pendapat designer melalui suatu *man-machine interface* membuat keputusan melalui suatu pembicaraan-pembicaraan dengan *expert CAD system* dan menggunakan *inference engines* yang dipasang pada sebuah *personal computer* (PC).

Setiap kinerja (performance) dan semua parameter untuk poros tiller yang didesain oleh CAD system dapat memberikan paling sedikit 5-10 % dari contoh poros yang tersedia di pasar. Juga diketahui, bahwa tenaga rata-rata yang dibutuhkan pada butir (6) dapat dikurangi paling sedikit beberapa persen.

5.4.6. Prinsip-prinsip dinamika dari *rotary power tiller* untuk mengolah tanah dengan stabil dan garis-garis besar desainnya

Pusat titik berat dari keseluruhan *rotary power tiller* yang ditempatkan pada posisi horizontal, disarankan berada di atas dan sedikit agak ke belakang dari pusat roda penggerak agar memungkinkan petani untuk mengendalikan traktor dengan ringan.

5.4.6.1. Kondisi keseimbangan pada pengolahan tanah

Mesin harus mampu bekerja stabil, dengan kedalaman pengolahan tanah yang maksimum, kecepatan maju konstan pada lapangan yang rata dan datar. **Gbr. 5.4.30,** menunjukkan bahwa semua gaya luar yang bekerja pada alat pengolah tanah rotari yang harus memenuhi ketiga kondisi keseimbangan berikut sebagai suatu benda bebas di atas bumi : [r1, r29]

1. **Keseimbangan vertikal dari mesin :**

$$W_T + R_{L2} + R_{L4} = R_{C2} + R_{L2} + R_3 + R_{C4} + R_{L4} \quad \text{(r28)}$$

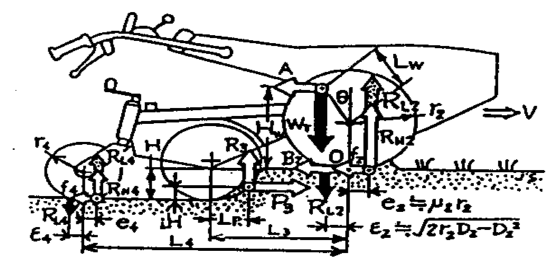
atau $$R_{C2} = W_T - R_3 + R_{C4} \quad \text{(r29)}$$

2. **Keseimbangan horizontal dari mesin :**

$$P_3 = f_2 + B_2 + f_4 \quad \text{(r30)}$$

3. **Keseimbangan momen di sekitar titik O di bawah titik pusat poros roda Σ (momen berlawanan jarum jam) harus sama dengan Σ (momen searah jarum jam) :**

$$W_T\, L_W \sin\theta + (R_{C2} + R_{L2})\, e_2 + R_{L2}\, \varepsilon_2 + AH_W + P_3\,(H - iH) + R_{L4}\,(L_4 - \varepsilon_4) =$$
$$R_3\,(L_3 - L_R) + (R_{C4} + R_{L4})(L_4 - e_4) + f_4 H \quad \text{(r31)}$$



Gbr. 5.4.30. Gaya-gaya luar pada sebuah *rotary power tiller*

dimana :

W_T : **berat total keseluruhan mesin ketika bekerja (kgf)**

A : **percepatan tahanan, m dv/dt (cm/det^2)**

R_{C2} **dan** R_{C4} : **reaksi dari beban dinamis sesungguhnya (*original dynamic load*) yang bekerja pada roda tanpa tahanan angkat (*lift resistance*)(kgf)**

R_{L2} **dan** R_{L4} : **tahanan angkat (kgf)(lihat bab 5.2.4.)**

R_3 : **gaya angkat pengolahan tanah (kgf)(lihat bab 5.4.3..4)**

$$R_3 = 71620\ Ne\ \eta\ C_L/(C_R\ r_3\ n_3) \quad \text{(r13)}$$

P_3 : **gaya tahanan pengolahan tanah (*tillage thrust force*) dalam kgf (lihat pers. (r14) dan bab 5.4.3.4)**

$$P_3 = 71620\ Ne\ \eta\ C_T/(C_R\ r_3\ n_3) \quad \text{(r14)}$$

f_2 **dan** f_4 : **tahanan gerak (kgf) (lihat pers. (w4))**

$$f_2 = \mu_2\, R_{C2} \quad \text{dan} \quad f_4 = \mu_4\, R_{C4} \quad \text{(r32)}$$

B_2 : reaksi tahanan dari roda bersirip di atas tanah (kgf). Gaya ini belum pernah diukur secara tersendiri. Akan tetapi, perkiraan praktis dari besarnya gaya tersebut, mungkin dapat diperoleh dengan cara yang sama dengan koefisien gesekan dalam desain sebagai berikut :

$B_2 = C_B R_{C2}$ dan $C_B = 0.8$ (r33)

L_W : jarak antara titik berat mesin dan titik tengah jarak roda (cm)

H_W : tinggi titik berat mesin dari permukaan tanah (cm)

e_2 dan e_4 : jarak horizontal antara R_{C2} atau R_{C4} dan titik tengah jarak roda (cm) (lihat bab 5.2.5 dan persamaan (w8))

θ : sudut lokasi titik berat dari garis vertikal pada titik tengah jarak roda (°)

$\theta = \tan^{-1} H/L_3 \therefore \sin\theta = H/(L_2^2 + H^2)^{1/2}$ (r34)

ε_2 dan ε_4 : jarak horizontal antara R_{L2} dan R_{L4} dan titik tengah jarak roda (lihat bab 5.2.5 dan persamaan (w9)) (cm)

H : kedalaman pengolahan tanah (cm)

iH : tinggi dari titik aksi bayangan, O_R, untuk tahanan pengolahan tanah total (lihat bab 5.4.3.2 dan persamaan (r7)) (cm)

(H - iH) = 0.6 H (r35)

L_3 : Jarak horizontal antara titik pusat roda dan titik tengah poros tiller. Makin pendek, makin baik. (cm)

L_R : jarak horizontal dari titik aksi bayangan, O_R, untuk tahanan pengolahan tanah total, dan titik tengah poros tiller. (lihat bab 5.4.3.4 dan pers. (r15))

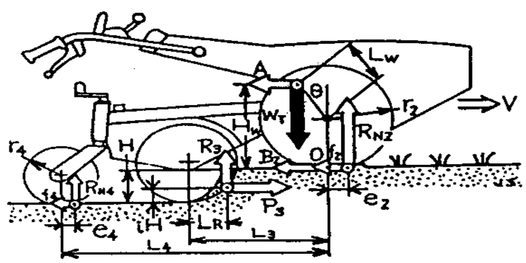
Ada dua kasus yang paling buruk yang menyebabkan kemungkinan kecelakaan sewaktu mengolah tanah adalah pertama, power tiller secara **tiba-tiba meloncat ke atas**, karena besarnya **gaya angkat pengolahan tanah** dan kedua, traktor tidak hanya berjalan normal tetapi, **maju dengan gerakan yang cepat**, karena **besarnya gaya tahanan pengolahan tanah** pada tanah keras dan kering. Kedua hal tersebut tidak akan terjadi di atas tanah basah dan lunak.

Karena itu, persamaan-persamaan keseimbangan dasar yang digunakan dalam desain dan test harus diperoleh dari keadaan pengolahan tanah di atas tanah keras dan kering tanpa tahanan angkat seperti terlihat pada Gbr. 5.4.31. Ada 3 persamaan keseimbangan untuk mesin sebagai berikut : [r1]

1. $W_T = R_{C2} + R_3 + R_{C4}$ atau $R_{C2} = W_T - R_3 - R_{C4}$ (r36)

2. $P_3 = f_2 + B_2 + f_4$ (r37)

3. $W_T\,L_W \sin\theta + R_{C2}\,e_2 + AH_W + P_3\,(H - iH) =$
$R_3\,(L_3 - R_R) + R_{C4}\,(L_4 - e_4) + f_4\,H$ (r38)



Gbr. 5.4.31. Gaya luar dengan kedalaman pengolahan tanah maksimum pada kondisi tanah keras kering berliat.

Persamaan-persamaan ini memberi beberapa petunjuk tentang suatu prinsip keseimbangan yang penting bahwa *rotary power tiller* harus mempunyai fungsi momen yang memberi reaksi yang ditimbulkan oleh gaya yang bereaksi ke arah bawah, R_3', melawan momen yang bekerja ke arah atas, R_3 $(L_3 - L_R)$, yang ditimbulkan oleh gaya **angkat pengolahan tanah**, R_3. Nilai R_3' harus sama dengan nilai R_3, sebagai hubungan aksi dan reaksi. Gaya R_3' ini disebut **gaya menekan ke bawah** (*downward pressing force*) dari *rotary power tiller*, dan persamaannya diperoleh dari persamaan (r38) sebagai berikut : [r1, r30]

$$R_3' = R_3 = (W_T\,L_W \sin\theta/L_1) + (AH_W/L_1) + \{(f_2r_2 + f_4r_4)/L_1\} +$$
$$\{P_3\,(H - iH)\,L_1\} - \{(R_{C4}L_4 + f_4H)/L_1\} \quad \text{(r39)}$$

dalam mana :

$L_1 = L_3 - L_R$ dan $L_R = \{iH\,(2r_3 - iH)\}^{1/2}$ (lihat pers. (r15))

Persamaan (r39) menunjukkan bahwa gaya menekan ke bawah, R_3', terdiri dari 5 jenis gaya, dan persamaan (r39) dan (r36) menunjukkan bahwa mesin beroperasi sbb :

$R_3 \Rightarrow$ lebih besar dari $R_3' \rightarrow R_{C4}$ terlalu besar $\rightarrow$ kedalaman pengolahan $\Rightarrow$ lebih dangkal $\rightarrow R_{C4} \Rightarrow$ lebih kecil $\rightarrow R_3 \Rightarrow$ lebih kecil $\rightarrow R_3 \Rightarrow R_3'$

5.4.6.2. Prinsip-prinsip untuk menentukan berat optimal, besarnya tenaga motor dan kecepatan rasional dari pisau tiller

Untuk menghindari kecenderungan kurangnya tenaga motor atau melompatnya mesin ke arah depan, dan untuk memperoleh pengolahan tanah yang stabil dan kecepatan maju yang konstan, analisis benda bebas, harus diterapkan pada mesin yang tidak mempunyai tahanan percepatan pada titik berat, tidak ada tahanan angkat pada roda, dan tidak ada beban dinamis atau tahanan gerakan pada roda belakang yang terangkat (*lifted gage wheel*). Tiga persamaan keseimbangan untuk tanah yang kering dan keras adalah (Gbr. 5.4.31) :

1. $W_T = R_{C2} + R_3$ (r40)
2. $P_3 = f_2 + B_2$ (r41)
3. $W_T L_W \sin\theta + R_{C2}e_2 + P_3 (H - iH) = R_3 (L_3 - L_R)$ (r42)

Maka, spesifikasi teknis dari *rotary power tiller* seperti tenaga motor Ne (secara praktis PS = HP), berat total, W_T (kgf), kecepatan putaran pisau rotari, n_3 (rpm) dsb., harus dicek secara hati-hati dengan menggunakan tiga persamaan keseimbangan, yaitu persamaan (r40), (r41), dan (r42).

Dengan mensubstitusi pers. (r32) untuk f_2 dan pers. (r14) untuk P_3 ke dalam pers. (r41), dan pers. (r13) untuk R_3 ke dalam pers. (r40), satu dari persamaan desain yang sangat mendasar telah diperoleh sebagai berikut : (r30)

$$W_T \leq \{71620\ Ne\ \eta_R/(C_R r_3 n_3)\}[C_L + \{C_T/(C_B + \mu)\}] \quad (r43)$$

dimana, kondisi tanah kering dan keras diterapkan pada masing-masing elemen sebagai pengetahuan teknis sebagai berikut :

Ne : bukan tenaga motor yang tertulis dalam katalog tetapi keluaran maksimum sebenarnya (PS = HP, lihat bab 4.1.2)

η_R : efisiensi penyaluran tenaga (yakni sistem loop terbuka + 5 %, lihat bab 5.4.4. tenaga umpan-balik)

C_R : koefisien jari-jari, 1.01 - 1.04 :
1.0 adalah nilai yang tidak dapat ditawar (*strict value*) (lihat bab 5.4.3.2)

C_L : koefisien gaya angkat pengolahan tanah, 0.7 - 1.0
1.0 adalah nilai yang tidak dapat ditawar (lihat bab 5.4.3.4)

C_T : koefisien dari tahanan pengolahan tanah (*tillage force*) : 1.0 - 1.4
1.4 adalah nilai yang tidak dapat ditawar (lihat bab 5.4.3.4)

C_B : koefisien pengereman karena gesekan (*frictional brake*) : 0.8 (pers. (r33))

μ : perbandingan tahanan gesekan untuk lahan kering : 0.05

Dengan mensubstitusi pers. (r34) untuk sin θ, (r36) untuk R_{C2}, (w8) untuk e_2, (r14) untuk P_3, (r13) untuk R_3 dan (r15) untuk L_R ke dalam pers. (42), diperoleh persamaan yang lain untuk menghitung W_T (kgf) dari banyak dimensi dan spesifikasi yang dapat disesuaikan, L_3, Ne, n_3 dsb, diperoleh sebagai berikut :

$$W_T \leq [71620\ Ne\ \eta\{C_L(L_3 - (0.4\ H\ (2r_3 - 0.4\ H)^{1/2}\} + \mu_2\ r_2) - 0.6\ H\ C_T\}]/[C_R\ r_3\ n_3\ \{L_W\ H/(L_3^2 + H^2)^{1/2}\} + \mu_2\ r_2] \qquad \text{(r44)}$$

Berat optimum W_T akan diperoleh untuk kecepatan putaran n_3 dalam kisaran 200~300 rpm yang biasanya digunakan untuk pengolahan rotari dengan pisau berbentuk-C (lihat **Tabel 4** dalam bab 5.4). Jika berat sesungguhnya dari sebuah alat pengolah tanah rotari lebih besar dari berat hasil perhitungan dengan pers. (r43) atau (r44), maka motor akan cenderung "over loaded" atau kelebihan beban selama beroperasi di lahan yang keras. Dalam kasus seperti ini, motor harus diganti dengan yang lebih besar, dan motor yang besar ini hanya akan dapat dibeli oleh jumlah petani yang terbatas, karena harganya mahal. Jawaban yang benar adalah : "Insinyur harus mengurangi berat mesin". Prinsip yang sama juga berlaku bagi traktor mini roda-4 yang efisien dalam menggunakan pisau rotari.

Persamaan untuk menghitung tenaga optimum Ne dari motor dapat juga diperoleh dari persamaan (r43) dan (r44), jika berat mesin sudah ditentukan.

5.4.7. Rotor, tongkat ditarik dan pengolahan dengan rotor

Traktor roda-2 yang ringan dan kecil digunakan untuk berkebun, dengan memasang pisau-pisau putar atau *rotor blades* atau tines pada poros roda. ((a) dalam **Gbr. 5.4.32**)

Kecepatan putaran poros rotor adalah 40-70 rpm dan kecepatan majunya yang dikontrol oleh operator kira-kira 5 cm/det. Seperti terlihat pada **Gbr. 5.4.32**, mesin ini selalu didukung oleh hanya dua gaya, R_3 dan R_4. Keseimbangan vertikal dan horizontal dari mesin ini sebagai benda bebas dalam keadaan "lepas tangan" (zero handling force pada handle) adalah :

$$W_T = R_3 + R_4 \qquad \text{(r45)}$$

$$P_3 = F_4 \qquad \text{(r46)}$$

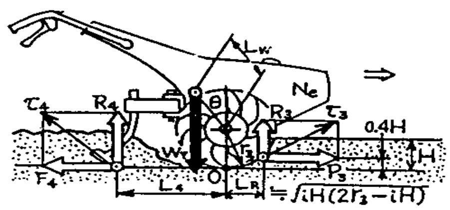
dimana :

R_3 : **gaya angkat pengolahan tanah** (lihat bab 5.4.3.4)

R_4 : gaya komponen vertikal dari τ_4 (resultante gaya luar yang bekerja pada tongkat ditarik (drag stakes))

P_3 : **gaya tahanan pengolahan tanah** (lihat bab 5.4.3.4)

F_4 : gaya komponen horizontal dari τ_4.



Gbr. 5.4.32. Gaya luar yang bekerja pada *Rotor Tiller*

Dengan mempertimbangkan keseimbangan yang sempurna dari mesin, berat total yang optimum dari mesin, W_T (kgf), dihitung dengan persamaan di bawah ini, yang diperoleh dari persamaan keseimbangan momen di sekitar titik O, di bawah titik pusat poros rotor dalam **Gbr. 5.4.32** : [r31]

$$W_T \leq 71620\ \eta\ [C_L [\{0.4\ H\ (2r_3 - 0.4\ H)\}^{1/2} + L_4] - C_T\ 0.4\ H]/[C_R\ r_3\ n_3\ (L_4 - L_W \sin\theta)] \quad \text{(r47)}$$

$$Ne \geq W_T\ C_R\ r_3\ n_3\ (L_4 - L_W \sin\theta)/[71620\ \eta\ \{C_L [\{0.4\ H\ (2r_3 - 0.4\ H)\}^{1/2} + L_4] - C_T\ 0.4\ H\}]\eta\theta \quad \text{(r48)}$$

di mana :

Ne : sama seperti pada pers. (r43)

η : efisiensi penyaluran tenaga dari motor ke poros penggerak, dimana pisau-pisau putar ditempatkan

C_L dan C_T : sama dengan pers. (r43), $C_L = 1.0$ dan $C_T = 1.4$

n_3 : kecepatan putaran (rpm) poros rotor.

θ : sudut lokasi (°) titik berat pada ke dalam pengolahan tanah maksimum

L, L_4, r_3 dan H : adalah dimensi (cm) (**Gbr. 5.4.32**)

Persamaan (r47) dan (r48) digunakan untuk menentukan berat dan besarnya tenaga yang optimum dari suatu prototipe untuk menghasilkan mesin dengan model produksi yang rasional.

Traktor tanpa roda ini memerlukan gerakan-gerakan bergoyang dan naik turun (pitching and yawing motions) untuk dapat mengontrol kedalaman pengolahan tanah dan kecepatan maju. Karena itu, akan sulit bagi petani untuk menggunakan traktor seperti ini sepanjang hari (lihat bab 2).

5.5. Traktor roda-2 dan peralatan-peralatan lainnya

Peralatan-peralatan lainnya di luar peralatan dasar untuk pengolahan tanah seperti bajak dan alat pengolah tanah rotari juga dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis menurut tujuan penggunaannya :

1. **Peralatan-peralatan utama untuk pekerjaan-pekerjaan di lahan kering**
   Garu, sisir pengumpul (*rakes*), alat tanam, alat pupuk, alat penyiang, alat pembuka alur dan sebagainya.
2. **Peralatan utama untuk lahan sawah**
   Roda pelumpur, sisir pelumpur, alat pelumpur, alat penyiang, alat panen, dsb.
3. **Alat utama untuk pekerjaan-pekerjaan lain**
   Trailer, pemotong rumput, alat penyemprot, pompa air, rantai untuk roda, blower salju, dan sebagainya.

Hampir semua peralatan untuk lahan kering, tidak bermanfaat untuk digunakan di lahan sawah yang digarap oleh petani kecil, demikian juga sebaliknya.

Tentang peralatan-peralatan ini akan dibahas pada bab peralatan dalam buku pegangan ini. Dalam bagian ini, prinsip-prinsip dasar dan fungsi dari peralatan yang digandengkan pada traktor roda-2 untuk proses pelumpuran lahan sawah untuk padi akan dijelaskan secara singkat.

5.5.1. Prinsip transplantasi padi sawah dan alat pelumpuran

Alasan utama mengapa petani di negara-negara penghasil padi menerapkan secara tradisional, bukan sistem penanaman langsung, tetapi sistem transplantasi, adalah sbb. :

Di negara-negara dengan pola pertanian padi sawah, dengan **air tanah** yang melimpah, di dalam/ di bawah **lapisan subsoil**, sebagai akibat dari banyaknya hujan tahunan (lihat bab 5.1), jika petani terus melakukan penanaman langsung, tanpa **pelumpuran**, mereka akan menghadapi tiga masalah berikut. (Negara-negara dengan pola pertanian lahan kering, dengan lapisan subsoil yang padat, kadar air rendah dan air tanah sedikit atau tidak ada sama sekali, lahan pertaniannya akan bebas dari masalah-masalah tersebut.)

1. Masalah menurunnya hasil karena meningkatnya perkolasi air irigasi yang mengandung pupuk-nutrisi, dari topsoil ke dalam air tanah di dalam/ di bawah subsoil. Adalah biasa bagi petani mengalami penurunan hasil setelah beberapa tahun melakukan sistem penanaman langsung, tanpa pelumpuran.

   Karena akar tanaman padi tumbuh di lapisan olah atau topsoil dan di galengan-galengan sawah, paling sedikit beberapa persen dari akar tersebut, secara fisiologis dan hidup menembus subsoil dan secara vertikal masuk ke dalam air tanah. Panjang akar, kadang-kadang tergantung pada kedalaman muka air tanah, yang biasanya hanya satu sampai dua meter. Di negara-negara penghasil padi sawah, air tanah selalu bergerak ke tempat-tempat yang rendah dan bocor dan keluar lagi sebagai mata air, sungai atau langsung mengalir ke laut.

   Akar yang masuk ke subsoil, akan tetap tinggal di sana setelah panen padi, dan akan busuk dan melapuk secara alami. Adalah hal yang biasa, subsoil mempunyai "lubang akar" berukuran diameter kurang dari 1 mm, yang telah dibuat oleh tanaman padi selama banyak generasi.

   Jika sebelum pekerjaan transplantasi lubang-lubang akar ini tidak ditutup atau diisi dengan baik melalui pekerjaan **pelumpuran**, termasuk pekerjaan **melapisi** atau **membungkus lapisan kedap** dan **dinding-dinding galengan**, yang masing-masing dalam bahasa Jepang disebut *toko-neri* dan *aze-nuri*, maka tidak heran, jika sawah berubah dari subur menjadi tidak subur dengan produksi yang rendah karena besarnya perkolasi air irigasi dengan unsur haranya.

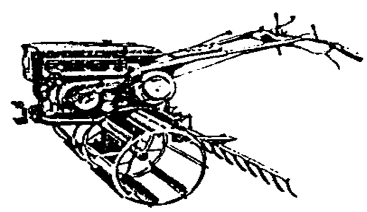
2. Masalah yang lain adalah turunnya produksi karena aktifnya pertumbuhan gulma dan serangga, karena mereka sulit dikendalikan jika sistem penanaman langsung diterapkan tanpa pelumpuran. Ada banyak tempat dimana gulma tumbuh sangat aktif di sekitar petakan sawah, sehingga penggunaan **herbisida** dan **insektisida** terpaksa meningkat.

   Akan tetapi dengan sistem transplantasi di awal musim hujan, sementara bibit padi tumbuh subur di persemaian, gulma dan serangga di petakan sawah ditekan pertumbuhannya, terutama pada tahap-tahap awal, dengan membenamnya ke dalam tanah melalui pekerjaan pelumpuran.

   Tanaman padi muda, setelah transplantasi, mempunyai kekuatan tumbuh yang lebih besar dibanding gulma, yang hampir tidak mampu untuk berkecambah kembali karena kekurangan oksigen di bawah topsoil yang telah melumpur, dan juga terlalu lemah untuk mengabsorbsi zat-zat hara dan pupuk, sehingga gulma membusuk dan bermanfaat sebagai pupuk yang disebut **pupuk hijau** atau **"green manure"** yang disediakan alam. Karena itu alat pelumpur, dibutuhkan untuk mengubur sisa-sisa tanaman dengan baik di bawah lapisan topsoil.

3. Tanpa proses pelumpuran, akan sulit bagi petani untuk mempertahankan kerataan dan kedataran petakan sawah. Alat pelumpur juga dibutuhkan sebagai alat meratakan tanah (*field leveler*).

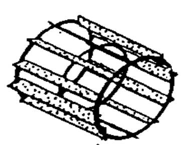
Ada banyak macam-macam alat pelumpur yang dibuat di Jepang pada tahun 1950-an dan tahun 1960-an. Diantaranya sebagai alat standar, adalah roda pelumpur (*puddling wheels*) dan sisir pelumpur (*puddling rakes*).(**Gbr. 5.5.1**)



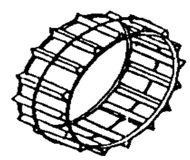
Gbr. 5.5.1. Alat standar untuk pelumpuran

5.5.1.1. Roda pelumpur (*puddling wheels*)

Roda ini juga disebut roda sangkar (*cage wheels*). Ada 2 tipe roda pelumpur untuk traktor roda-2 seperti terlihat pada **Gbr. 5.5.2**, yaitu tipe Jepang, yang dibuat pada tahun 1950-an (Patent No. 249285, Puddling-Rotor Association, Japan) dan tipe Thai, yang dikembangkan di Thailand pada tahun 1970-an.



Tipe Jepang



Tipe Thai

Gbr. 5.5.2. Roda pelumpur

1. **Roda pelumpur tipe Jepang**

   Diameter luar adalah 550-650 mm, kira-kira sama dengan ban standar traktor,. dan yang sangat penting bahwa lebar roda kira-kira sama atau lebih besar dari diameternya agar keseluruhan mesin berada dalam posisi horizontal sebagai alat perata tanah. Prinsip desain dari sirip (*lug*) adalah sebagai berikut :

Biasanya, roda pelumpur digerakkan pada topsoil atau lapisan olah sewaktu melakukan pelumpuran. Ujung sirip (*lug tips*) jangan sampai menggaruk atau mengikis permukaan subsoil. Enam sampai sembilan plat-sirip berbentuk persegi panjang di las pada rim-pipa. **Sudut Pemasangan (*installing angle*), $\alpha°$**, dari sirip (lihat (c) pada **Gbr. 5.2.4**), didesain, sehingga menyinggung permukaan topsoil dengan posisi sejajar sebagai berikut : [w1]

$$\alpha = \sin^{-1}(r_1 - H)/(r_1 - H_L) \qquad (r49)$$

dimana :

r_1 : diameter luar roda sangkar (cm)

H : kedalaman lapisan topsoil yang diharapkan, 20 cm

H_L: tinggi sirip dari permukaan rim (cm)

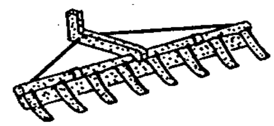
Ukuran plat-sirip dibuat dengan pemikiran bahwa tekanan beban pada 2 baris sirip terdepan dari kedua roda berkisar 0.2~0.3 kgf/cm^2 (lihat bab **5.2.1**), sehingga ujung sirip tidak mengikis permukaan subsoil. Sisi belakang sirip (trailing lug side) dan muka sirip tidak dibentuk untuk meminimumkan tahanan gerak dan tahanan angkat, tanpa menyendok lumpur pada sirip. Roda sangkar ini jangan dioperasikan dengan gerakan mundur sewaktu beroperasi.

2. **Roda pelumpur tipe Thai**

   Diameter luarnya adalah 800~850 mm, jauh lebih besar dibanding ban standar untuk trailer dan setiap roda mempunyai lebar kira-kira 300 mm, karena di negara-negara tropis ada banyak lubang-lubang jejak kerbau berukuran dalam 30 cm x diameter 20 cm, sewaktu pengangonan di musim kemarau (akan tetapi lubang-lubang tersebut lenyap, dengan introduksi mekanisasi pertanian). Roda mempunyai *outer rod ring* untuk transportasi.

5.5.1.2. Sisir pelumpuran (*puddling rakes*)

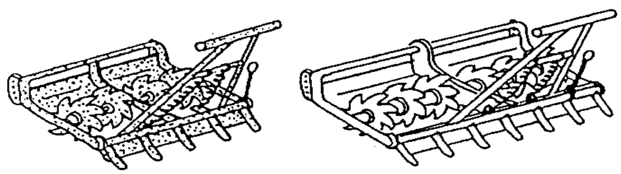
Sisir pelumpur dilengkapi dengan plat-perata (*leveler plate*) di depan atau di belakang plat jari-jari (*finger plate*) seperti terlihat pada **Gbr. 5.5.3**. Plat paku (*spike plate*) atau plat jari-jari selama pekerjaan pelumpuran, condong atau miring ke arah belakang dengan sudut 30°.



Gbr. 5.5.3. Struktur dari sisir pelumpur

5.5.1.3. Alat pelumpur yang lain

Salah satu alat pelumpur yang populer pada tahun 1950-an dan tahun 1960-an adalah yang disebut "**rotor pelumpur tipe kembang**" (***flower type puddling rotor***), yang dikembangkan oleh Toyosha Co. Ltd., pada tahun 1950-an untuk tenaga ternak seperti terlihat pada **Gbr.** 5.5.4. (1950, T. Tanoue, Patent No. Shou-31-18621, etc., Japan) Alat ini dimodifikasi dan secara populer digandengkan pada traktor roda-2.



Gbr. 5.5.4. Rotor pelumpur tipe kembang

(Catatan : Alat pelumpur, tipe riding (***riding puddler***) dapat dinaiki operator dan digandengkan di belakang traktor roda-2, telah dicoba di Jepang pada tahun 1970-an. Akan tetapi karena petani mulai beralih dari traktor roda-2 ke traktor roda-4, maka alat-alat pelumpur dan bajak tradisional telah sepenuhnya diganti dengan *rotary power tiller* atau ***rotari puddling tiller*** yang diciptakan untuk traktor roda-4 sejak tahun 1970-an, maka traktor roda-2 kemudian lebih banyak digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan lain di luar pekerjaan pelumpuran.

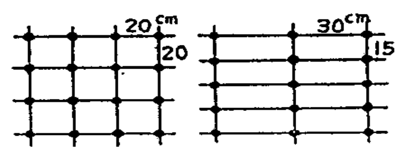
5.5.2. Peralatan-peralatan lainnya

5.5.2.1. Alat penyiang padi

Menyiang dengan alat manual merupakan pekerjaan berat bagi petani, terutama selama musim panas, dan mereka sering menderita lumbago. ***Manual paddy weeder*** **(Gbr. 5.5.5) diciptakan pada tahun 1940-an di Jepang, dan sekarang alat ini merupakan salah satu alat penyiang yang populer di negara-negara Asia. Agar penggunaan alat ini efisien, maka mulai dari tahun 1950-an sampai tahun 1960-an, di seluruh Jepang petani merubah jarak** tanam tradisional yakni 20 x 20 cm, yang disebut ***square-corner-planting***, seperti terlihat pada **Gbr. 5.5.6**, menjadi ***drill planting***, dengan jarak 30 x 15 cm, yang ***disebut avenue-planting***.

Alat penyiang tiga alur juga tersedia dan ditarik oleh traktor roda-2 atau roda-1.

Gbr. 5.5.5. Manual paddy weeder



Gbr. 5.5.6. Pola tanam

5.5.2.2. Alat panen padi (*paddy reapers*)

Mulai tahun 1960-an sampai 1970-an, ada dua tipe alat panen padi di Jepang, yaitu ***reciprocating cutter type dan disc-cutter type***. Semua alat panen ini, pada tahun 1980-an telah diganti dengan alat yang disebut *specialized reaper*, *reaper binder* dan *combine harvester*.

Semua mesin-mesin ini hanya bermanfaat untuk memanen padi varietas Japonica, yang tidak mudah rontok dan tidak cocok untuk padi varietas Indica, yang mudah rontok, yang menyebabkan padi banyak hilang atau susut di lapang.

5.5.2.3. Alat tanam dan pupuk langsung (*Paddy-direct-fertilizing-seeder*)

Dewasa ini, cara penanaman padi yang baru yang disebut direct-sowing-system, telah diterapkan oleh petani-kunci di Jepang. Lagipula, teknologi pemupukan sepanjang barisan telah dikembangkan. Oleh karena itu kedua alat tersebut, ***paddy drill seeder*** dan ***drill-fertilizer***, telah disatukan menjadi mesin baru yang disebut **paddy-direct-fertilizing-*seeding-machines*** dengan tipe dapat dinaiki (*riding type*) untuk abad 21 mendatang yang telah dikembangkan sejak tahun 1980-an, dengan dilengkapi teknologi baru.

5.6. Konsep biaya dan harga dalam perencanaan desain

Biaya produksi dan struktur harga mesin dalam jaringan penjualan adalah salah satu dari faktor desain yang penting bagi seorang insinyur untuk menciptakan mesin baru dan harus dapat memenuhi tidak saja kebutuhan petani tetapi juga kebutuhan dealer.

Dalam pasar bebas, banyak jenis traktor roda-2 telah dikembangkan, diproduksi secara massal dan dijual dalam jumlah besar melalui jaringan dealer khusus dengan layanan purna-jual yang aktif pada petani.

Ada dua tujuan dari layanan purna-jual. Pertama adalah untuk mempertahankan kinerja mesin dan memberi kepuasan kepada petani pemilik mesin. Yang kedua, untuk memperoleh informasi teknis dan garis-garis besar desain, dan ini dapat dimanfaatkan untuk membuat mesin-mesin baru masa depan.

Mesin-mesin yang tidak mendapat dukungan dari dealer, tidak mungkin mencapai penjualan massal yang stabil.

5.6.1. Jaringan pemasaran traktor roda-2

Jaringan pemasaran modern untuk produk-produk industri terdiri dari jaringan penjualan dan jaringan pelayanan. Usaha pemasaran juga mempunyai dua aspek yakni aspek pasar domestik dan aspek pasar ekspor. Ada banyak tipe dari jaringan penjualan dalam pasar bebas. Uraian di bawah ini menunjukkan tipe yang tipikal : [r32]

1. **Pasar domestik**

Saluran-A_D : Pabrik ⇒ Pedagang besar ⇒ Dealer kabupaten ⇒ Pengecer ⇒ Petani

Saluran-B_D : Pabrik ⇒ Perusahaan penjualan ⇒ Pengecer ⇒ Petani

Saluran-saluran tersebut di atas menunjukkan bahwa bagian penjualan di pabrik, menjual produksinya melalui pedagang besar yang ditunjuk atau perusahaan penjualan mereka ke agen tunggal yang terpusat dan biasanya hanya ada satu agen dalam satu negara.

Saluran B_D menunjukkan suatu saluran modern yang lebih pendek dari saluran A_D. Karena ada pedagang diantara pabrik dan pengecer yang disebut perantara, untuk membuat agar terjadi harga eceran yang bersaing dari produk tertentu rasionalisasi untuk mempersingkat sistem perantara diterapkan pada saluran konvensional oleh mereka sendiri, untuk memperpendek saluran penjualan. Akan tetapi distribusi geografis dari pengecer dalam jaringan diatur dengan pertimbangan waktu, sehingga pelayanan purna jual berfungsi dengan sempurna, misalnya mobil service dengan peralatan dan suku cadang dapat tiba di tempat beberapa jam setelah menerima **keluhan kerusakan** (trouble shooting) dari petani di lapangan, pada musim sibuk di lapangan.

2. **Pasar ekspor (tanda "→" berarti ekspor)**

Ada berbagai saluran, tergantung pada kebiasaan perdagangan setiap negara.

Saluran A_E : Pabrik ⇒ eksportir → importir ⇒ Agen tunggal ⇒ Dealer kabupaten ⇒ Pengecer ⇒ Petani

Saluran B_E : Pabrik ⇒ Perusahaan dagang → Agen tunggal ⇒ Dealer kabupaten ⇒ Pengecer ⇒ Petani

Saluran C_E : Pabrik → Agen tunggal pengimpor ⇒ dealer kabupaten ⇒ Pengecer ⇒ Petani

Saluran C_E lebih pendek dibanding saluran A_E. Lagi pula, dewasa ini, sistem perdagangan ini sedang berubah. Dengan pembangunan industrialisasi, di banyak negara berkembang, sedang digalakkan suatu **kerjasama-dagang** secara global, untuk mengimpor suatu **Pabrik knockdown**, **Pabrik** assembling, dan komponen-komponen mesin dan suku cadang dari mesin-mesin yang dikembangkan oleh **pabrik** aslinya di suatu negara berkembang, untuk meningkatkan kandungan lokal dari mesin tersebut.

5.6.2. Biaya produksi, mark-ups dan struktur harga

Untuk memperoleh penjualan yang sukses dan penerapan mesin dan peralatan-peralatan yang berhasil, bukan hanya kinerja alat yang menentukan, tetapi juga biaya produksi yang sebenarnya dan **struktur** harga dalam saluran penjualan harus rasional dibanding mesin-mesin yang sama produksi pabrik lain.

Karena itu, penting bagi insinyur perencanaan desain mendapatkan gambaran yang benar tentang saluran pemasaran dan konsep markup serta harga eceran, agar dapat memperoleh kepuasan dealer. **Mark-up** adalah istilah khusus dalam ekonomi, dan "perbandingan margin terhadap biaya produksi" (%) bukan terhadap harga jual, digunakan dalam sektor perdagangan.

Struktur harga dalam pasar domestik dinyatakan dengan persamaan-persamaan berikut : [r32]

Saluran A_D :

$$P_{RD} = P_{C1}\,(1 + (M_M/100))(1 + (M_W/100))(1 + (M_D/100))(1 + (M_R/100)) \qquad (c1)$$

Saluran-B_D :

$$P_{RD} = P_{C1}\,(1 + (M_M/100))(1 + (M_S/100))(1 + (M_R/100)) \qquad (c2)$$

dimana :

P_{RD} : harga eceran dari pengecer kepada petani domestik

P_C : harga pokok

P_{C1} : biaya produksi di pabrik

P_{C2} : harga jual dari pabrik kepada agen tunggal dan harga pokok agen tunggal

$$P_{C2} = P_{C1} + (P_{C1}A/100) = P_{C1}(1 + A/100)) \qquad (c3)$$

M_M, M_W, M_D, M_R, M_S : markups dari pabrik, agen tunggal, dealer kabupaten atau "sole agents", pengecer, perusahaan penjual, masing-masing (%).

Menurut laporan keuangan dari perusahaan-perusahaan pada "stock markets", dai laporan statistik pemerintah, markup secara umum di Jepang berkisar 20 -25 %

A : Nilai mark-up (%)

Karena itu, struktur harga ini menunjukkan bahwa harga eceran traktor roda-2 adalah :

"biaya produksi x 1.7 - 2.0" untuk saluran B_D

Harga eceran di negara pengimpor akan diperoleh dari persamaan berikut : [r32]

Saluran-C_E

$$P_{RE} = P_{C1} (1 + (M_M/100))(c1)(1 + (M_I/100))(1 + (F_I/100))$$
$$(1 + (T_I/100))(1 + (M_D/100))(1 + (M_R/100)) \qquad (c4)$$

dimana :

M_M, M_I, M_D, M_R : masing-masing, markups dari pabrik, agen-importir, dealer kabupaten, dan pengecer. Harga-harga ini sedikit lebih besar dibanding dengan harga-harga di negara-negara pengekspor, karena adanya pajak atau sistem perdagangan yang berbeda seperti, pajak impor, pajak penjualan dsb., dan jumlah yang kecil dari penjualan unit mesin.

Untuk negara-negara maju, kisaran harga-harga tersebut adalah 25 - 30 %.

F_I : perbandingan dari "ocean freight" dan biaya asuransi terhadap **FOB price** (%). FOB price adalah harga jual dari eksportir pada importir di pelabuhan negara pengekspor. Importir harus membayar **CIF price** sbb :

CIF price = FOB price + ocean freight charge + biaya asuransi (c5)

Ocean freight charge dihitung dari volume (m^3) atau berat (metric ton) dan jarak. Dari Jepang ke negara-negara ASEAN, F_I untuk traktor roda-2 mungkin kurang dari 5 %, dan biasanya 2 - 3 % dari FOB price [r32].

T_I : perbandingan pajak impor terhadap CIF price di negara pengimpor. Nilai ini berubah, dan biasanya 5 - 15 % di negara pengimpor [r32].

Maka studi kasus dari saluran-saluran ini menunjukkan harga eceran di negara-negara pengimpor, secara umum, 3 - 4 kali lebih besar dari biaya produksi dan 1.5 - 2 kali lebih tinggi dibanding harga eceran di negara produsen [r32].

5.6.3. Harga traktor dan penghasilan petani kecil

Aliran difusi dari traktor roda-2 dan traktor roda-4 pada usaha tani kecil di Jepang, dan aliran total penjualan untuk traktor roda-2 di Philippina, menunjukkan tendensi ekonomi sebagai berikut : [r33]

Ada beberapa kasus dimana petani menunjukkan kecenderungan pada awalnya sangat aktif melakukan pembelian traktor roda-2 dan juga traktor roda-4, jika **penghasilan kotor tahunan petani**, mempunyai tingkat yang kira-kira sama dengan harga eceran traktor dan peralatan pengolah tanahnya.

Karena itu, spesifikasi teknis, kinerja dan ketahanan dari traktor dan peralatan pengolahan tanahnya, harus benar-benar optimum untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan usaha tani berskala kecil, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A \geq P_{TA}/(P_{FP}\ Y_A) \qquad \therefore\ P_{TA} \leq P_{FP}\ A\ Y_A \qquad \text{(c6)}$$

dimana :

A : luas tanah yang diusahakan setiap tahun (ha)

P_{TA} : harga eceran total dari traktor dan peralatannya

P_{FP} : harga jual padi atau tengkulak (harga/kg)

Y_A : rata-rata hasil padi gabah per tahun (kg/ha)

Tendensi ekonomi ini, dalam hubungannya dengan penghasilan petani dan harga traktor, sangat berguna sebagai pedoman tidak saja di bidang teknik desain mesin-mesin pertanian tetapi juga untuk testing di lapang, untuk usaha penyuluhan, penjualan mesin, yang dilakukan oleh para insinyur pertanian dalam pengembangan mekanisasi usaha tani.

DAFTAR PUSTAKA

III 114a-i

a1) A Charted Survey of Japan, 1967-1994/95, The Kokusei-sha Corporation, Tokyo

III 114-a-iii

c1) Agricultural Machinery Yearbook, -1996, Shin-norinsha Co., Ltd., Tokyo

III 114a-iv

e1) Sakai, J., Zou, C., Nakaji, K., 1989, Studies on Optimal Control of Farm Power-Transmission-Equipment Systems (Part 1), JSAM Journal, 51(1), 13-20, Japan

III 114a-v. 2 (wheels)

w1) Sakai, J., Surin, P., Kishimoto, T., 1987, A Study on Design Theories of Iron Wheels for Plowing, AMA 18(4), 11-18, Shin-Norinsha Co., Ltd., Tokyo

w2) ASAE S296.3, 1994, ASAE Standards, 141-143, USA

w3) Sakai, J., Kishimoto, T., Surin, P., 1988 : Basic Studies on Design Theories of Agricultural Wheels (Part 1), JSAM Journal, 50(6), 11-18, Japan

w4) Sakai, J., Zhou, W., et. al., 1990 : An Equipment for Measuring Forces Acting on the Agricultural Wheel lug, Res. Bul. JSAM Kyushu Branch, 39, 6-10, Japan

w5) Sakai, J., Kishimoto, T., Inoue, E., et. al., 1991 : A Proposal of Lift Resistance on A Wheel Dynamic, Proceeding of International Agricultural Mechanization Conference, 2, 116-133, China

w6) Kishimoto, T., Taniguchi, T., Sakai, J., et. al., 1991 : Development of Devices for Measuring External Forces Acting on Agricultural Lugged Wheels (Part 2), Res. Bul. Obihiro Univ., 279-287, Japan

w7) Sakai, J., Choe, J., Kishimoto, T., Yoon, Y. T., 1993 : A Proposal A New Model of Wheel & Tractor Dynamics that Includes Lift Resistance, Proceedings, Inter. Conf. for Agric. Machinery and Process Eng'g, 1176-1175, KSAM, Korea w8) Kishimoto, T., et. al., 1993 : Effect on Lift Resistance on Dynamic Load Acting on A Circular Wheel, ditto., 1166-1175, KSAM, Korea

w9) Sakai, J., Yoon, Y. D., Choe, J. S., Chung, C. J., 1993, Tractor Design for Rotary Tillage Considering Lift Resistance, KSAM Journal, 18(4), 344-350, Korea

w10) Sakai, J., Choe, J. S., Inoue, E., 1994, Lift Resistance of Wheels and Design Theories of Wheel Lugs (Part 1), JSAM Journal, 56(2), 3-10, Japan

w11) Sakai, 1994, New Tractor Dynamics with New Wheel Dynamics on Paddy Fild Cultivation, Guest Lecture Paper, 12 Pages, Int. Agric Eng'g Conf. AIT, Thailand

w12) Kishimoto, T., Choe, J. S., Sakai, J., 1997, Lift Resistance Acting on Wheel Lugs and Lift Resistance Ratio, Res. Bull. Obihiro Univ., 20(2), 127-132, Japan

III 114a-v. 3 (plows)

p1) Kishida, Y., 1954, Matsyama Genzo Ou Hyoden, Shin-Norinsya Co., Ltd., Tokyo, Japan

p2) Sakai, J., 1984, Technological Characteristics of Japanese Animal-Drawn Ploughs for Mechanizing Small Farms, Nation Symposium on Machinery for Agriculture, The Institute of Engineers, pp. 15, Sri Langka

p3) Sakai, J., Surin, P., Kishimoto, T., 1987, Study on Basic Knowledge of Plowing Science for Asia Lowland farming, AMA, 18(1), 11-21, Shin-norinsha, Co., Ltd., Tokyo

p4) ditto., 1987, AMA, 18(2), ditto, 11-17, ditto

p5) ditto, 1987, Engineering Design Theories of Hand-Tractor Plows, AMA, 18(3), 11-19, ditto

p6) Surin, P., Sakai, J., Kishimoto, T., 1988, A Study on Engineering Design Theories of Hand-Tractor Plows II, AMA, 19(2), 9-19, ditto

p7) Sakai, J., 1990, Principles of Walking Tractor Plowing and Design Theories of Japanese Plows, Journal of JSAM Kyushu Chapter, 30, 38-46, Japan

III 114a-v. 4(rotary tiller)

r1) Sakai, J., 1960, Ph. D., Thesis, Kyushu University, A Theoretical Approach to The Mechanism and Performance of The Hand Tractor with A Rotary Tiller, together with Practical Application, 160 pages, published in 1962, JSAM Kyushu Section and Shin-norinsha Co., Ltd., Tokyo

r2) Sohne, W., 1957, Einfluss von Form und Anordnung der Werkzeuge auf die Antribsmomente von Ackerfrasen, Grundlg. D. Landtechn., Heft 9, Germany

r3) Bernacky, H., 1962, Theory of The Rotary Tiier, Inst. of Mech. and Elect. of Agric. In warsawa, Bul. No. 2, 9-64, of which English Translation is in MTML, USAID, USA

r4) Sakai, J., Salas, Sr., C.G, 1977, Graphical Studies on Resultante Force of Rotary Tillage Resistance (Part 1), Bul. Fac. Ag. Mie. Univ., 54, 223-258, Japan

r5) Shibata, Y., Sakai, J., 1977, Study on Rotary Tillage Resistances of A Japanese C-Shape Blade, JSAM Journal, 39(4), 447-457, Japan

r6) Sakai, J., Shibata, Y., 1977, Studies on Feedback Power and Power Transmission Systems of Closed-loop for Rotary-Tilling Tractors, JSAM Journal, 39(3), 287-297, Japan

r7) Shibata, Y., Sakai, J., 1978, Dynamic Characteristics of Tractor Mounted with Rotary Tillers (I), JSAM Journal, 40(3), 345-353, Japan

r8) Shibata, Y., Sakai, J., 1979, ditto (II) & (III), 41(1) 37-42 & 41(2) 207-214, Japan

r9) Sakai, J., 1979, Engineering Characteristics of Rotary Tillage Resistances of Japanese Rotary Tillers with Tractors, Proceeding of 8th Conference of ISTRO, Vol. 2, 415-420, Session 14, Bundesrepublik Germany

r10) Sakai, J., Shibata, Y., Taguchi, T., 1976, Design Theory of Edge-Curve for Rotary Blades of Tractors, JSAM Journal, 38(2), 183-190, Japan

r11) Sakai, J., 1977, Some Design Know-How of Edge-Curve Angle of Paddy Rice Cultivation, AMA, 8(2), 49-57, Shin-norinsha Co. Ltd., Tokyo

r12) Sakai, J., Shibata, Y., 1977, Design Theories on Scoop-surface of Rotary Blades for Tractors, JSAM Journal, 39(1), 11-20, Japan r13) Sakai, J., 1978, Designing Process and Theories of Rotary Blades for Better Rotary Tillage (Part 1)(Part 2), JARQ, 12(2) 86-93, 12(4) 198-204, Tropical Agriculture Research Center, Ministry of Ag., For. and Fish., Japan

r14) Sakai, J., Zou, C., 1987, Stdies on Feedback Power and Power Transmission Systems of Closed-loop for Rotary Tilling Tractors (Part 2), JSAM Journal, 49(3), 189-195, Japan

r15) Sakai, J., Zou, C., 1987, ditto (Part 3), JSAM Journal, 49(3), 189-195, Japan

r16) Sakai, J., Zou, C., 1988, ditto (Part 4), JSAM Journal, 50(1), 19-26, Japan

r17) Sakai, J., 1979, Studies on Design Theories of Single-edged and Double-edged Rotary Blades for Tractors, The Bull. Fac. Ag., Mie Univ., No. 58, 129-135, Japan

r18) Sakai, ., Hai, L V., 1982, The Reduced Tillage Energy of Japanese Rotary Blades, Proceeding of 9th Conferance of ISTRO, 639-644, Osijek, Croatia

r19) Hai, L. V., Sakai, J., 1983, Studies on the Tillage Characteristics of Single and Double Edged Blades for Japanese Rotary Blades (Part 1), JSAM Journal, 45(1), 49-54, Japan

r20) Hai, L. V., 1983, Basic Research on Characteristics and Design Theories of Rotary Tiller Blades, Ph. D thesis, Kyushu University, 325 pages, Japan

r21) Hai, S., Sakai, J., 1989, Study on The Mathematical Model of Japanese Rotary Blades for Computer Aided Design (Part I), JSAM Journal, 51(1), 29-35, Japan

r22) Hai, S., Sakai, J., 1995, ditto (Part II), 57(6), 19-28, Japan

r23) Hai, S., 1993, Design Theories and Production Technology of Japanese Rotary Tiller Blades, texbook, 81 pages, Farm Machinery Section, Tsukuba International Agricultural Training Center, JICA, Japan

r24) Mizota, T., Sakai, J., Noguchi, R., Chen, P., 1991, Optimum Design of the Agricultural Rotary Tiller Blades by Fuzzy Inference (1st report), Journal of Japanese Society of Design Engineering, 26(10), 511-516, Japan

r25) Mizota, T., Sakai, J., Noguchi, R., 1991, ditto(2nd report), ditto, 26(11), 548-550, Japan r26) Sakai, J., Shibata, Y., 1978, Design Theory of Rotary Blades' Arrangement for Tractors, JSAM Journal, 40(1), 29-40, Japan

r27) Sakai, J., Mizota, T., Chen, P., Noguchi, R., 1990, Development of Expert CAD systems for Tractor Tillage Mechanism Proceeding of International Conf. on Eng'g Design, ICED, 313-322, Dubrovnik, Croatia

r28) Chen, P., Sakai, J., Noguchi, R., 1991, Studies on Optimum Design Theories of a Rotary Shaft and the Expert CAD System (Part 3), JSAM Journal, 53(2), 53-61, Japan

r29) Chen, P., Sakai, J., Noguchi, R., 1991, ditto, 53(3), 35-45, Japan

r30) Sakai, J., Hai, L. V., 1966, Agricultural Engineering of Rotary Tilling Tractors, Lecture Text No.. 11-1 & 2, 1983 edition, Tsukuba International Agricultural Training Center, JICA, Japan

r31) Sakai, J., Salas, C. G., 1976, Some Coefficients in the Principle of The Rotor Tillage and Their Applications, Bulletin of Fac. of Ag., Mie University, 51, 119-144, Japan

r32) Sakai, J., 1972, Analysis on Market Price Concept of Imported Farm Machinery in Developing Countries. AMA, 3(2), 23-27, Shin-norinsha Co., Ltd., Tokyo

r33) Sakai, J., 1979, Some Principles of Mechanization Development for Small-Scale Family Farming, AMA, 10(4), 11-17, Shin-norinsha Co., Ltd., Tokyo

INDEKS

L

M

P

R

S

T

W

TERMINOLOGI
TRAKTOR DAN PERALATAN

Daftar Terminologi.

I. Mekanisasi Pertanian

No.	*Terminology*	Terminologi	Pengertian
1.	*Contract farming*	Kontrak usaha tani	Usaha tani yang dilakukan dengan sistim kontrak, dimana pemilik lahan membayar upah kepada kontraktor usaha tani
2.	*Conventional farming*	Usaha tani konvensional	Usaha tani yang dilakukan berdasarkan kebiasaan-kebiasaan setempat
3.	*Farm*	Usaha tani	Kegiatan untuk produksi pertanian
4.	*Farm machinery*	Mesin-mesin usaha tani	Mesin-mesin yang digunakan pada usaha tani
5.	*Farm mechanization*	Mekanisasi usaha tani	Penerapan alat dan mesin pada kegiatan usaha tani
6.	*Field*	Lapang	Lahan tempat kegiatan budidaya pertanian
7.	*Field machinery*	Mesin-mesin lapang	Alat atau mesin yang digunakan dalam budidaya pertanian
8.	*Group farming*	Kelompok tani	Kelompok petani yang dibentuk dalam rangka kerja sama dalam usaha tani
9.	*Modern farming*	Pertanian modern	Kegiatan usaha tani yang berwawasan agribisnis, dimana semua subsistem agribisnis berjalan selaras dan pelaku taninya berbudaya industri
10.	*Primary industry*	Industri primer	Industri pemanfaatan sumber daya alam untuk menghasilkan produk pertanian (bio produksi) untuk konsumsi atau bahan baku bagi industri selanjutnya.
11.	*Secondary industry*	Industri sekunder	Industri yang menggunakan bahan baku hasil industri primer, termasuk pertambangan, konstruksi, pabrikasi dan lain-lain
12.	*Small scale farm*	Usaha tani skala kecil	Usaha tani kecil diukur dari skala luasan lahan produksi
13.	*Tenancy, tenant farming system*	Usaha tani penggarap	Sistim usaha tani yang dilakukan dengan cara bagi hasil antara pemilik dan penggarap
14.	*Tertiary industry*	Industri tersier	Industri transportasi dan komunikasi, perdagangan, keuangan, listrik, telekomunikasi dan jasa dan lainnya

II. Traktor Pertanian

No.	*Terminology*	Terminologi	Pengertian
1.	*Agricultural Equipment*	Peralatan pertanian	Peralatan yang dirancang untuk mengerjakan operasi pertanian
2.	*Agricultural field equipment*	Perlengkapan lapang pertanian	Trator pertanian, mesin-mesin swa gerak, peralatan, dan kombinasinya yang dirancang terutama untuk operasi lapang pertanian
3.	*Agricultural tractor*	Traktor pertanian	Suatu mesin traksi yang utamanya dirancang dan dinyatakan sebagai penyedia tenaga bagi peralatan pertanian dan perlengkapan usaha tani. Traktor pertanian bergerak sendiri serta menyediakan gaya kearah tempuhnya, memungkinkan alat pengolah tanah dan peralatan pertanian lainnya yang digandengkan bekerja sesuai dengan fungsinya
4.	*Attachment*	Kelengkapan	Alat-alat pelengkap traktor, seperti pemberat, batang pengangkat, batang tarik, roda sangkar, dan sebagainya

5.	*Elevation angle*	Sudut elevasi	Sudut permukaan kontak roda dengan rangka ujung rangka traktor
6.	*Engine*	Motor	Motor bakar.
7.	*Engine tension*	Tegangan motor	Tegangan sabuk kopling utama dengan cara mengatur dudukan motor agar efisien dalam penyaluran tenaganya
8.	*Feedback power*	Tenaga umpan balik	Bagian dari tenaga balik yang disalurkan ke poros roda penggerak dan ke poros rotari melalui transmisi traktor.
9.	*Full gear transmission*	Transmisi roda gigi penuh	Transmisi yang hanya menggunakan roda gigi dalam merubah putaran motor
10.	*Garden tractor*	Traktor kebun	Traktor yang dirancang untuk penggunakan dilahan pekarangan
11.	*Gear and chain transmission*	Transmisi roda gigi dan rantai	Transmisi yang menggunakan kombinasi roda gigi dan rantai dalam merubah putaran motor
12.	*Gear case*	Rumah roda gigi	Rumah gigi–gigi transmisi, merupakan suatu ruangan tertutup yang didalamnya tersusun roda-roda gigi transmisi
13.	*Governor*	Governor	Bagian pada motor bakar yang mengatur motor beroperasi pada putaran tetap baik tanpa beban maupun dengan beban
14.	*Hand tractor*	Traktor tangan	Traktor yang dikendalikan oleh operator dengan tangan sambil berjalan, pada mulanya berbelok dengan dorongan tangan pada batang kemudi
15.	*Hitch point*	Titik gandeng	Bagian dimana implemen digandengkan pada traktor
16.	*Hobby tractor*	Traktor hobi	Traktor yang dirancang untuk operasi produksi pertanian sebagai hoby. Umumnya hanya digunakan pada hari libur kerja seperti di pekarangan.
17.	*Idler tension type*	Tipe tegangan sabuk	Traktor roda dua dengan kopling utama menggunakan pulli pengencang sabuk
18.	*Implement*	Peralatan	Peralatan lapang yang ditarik traktor
19.	*Lift reduction*	Reduksi angkat	Perbedaan angkatan roda maksimum dengan angkatan sebenarnya terhadap angkatan sebenarnya, dinyatakan dalam persen (%)
20.	*Lift resistance*	Tahanan angkat	Tahanan yang terjadi pada muka sirip pada permukaan tanah ketika sirip roda mulai bergerak ke atas
21.	*Lift resistance ratio*	Nisbah tahanan angkat	Nisbah tahanan angkat roda terhadap beban dinamik
22.	*Load transfer phenomenon*	Fenomena pindah beban	Fenomena perubahan gaya normal pada roda traksi dan alat transport kendaraan dalam kondisi operasi dibandingkan dengan keadaan statis
23.	*Machine dry weight*	Berat kering mesin	Berat motor bakar atau traktor tidak termasuk bahan pelumas dan bahan bakar
24.	*Machine wet weight*	Berat basah mesin	Berat motor bakar atau traktor dengan bahan pelumas dan bahan bakar terisi penuh.
25.	*Master clutch*	Kopling utama	Kopling yang berfungsi memutuskan penyaluran daya dari motor ke transmisi
26.	*Net traction*	Traksi bersih	Gaya searah maju traktor yang dihasilkan oleh alat traksi dan dipindahkan ke kendaraan
27.	*Power rating*	Keluaran tenaga	Daya yang dianjurkan digunakan dari suatu traktor atau motor penggerak untuk digunakan secara terus menerus.
28.	*Power tiller*	Traktor roda dua	Traktor roda dua yang diperlengkapi dengan alat pengolah tanah untuk persiapan tanam.
29.	*Power transmission efficiency*	Efisiensi penyaluran tenaga	Nisbah antara tenaga yang dimanfaatkan poros luaran transmisi dibandingkan dengan tenaga yang tersedia pada motor

30.	*Professional tractor*	Traktor profesoinal	Traktor yang dirancang untuk digunakan terus menerus sepanjang musim di lahan pertanian.
31.	*PTO*	PTO	*Power Take off*, sumber tenaga putar pada traktor
32.	*Return power*	Tenaga balik	Tenaga pengolahan tanah yang dikembalikan lagi kepada motor selama operasi rotari
33.	*Riding tractor*	Traktor tunggang	Traktor yang mempunyai roda lebih dari dua dan dapat dikendarai oleh operator
34.	*Stabilizing clearance*	Jarak longgar penstabil	Jarak antara sekrup pembatas ayunan bajak dengan plat titik gandeng traktor
35.	*Steering clutch*	Kopling belok	Bagian untuk memutus penyaluran daya dari motor/transmisi ke roda traktor
36.	*Virtual point of action*	Titik maya aksi gaya	Lokasi titik tangkap resultan gaya pengolahan tanah
37.	*Walking tractor*	Traktor jalan	Traktor tangan

III. Roda Traksi

No.	*Terminology*	Terminologi	Pengertian
1.	*Ballast*	Pemberat	Massa yang dapat dipasang atau dilepas untuk tujuan merubah beban total atau distribusi beban
2.	*Bias ply tire*	Bias lapis serat ban	Ban dengan senar pada badan lapis seratnya dijalin melintang diagonal dari *bead* ke *bead*
3.	*Breaker plies*	Pemisah lapis serat	Lapis serat dari bahan senar , didalam bias lapis serat ban, yang tidak terikat pada *bead*
4.	*Cage wheel*	Roda sangkar	Roda traktor, terbuat dari besi yang mempunyai punggung roda ganda membentuk silinder yang diperkuat oleh ruji-ruji (umumnya berjumlah 8-16 buah)
5.	*Cinch band or belt*	Pita cinch atau sabuk	Lapis serat dari bahan senar dibawah daerah kembang ban yang memepunyai senar hampir sejajar terhadap garis pusat dari ban. Senar ini tidak mengikat ke *bead* ban tetapi menambah kekuatan sekeliling ban
6.	*Circumferential lug spacing*	Celah sirip melingkar	Jarak dari sisi depan sirip ke sisi belakang sirip didepannya diukur sejajar garis pusat ban pada muka sirip
7.	*Drawbar power*	Tenaga tarik	Hasil kali gaya tarikan dengan kecepatan kendaraan searah gerak maju
8.	*Drawbar pull*	Gaya tarikan	Gaya searah gerak yang dihasilkan oleh kendaraan pada titik gandeng (*hitch*) atau batang tarik (*drawbar*)
9.	*Dynamic load*	Beban dinamis	Total gaya normal terhadap bidang referensi dari permukaan pendukung sebelun terganggu yang dikerahkan oleh alat traksi atau alat transport dalam keadaan operasi. Gaya ini sebagai hasil dari *ballast* dan atau gaya-gaya mekanis yang bekerja. Berdasarkan pengalaman untuk sawah direkomendasikan lebih besar dari 0.25 kgf/cm^2 (25 kPa) sebagai pedoman desain.
10.	*Dynamic traction ratio*	Nisbah traksi dinamis	Nisbah dari gaya tarikan kendaraan terhadap beban dinamis pada alat traksi dari kendaraan
11.	*End of lug clearance*	Jarak longgar ujung kembang	Jarak dari sisi belakang dari kembang ke ujung kembang berikutnya
12.	*Gross traction ratio*	Nisbah traksi kotor	Nisbah dari traksi kotor terhadap beban dinamis

13.	*Gross traction*	Traksi kotor	Gaya total tersedia pada roda traksi searah searah gerak maju yang didefinisikan sebagai torsi masukan pada roda dibagi dengan radius putar roda pada kondisi nol (torsi/r_0) tertentu
14.	*Inflation pressure*	Tekanan angin	Untuk ban yang diisi udara, adalah merupakan tekanan terukur, diukur dengan pentil pada posisi dimana saja. Untuk ban yang berisi air, adalah merupakan tekanan terukur, diukur dengan suatu alat ukur tekanan angin-air dengan pentil pada posisi dasar
15.	*Inner-lug*	Sisi dalam sirip	Bagian dalam sirip suatu roda traktor
16.	*Input power*	Tenaga masukan	Hasil kali torsi masukan dengan kecatan sudut dari poros penggerak dari suatu alat traksi
17.	*Input torque*	Torsi masukan	Moment penggerak pada poros alat traksi
18.	*Iron wheel*	Roda besi	Roda traktor, terbuat dari besi, dengan punggung roda tunggal dan dilengkapi dengan sirip-sirip sebelah luar
19.	*Load transfer*	Pindah beban	Perubahan gaya normal pada roda traksi dan alat transport kendaraan dalam kondisi operasi dibandingkan dengan keadaan statis
20.	*Loaded radius (static)*	Radius pembebanan statis	Jarak dari pusat poros ke permukaan pendukung untuk ban pada saat tekanan angin sesuai rekomendasi, dipasang pada suatu pelek yang diperkenankan dan membawa beban yang direkomendasikan
21.	*Lug angle*	Sudut sirip	Sudut antara garis pusat dari muka sirip terhadap garis pusat ban
22.	*Lug base*	Dasar sirip	Proyeksi ketebalan dari lebar sirip pada titik dimana bidang proyeksi dari sisi depan dan sisi belakang sirip bertemu dengan proyeksi dasar kembang roda
23.	*Lug face*	Muka sirip	Permukaan terluar dari sebuah sirip roda
24.	*Lug fillet*	Penyambung sirip	Bagian lengkung yang menyatukan sisi sirip dengan dasar kembang roda
25.	*Lug height*	Tinggi sirip	Jarak diukur dari dasar kembang ke muka sirip
26.	*Lug length*	Panjang sirip	Jarak diukur dari ujung ke ujung sepanjang garis pusat dari muka sirip
27.	*Lug pitch*	Jarak bagi sirip	Jarak pada garis pusat ban antara pusat ke pusat (melingkar) sirip pada satu sisi ban pada muka sirip
28.	*Lug side*	Sisi sirip	Permukaan sirip antara dasar kembang dengan muka sirip
29.	*Lug side, leading*	Sisi depan sirip	Bagian depan sirip suatu roda traktor
30.	*Lug side, trailing*	Sisi belakang sirip	Bagian belakang sirip suatu roda traktor
31.	*Lug Spacing*	Spasi sirip	Jarak antara dinding terluar sirip dengan sirip terdekat
32.	*Lug taper (for leading or trailling side of lug)*	Ketajaman sirip	Sudut yang dibentuk oleh sisi sirip dengan suatu garis sejajar terhadap jari-jari yang memanjang dari garis pusat sirip ke pusat roda
33.	*Lug width*	Lebar sirip	Lebar muka sirip diukur tegak lurus terhadap garis pusat muka sirip
34.	*Lug-wheels*	Roda sirip/roda angkat	Roda yang memiliki sirip besar
35.	*Motion resistance of traction device*	Tahanan gerak alat traksi	Selisih antara traksi kotor dan traksi bersih
36.	*Motion resistance of transport device*	Tahanan gerak alat transport	Gaya dibutuhkan searah gerak untuk mengatasi tahanan dari permukaan pendukung dan tahanan dalam dari perangkatnya

37	*Motion resistance ratio*	Nisbah tahanan gerak	Nisbah antara tahanan gerak dengan beban dinamis
38.	*Net traction ratio*	Nisbah traksi bersih	Nisbah dari traksi bersih terhadap beban dinamis
39.	*Outer-lug*	Sisi luar sirip	Bagian luar sirip suatu roda traktor
40.	*Output power*	Tenaga luaran	Hasil kali traksi bersih dengan kecepatan maju dari suatu alat traksi
41.	*Overall width*	Lebar menyeluruh	Lebar dari ban baru termasuk pengembangan normal disebabkan tekanan angin dan termasuk sisi bingkai pengaman dan dekorasinya
42.	*Percent tire deflection*	Prosentase lendutan ban	Lendutan ban dibagi dengan porsi tinggi penampang ban diatas puncak flens pelek
43.	*Perpendicular lug spacing*	Celah sirip tegak lurus	Jarak diukur tegak lurus dari sisi depan sirip ke sisi belakang sirip didepannya
44.	*Ply rating*	Peringkat lapis serat	Identifikasi dari suatu ban dengan beban maksimum yang direkomendasikan pada saat digunakan dalam suatu tipe layanan tertentu. Ini merupakan suatu indeks kekuatan ban dan tidak harus menunjukkan jumlah kapisan lapis serat dalam ban
45.	*Puddle wheel*	Roda pelumpur	Roda traktor,berbentuk seperti roda apung, lebih lebar, umumnya >400 mm
46.	*Radial ply tire*	Ban lapis serat radial	Ban dimana badan lapis serat dijalain secara radial dari *bead* ke *bead*
47.	*Rim diameter*	Diameter pelek	Diameter nominal pelek diukur dari pertemuan antara dudukan *bead* dan bagian vertikal dari flens rim
48.	*Rolling radius*	Radius gelinding	Keliling gelinding dibagi dengan 2 π. Adalah r_0 jika kondisi nol spesifik ditetapkan
49.	*Slip*	Slip	Ukuran gerak relatip permukaan kontak dari alat traksi atau alat transport dengan permukaan pendukungnya, dinyatakan dalam persentase (%) dan dihitung sebagai 1- nisbah tempuh, bila keliling gelinding telah dinyatakan pada kondisi menggeling sendiri pada permukaan keras atau permukaan uji pada beban uji dan tekanan angin roda pada saat itu.
50.	*Soil reaction force*	Gaya reaksi tanah	Resultan dari semua gaya-gaya yang bekerja pada alat traksi, yang aslinya berasal dari permukaan pendukung
51.	*Static load*	Beban statis	Total gaya normal terhadap bidang referensi dari permukaan pendukung sebelum terganggu, yang dikerahkan oleh alat traksi atau alat transport dalam keadaan stasioner dengan traksi bersih nol dan masukan traksi nol
52.	*Tangential pull value*	Nilai tarikan tangensial	Tarikan mendatar maksimum yang masih dapat ditahan oleh ban secara kontinyu, tidak termasuk beban sesaat dan beban puncak tak berkala
53	*Thread width*	Lebar kembang roda	Jarak dari bahu ke bahu
54.	*Thrust*	Gaya dorong	Gaya total pada arah gerak (horisontal) yang ditentukan dari pengukuran stess tangensial pada permukaan kontak tanah-alat traksi
55.	*Tire deflection (δ)*	Lendutan ban	½ diameter ban – radius pada beban statis

56.	*Tire diameter*	Diameter ban	Keliling roda diukur diatas sirip pada bidang pusat dibagi dengan π, dengan roda dipasang pada pelek yang direkomendasikan dan diisi angin pada tekanan operasi yang direkomendasikan dalam suatu kondisi tanpa beban
57.	*Tire section height*	Tinggi penampang ban	Tinggi dari ban baru, termasuk pengembangan normal, diukur dari diamter pelek ke titik radius maksimum pada muka
58.	*Tire section width*	Lebar penampang ban	Lebar dari ban baru, termasuk pengembangan normal disebabkan oleh tekanan angin dan termasuk dinding sisi normal tapi tidak termasuk sisi bingkai pengaman, rusuk, atau dekorasi
59.	*Traction device*	Alat traksi	Alat untuk menggerakkan suatu kendaraan dengan menggunakan gaya reaksi dari permukaan pendukung
60.	*Traction ratio vehicle*	Nisbah traksi kendaraan	Nisbah dari gaya tarik dari kendaraan terhadap beban kotor kendaraan
61.	*Traction wheel*	Roda traksi	Roda yang menggelindingkan suatu kendaraan menggunakan gaya reaksi dari kontak roda dengan permukaan landasan.
62.	*Tractive efficiency*	Efisiensi tarikan	Nisbah dari tenaga luaran terhadap tenaga masukan
63.	*Transport device*	Alat transport	Elemen yang mendukung suatu kendaraan pada permukaan selama perjalanan diatas permukaan itu dan yang mempunyai torsi masukan nol (kadang-kadang disebut alat penarik)
64.	*Travel ratio*	Nisbah tempuh	Nisbah jarak perjalanan per satu putaran dari alat traksi (saat menghasilkan tenaga luaran) terhadap keliling gelindingnya pada kondisi nol spesifik
65.	*Travel reduction*	Reduksi gerakan maju	Gerakan dari daun kembang ban/sirip suatu roda dicirikan sebagai gerakan-gerakan *trochoid*, merupakan reduksi gerak maju traktor searah dengan poros-X saja.
66.	*Travel reduction*	Reduksi tempuh	! – nisbah tempuh
67.	*Tread radius*	Radius kembang roda	Radius kelengkungan dari muka sirip diukur pada sudut putar kanan ke bidang pusat ban dengan roda dipasang pada pelek yang direkomendasikan dan tekanan angin yang direkomendasikan (biasa tidak tetap)
68.	*Under thread face*	Muka dasar kembang roda	Permukaan paling luar dari karet pada karkas dimana tidak terdapad sirip
69.	*Under thread surface*	Permukaan bawah kembang	Permukaan bawah kembang/sirip suatu roda traktor
70.	*Zero condition*	Kondisi nol	Kondisi nol, dapat dilihat dari traksi bersih nol atau torsi masukan nol pada alat traksi seperti halnya tarikan drawbar nol pada kendaraan. Kondisi nol lainnya mungkin juga digunakan, kondisi-kondisi nol spesifik yang harus selalu dinyatakan terlebih dahulu.
71.	*Zero condition rolling circumference on*	Keliling gelinding pada kondisi nol	Jarak tempuh perputaran dari alat traksi, bila beroperasi pada kondisi nol spesifik. Keliling gelinding dapat ditetapkan pada permukaan uji atau permukaan lain

IV. Bajak Singkal

No.	*Terminology*	Terminologi	Pengertian
1.	*Disk coulter*	Kolter piringan	Pisau atau *disk-coulter* tidak dipasang di ujung depan titik bajak, maka potongan tanah akan menerima secara mendadak gaya samping yang kuat sepanjang singkal yang hampir membentuk garis lurus, untuk memperoleh pembalikan tanah lebih baik.
2.	*Land side*	Penahan samping	Konstruksi bagian samping suatu bajak singkal. Penahan samping yang panjang diperlukan untuk menahan gaya samping yang besar yang ditimbulkan oleh bajak singkal.
3.	*Moldboard*	Singkal	Bagian bajak singkal yang berguna untuk membalik potongan tanah
4.	*Plow heel*	Tumit bajak	Bagian belakang dari sol bajak. Pada konstruksi sol bajak datar tidak dijumpai tumit bajak.
5.	*Plow point/point of share*	Ujung bajak/ujung pisau	Bagian ujung dari pisau bajak
6.	*Plow sole*	Sol bajak	Bagian bawah bajak singkal yang berguna untuk menahan agar bajak tidak mengolah tanah terlalu dalam (analogi fungsi sol sepatu)
7.	*Plow-pan layer*	lapisan kedap	Lapisan keras pada tanah sawah (15-20 cm dari permukaan tanah, yang memiliki indeks kerucut 10-20kgf/cm^2
8.	*Plowshare*	Pisau bajak	Bagian bajak singkal yang berguna untuk memotong tanah
9.	*Profilograph*	Profilograf	Alat ukur profile, biasanya digunakan untuk mengetahui bentuk profil tanah sebelum dan sesudah pembajakan
10.	*Reversible plow*	Bajak bolak-balik	Bajak bolak-balik beroperasi dengan cara mengubah arah pembalikan pemotongan tanah, dengan cara mengubah sudut potong (*tilt angle*). Pada bajak tarik hewan dilakukan dengan mengatur batang kendali bajak ke kiri atau ke kanan, pola operasinya di petakan sawah menggunakan metoda bolak-balik kontinu

V. Rotari

No.	*Terminology*	Terminologi	Pengertian
1.	*Actual tillage pitch*	Jarak bagi pemotongan tanah sebenarnya	Jarak bagi pengolahan (P) tanah dengan rotari umumnya 4-20 cm.
2.	*Bite length*	Panjang gigitan	panjang potongan tanah
3.	*Blade tip, sidelong blade portion*	Bilah ujung	Bagian depan pisau rotari yang berbentuk seperti skop, dengan permukaan bagian dalam mirip dengan permukaan pisau (*share*) dan permukaan singkal (*moldboard*)
4.	*Carbon steel*	Baja karbon	Baja dengan komposisi kadar karbon (C) paling dominan dibandingkan dengan, kadar silika (Si), kadar mangan (Mn) dan unsur-unsur lainnya seperti phospor (P), dan sulfur (S). Merupakan salah satu bahan pisau rotari, misal S58C, SK-5 (JIS G 4401).
5.	*Center drive type transmission*	Transmisi tipe penggerak tengah	Tipe transmisi rotari yang terletak ditengah poros rotari. Ada dua tipe transmisi, yaitu tipe penggerak tengah dan tipe penggerak samping

6.	*Centripetal force*	Gaya sentripetal	Gaya arah radial, yang timbul karena suatu massa berotasi terhadap suatu poros, besarnya adalah [$m \omega^2 R$].
7.	*C-shaped blade,*	Pisau rotari tipe-C	Adalah bentuk pisau rotari yang mempunyai kurva sudu rasional, juga disebut pisau rotari tipe Jepang.
8.	*Cutting pattern*	Pola pemotongan	Pola pemotongan tanah pada operasi rotari
9.	*Deviating angle*	Sudut simpangan	Sudut simpangan dari traktor yang sedang membajak terhadap arah maju lurus, hal ini terjadi karena saat raktor yang sedang membajak terjadi gerakan terangguk-angguk, bergelinding, oleng ke kiri atau ke kanan.
10.	*Disk holder flange*	Flens piringan dudukan bilah	Sejak tahun 1970-an, telah ada pisau Eropa berbentuk-C yang dibuat di Jepang. Pisau ini dipasang pada piring pemegang atau "*disk* dudukan bilah *flange*" dengan 2 baut.
11.	*Double edge blade, wedge type blade*	Bilah pisau mata ganda	Penampang melintang pisau rotari yang berbentuk kapak, yang memiliki mata misau dikedua sisinya
12.	*Edge curve*	Kurva sudu	Kurva lengkung berbasis fungsi spiral Archimedes, menjadi pola dasar untuk fabrikasi bahan pisau rotari sebelum bagian bilah-ujung dibengkokkan.
13.	*Edge curve angle*	Sudut kurva sudu	Sudut yang diukur antara garis arah radial menuju pusat dengan garis singgung pada setiap titik di sepanjang kurva-sudu, dinyatakan dalam derajat (°).
14.	*Final reduction case, final transmission case*	Rumah roda gigi pereduksi akhir	Rumah roda gigi pereduksi akhir suatu rotari
15.	*Forging process*	Proses penempaan	Proses pembentukan bahan dengan cara tempa (cara panas)
16.	*Forming process*	Proses pembentukan	Proses pembentukan bahan dengan cara kempa (cara dingin)
17.	*Hardening*	Pengerasan	Pengerasan dengan cara memberikan perlakuan panas pada suhu 830°C-860°C, selanjutnya didinginkan secara cepat sehingga menuju suhu 80°C pada medium pencelupan (*quencing*). Ada bermacam jenis pelumas yang digunakan sebagai medium pencelupan, namun yang umum digunakan di Jepang adalah pelumas jenis Bioquench 70.
18.	*Heat treatment*	Perlakuan panas	Perlakuan pemanasan dan pendinginan logam dalam rangka membentuk kondisi dan sifat mekanis tertentu. Perlakuan panas bertujuan untuk meningkatkan kekerasan bahan, umum dilakukan pada peralatan pengolah tanah yang lain, misalnya pada pisau bajak (*plow share*), bajak piring (*disk plow*), garu piring (*disk harrow*) dan pisau rotari (*rotari blade*).
19.	*Height coeficient*	Koefisien tinggi	Koefisien yang berhubungan dengan kedalaman olah tanah pisau rotari
20.	*Holder*	Dudukan bilah	Bagian dari poros rotari, merupakan tempat dimana pisau rotari dipasang dan dikencangkan dengan baut.
21.	*Holding portion, shank*	Bilah leher	Bagian lengkung dari pisau dengan ujung lurus yang akan dimasukkan dan di baut ke dudukan-bilah pada poros rotari

22.	*Hooking problem, entwining phenomena*	Fenomena belitan	Fenomena dimana seresah, gulma atau sisa tanaman membelit pada pisau rotari, sehingga fungsinya sebagai alat pengolah tanah terganggu.
23.	*Knife blade, tines, rotary tiller blade*	Pisau rotari	Pisau yang dipasang pada poros rotari, berfungsi untuk memotong, menghancurkan tanah serta memotong dan membenamkan serasah, gulma dan sisa tanaman.
24.	*L shape blade, L-blade, European type blade*	Pisau tipe L	Rotary dengan pisau-L disebut juga *European type rotary blade* adalah tipe yang umum digunakan pada traktor 4 roda. Tipe pisau rotari dirancang untuk pengoperasian pada lahan kering.
25.	*Lengthwise Blade or Straight Knife, straight blade*	Bilah-tengah	Bagian pisau rotari yang berbentuk bilah lurus antara bagian leher (*neck portion*) dan bilah-ujung
26.	*Lift reduction*	Reduksi angkat	Reduksi gerak vertikal searah poros-Y, sebagai dampak dari daun sirip ban/sirip
27.	*Neck Portion or Holding Portion*	Bilah-leher	Bagian lengkung dari pisau dengan ujung lurus yang akan dimasukkan dan di baut ke dudukan-bilah (*holder*) pada poros rotari.
28.	*Radial suction force*	Gaya hisap radial	Resultan gaya yang bekerja pada permukaan skop, dan gaya centripetal yang bekerja pada bilah tengah di dalam tanah.
29.	*Radius coeficient*	Koefisien jari-jari	Koefisien yang berhubungan dengan lokasi dari titik aksi bayangan untuk tahanan pengolahan tanah total (C_R = 1.02 - 1.04, 1.00 adalah perkiraan praktis bilah berbentuk-C dalam perhitungan desain).
30.	*Relief angle*	Sudut pelepasan	sudut antara permukaan luar dari skop dan arah gerak (*locus*)
31.	*Rotary power tiller*	Mesin pengolah tanah rotari	Mesin khusus untuk mengolah tanah, merupakan traktor roda-2 yang dilengkapi dengan alat pengolah tanah rotari
32.	*Rotary tiller*	Alat pengolah tanah tipe rotari	Alat pengolah tanah yang berputar, terdiri dari beberapa pisau yang dipasang pada suatu poros yang diputar. Sumber tenaga putar bisa dari poros roda atau PTO traktor.
33.	*Rotary tiller axle, rotary tiller shaft, tillage axle*	Poros rotari	poros tempat bertumpu pisau-pisau rotari
34.	*Rotary tiller blade, tillage blade*	Pisau rotari	adalah pisau yang dipasang pada poros rotari, berfungsi untuk memotong, menghancurkan tanah serta memotong dan membenamkan serasah, gulma dan sisa tanaman.
35.	*Rotavator*	Rotavator	Awalnya, rotavator adalah nama dagang dari alat pengolah tanah rotari yang diproduksi oleh Howard Rotavator Company di U. K.
36.	*Rotor*	Rotor	Traktor roda-2 yang ringan dan kecil digunakan untuk berkebun, dengan memasang pisau-pisau putar atau rotor blades atau tines pada poros roda.
37.	*Scope angle*	Sudut skop	sudut yang diukur antara garis arah radial menuju pusat rotasi dengan garis singgung permukaan skop bagian luar, dinyatakan dalam derajat (°).
38.	*Scope surface*	Permukaan skop	Permukaan bagian dalam dari bilah-ujung disebut permukaan skop, mempunyai bentuk serta fungsi seperti pisau dan singkal pada bajak singkal.

39.	*Shallow tillage*	Pengolahan dangkal	Pengolahan tanah antara 5-10 cm
40.	*Side drive type transmission*	Tranmisi tipe penggerak samping	Salah satu jenis transmisi suatu rotari
41.	*Single edge blade*	Bilah pisau mata tunggal	Penampang melintang pisau pisau rotari dengan mata pisau hanya pada satu sisi
42.	*Spring steel*	Baja pegas	Bahan pisau rotari menurut JIS G 4801 (SUP-6 dan SUP-9. Baja pegas mempunyai kekuatan tarik (*tension stength*) 124 kg/mm^2 setelah mendapat perlakuan panas sangat direkomendasikan sebagai bahan pisau rotari (bahan ini juga dipakai sebagai pegas daun pada mobil).
43.	*Tempering*	Pelemasan	Setelah mengalami proses hardening, bahan pisau rotari menjadi sangat kuat, keras dan mudah pecah (*brittle*). Keadaan ini kurang menguntungkan dan cenderung memperpendek umur pisau rotari (patah terutama pada kondisi kerja berat dengan beban kejut (*impact shock*) karena kurangnya sifat lentur dan masing adanya tegangan sisa (*residual stress*).
44.	*Tillage lifting force*	Gaya angkat pengolahan tanah	Bagian dari gaya tahanan pengolahan tanah total, merupakan gaya reaksi arah ke atas, disebut *hane-a-ge-ryoku* dalam bahasa Jepang.
45.	*Tillage pitch*	Pitch Pengolahan Tanah	adalah panjang gigitan tanah (*bite length*) yang terpotong pada setiap putaran satu pisau rotari, ukurannya dibatasi oleh dua sikloid (*cycloid*) yang dibuat oleh gerakan pisau secara berurutan.
46.	*Tillage thrust force*	Gaya dorong pengolahan tanah	Bagian dari gaya tahanan pengolahan tanah total, merupakan gaya reaksi arah ke depan, dalam bahasa Jepang disebut *kou-shin-ryoku*
47.	*Tilt angle*	Sudut potong	Sudut pad bidang vertikal tegak lurus terhadap arah maju, antara sumbu alat dengan permukaan tanah
48.	*Torgue resistance force*	Gaya tahanan torsi,	Adalah gaya yang bekerja pada permukaan skop, dimana gaya luar hampir sama dengan yang ada pada dinamika bajak, dan yang bekerja pada bilah tengah di dalam tanah.
49.	*Torque curve*	Kurva torsi	Kurva fluktuasi torsi dalam satu siklus operasi rotari
50.	*Trochoidal motion*	Gerak trokoidal	lintasan berbentuk sikloid merupakan koordinat relatip titik-titik pada pisau rotari terhadap tanah selama pisau tersebut bergerak maju sambil bergerak putar (gambar 2). Lokus atau koordinat trochoid (X,Y) dihitung berdasarkan : $X = V\,t - R\sin(w\,t)$ dan $Y = R\,(1 - \cos(w\,t))$

VI. Alat Pengolahan Tanah Lainnya

No.	*Terminology*	Terminologi	Pengertian
1.	*Crank tiller*	Alat pengolah tanah tipe engkol	Alat pengolah tanah tipe paku, bekerja naik turun, digerakkan oleh motor traktor melalui suatu poros engkol.
2.	*Direct seeding*	Tanam benih langsung	Penanaman benih secara langsung kedalam tanah, tidak ada proses pemindahan bibit selanjutnya

3.	*Direct-sowing*	Tabur benih langsung	Penanaman benih langsung dengan cara ditebarkan diatas tanah
4.	*Flower type puddling rotor*	Rotor pelumpur tipe kembang	Salah satu alat pelumpur yang populer pada tahun 1950-an dan tahun 1960-an, yang dikembangkan oleh Toyosha Co. Ltd., pada tahun 1950-an untuk tenaga ternak (1950, T. Tanoue, Patent No. Shou-31-18621, etc., Japan) Alat ini dapat dimodifikasi dan digan-dengkan pada traktor roda-2.
5.	*Gyro tiller*	Alat pengolah tanah tipe jiro	Alat pengolah tanah tipe ulir, bekerja berputar pada poros vertikal, digerakkan oleh motor traktor melalui suatu sistim penyaluran tenaga.

VII. Operasi Pengolahan Tanah

No.	*Terminology*	Terminologi	Pengertian
1.	*Adhesiveness*	Kelengketan	Sifat kelengketan tanah terhadap alat
2.	*Angle of draught*	Sudut tarikan	Sudut arah tarikan bajak terhadap bidang horisontal
3.	*Cone index*	Indeks kerucut	Indeksyang dipergunakan untuk menunjukkan kekerasan tanah atau tahanan penetrasi tanah. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan penetrometer.
4.	*Contra-retractive adhesion*	Lawan tarikan adhesi	Tahanan yang bekerja pada muka kembang ban atau muka sirip karena adanya sifat kelengketan tanah
5.	*Depth of plowing*	Kedalaman pembajakan	Kedalaman pembajakan tanah
6.	*Disturbed-soil layer*	Lapisan tanah terganggu	Lapisan tanah yang terganggu, misalnya karena pengolah tanah. Dapat juga dianggap sebagai lapisan topsoil
7.	*Draft*	Tahanan tarik	Komponen horisontal dari gaya tarikan (karena tahan alat) sejajar dengan arah gerak traktor
8.	*Headland*	Lajur belok	Lajur yang disiapkan sebagai tempat membelok traktor di lahan
9.	*Power cultivator*	Power cultivator	Traktor roda dua yang dapat diperlengkapi dengan alat-mesin budidaya pertanian
10.	*Puddling*	Pelumpuran	Proses untuk membuat bongkah-bongkah tanah dan agregat tanah terdispersi atau terurai, hancur dan menjadi sedimen
11.	*Specific resistance*	Tahanan spesifik	Tahanan pengolahan tanah dibagi dengan luas penampang olah
12.	*Tillage lifting force*	Gaya angkat pada pengolahan tanah	Gaya angkat pada pengolahan tanah
13.	*Tillage resistance*	Tahanan pengolahan tanah	Tahanan pengolahan tanah
14.	*Tillage resistance force*	Gaya pengolahan tanah	Gaya tahanan pengolahan tanah
15.	*Tillage thrust force*	Gaya dorong pada pengolahan tanah	Gaya dorong pada pengolahan tanah
16.	*Width of tillage*	Lebar olah	Lebar pengolahan tanah

VIII. Lain-lain

No.	*Terminology*	Terminologi	Pengertian
1.	*Durability*	Ketahanan	Ketahanan suatu alat yang beroperasi pada beban dalam waktu tertentu

2.	*Furrow opener*	Pembuka alur	Bagian dari mesin pertanian lapang yang berfungsi membuat alur
3.	*Furrow-slice*	Irisan alur	Irisan tanah pada proses pembuatan alur
4.	*Hard pan*	Lapisan keras	Lapisan tanah keras yang terbentuk dibawah permukaan olah karena lalu-lintas mesin pertanian
5.	*Interow cultivation*	Pengolahan tanah antara baris tanaman	Penyiangan dengan cara mengolah tanah di antara tanaman
6.	*Journals*	Sambungan	Sambungan fleksibel yang dapat mengubung-kan dua poros dan dapat digunakan untuk menyalurkan putaran secara menyudut
7.	*Land consolidation*	Konsolidasi lahan	Penyatuan lahan melalui penataan bentuk petakan, sistem pengairan, jalan pertainan, dll., sehingga dapat berproduksi secara efektif dan efisien
8.	*Land reclamation*	Reklamasi lahan	Usaha merubah suatu lahan menjadi lahan yang layak untuk pertanian atau non pertanian
9.	*Land rehabilitation*	Rehabilitasi lahan	Usaha merubah kondisi lahan (misal kesuburan, textur) sehingga layak untuk pertanian
10.	*Percolation*	Perkolasi	Aliran air ke dalam tanah menuju air tanah setelah melewati batas infiltrasi
11.	*Plow pan*	Tatakan bajak	Lapisan keras didalam tanah yang terbentuk karena pembajakan
12.	*Soil-bin*	Bak tanah	Bak tanah untuk pengujian hubungan tanah dengan alat/mesin pertanian
13.	*Subsoil*	Tanah bawah permukaan	Lapisan tanah dibawah lapisan olah
14.	*Tensile strength*	Kuat rentang	Batas kuat tarik atau kuat tarik maksimum suatu bahan
15.	*Tool*	Alat, perkakas	Alat, perkakas yang digunakan untuk meringankan pekerjaan
16.	*Topsoil layer*	Lapisan topsoil	Lapisan tanah yang mengalami pembajakan, penggaruan dan pelumpuran.
17.	*Weed control*	Pengendalian gulma	Usaha untuk menekan/mengendalikan pertumbuhan gulam
18.	*Yield*	Hasil panen	Berat komoditi hasil pemanenan persatuan luas area panen