

## Potensi Mekanisasi Budidaya Tebu Lahan Kering di Kabupaten Merauke, Provinsi Papua

### *Mechanization Potency of Dry Land Sugarcane Cultivation at Merauke County, Papua Province*

Gatot Pramuhadi

Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian  
Institut Pertanian Bogor (IPB)

Kampus IPB Darmaga, PO Box 220 Bogor 16002

E-mail: [gpramuhadi@yahoo.com](mailto:gpramuhadi@yahoo.com)

Diterima : 27 Mei 2013

Revisi : 10 Juni 2013

Disetujui : 20 Juni 2013

#### ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengkaji potensi mekanisasi budidaya tebu lahan kering di Kabupaten Merauke, Propinsi Papua. Hasil kajian menunjukkan bahwa tanah di wilayah survey (Domande dan Kaliki) sangat potensial dalam menopang operasional mesin untuk pekerjaan pembukaan lahan, pembentukan lahan, dan penyiapan lahan sehingga tanah di wilayah survey berpotensi untuk aplikasi mekanisasi budidaya tebu lahan kering. Semua mesin (alat berat) merk Komatsu dan Caterpillar (*ground pressure* 0,26 – 2,67 kgf/cm<sup>2</sup>) bisa dioperasikan di wilayah survey karena besar tahanan penetrasi tanah rata-rata hingga kedalaman 10 cm di lokasi survey sebesar 3,58 – 10,33 kgf/cm<sup>2</sup>. Tanah yang lebih dalam berpotensi memiliki densitas tanah maksimum lebih tinggi dibanding tanah di atasnya, sehingga perlu tindakan pengolahan tanah optimum lebih dari 40 cm. Nilai permeabilitas tanah rata-rata semakin turun pada lapisan tanah yang semakin dalam, yaitu dari 0,2625 mm/jam menjadi 0,0122 mm/jam dan dari 0,2567 mm/jam menjadi 0,0312 mm/jam. Tanah di wilayah survey tergolong tanah berdrainase buruk karena waktu peresapan air rata-rata ke dalam tanah lebih dari 30 hari, sehingga perlu rekayasa untuk membuat saluran-saluran drainase dalam dan kolam penampungan air yang bisa dimanfaatkan tanaman tebu lahan kering pada musim kering (kemarau). Waktu tersedia untuk operasional mesin sebanyak ± 14 hari/bulan dan sesuai untuk budidaya tanaman tebu lahan kering.

kata kunci : mekanisasi, tahanan penetrasi tanah, tekanan ke tanah, densitas tanah, porositas tanah, dan permeabilitas tanah

#### ABSTRACT

*The objective of the research was to study mechanization potency of dry land sugarcane cultivation in Merauke County, Papua Province with indicators were ability of machines to travel across soil surface on natural or field existing of soil physical and mechanical conditions, and ability of dry land sugarcane to grow and make interaction with new growing environment from planting up to harvesting. Results of the research showed that soil in surveyed region (Domande and Kaliki) were very potential in machines operational supporting for land clearing, land forming, and land preparation so that it had potency for mechanization application of dry land sugarcane cultivation. All machines with trade mark of Komatsu and Caterpillar (ground pressure of 0.26 – 2.67 kgf/cm<sup>2</sup>) could be operated in surveyed regions because the amount of average soil penetration resistance up to 10 cm depth in the surveyed regions were 3.58 – 10.33 kgf/cm<sup>2</sup>. Deeper soil layers possessed higher maximum soil dry bulk density than above soil layer, so that it needed optimum soil tillage action more than 40 cm from soil surface. Average soil permeabilities decreased on the deeper soil layers possessed higher maximum soil dry bulk density than above soil layer, so that it needed optimum soil tillage action more than 40 cm from soil surface. Average soil permeabilities decreased on the deeper soil layer, which were from 0.2625 mm/hour became 0.0122 mm/hour and from 0.2567 mm/hour became 0.0312 mm/hour. Soils in surveyed regions were categorized as bad drainage soil because it need average infiltration time more than 30 days, so that it need engineering application to make deep drainage canals and water ponds which can be took advantage by plant during draught season. Operational available time for machines operation was ± 14 days/month and suitable for dry land sugarcane cultivation.*

*key words: mechanization, soil penetration resistance, ground pressure, soil dry bulk density, soil porosity, and soil permeability*

---

## I. PENDAHULUAN

Pertanian masih merupakan sektor penting dalam perekonomian Indonesia, baik berupa tanaman pangan, hortikultura, maupun tanaman perkebunan (agroindustri). Sentra-sentra produksi tanaman pangan, hortikultura, dan tanaman perkebunan tergantung pada potensi kondisi daerah atau wilayah pengembangan budidaya tanaman-tanaman tersebut. Potensi wilayah bisa berupa sumber daya alam (SDA), sumber daya hayati (SDH), dan sumber daya manusia (SDM).

Sesuai dengan arahan Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) tahun 2005 - 2025 yang diterjemahkan ke dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2010 - 2015, maka pembangunan nasional diarahkan untuk lebih memantapkan penataan kembali Indonesia di segala bidang dengan menekankan upaya peningkatan kualitas sumber daya manusia (SDM), sumber daya alam (SDA), dan sumber daya hayati (SDH), termasuk kemampuan pengembangan ilmu dan teknologi serta penguatan daya saing perekonomian (Distanhut, 2011).

Salah satu indikator keberhasilan upaya peningkatan kualitas SDM, SDA, dan SDH adalah kesejahteraan rakyat Indonesia. Gambaran peningkatan kesejahteraan rakyat dari sudut pandang dunia pertanian ditunjukkan dengan membaiknya berbagai indikator pembangunan pertanian, antara lain: (i) meningkatnya kualitas sumber daya manusia, yang ditandai dengan meningkatnya penggunaan lahan berpotensi, serta berkurangnya lahan-lahan tidur; (ii) perbaikan berusaha tani; (iii) meningkatnya produksi dan kualitas produksi; (iv) meningkatnya pendapatan perkapita; (v) menurunnya angka kemiskinan dan tingkat pengangguran di pedesaan; dan (vi) meningkatnya kualitas pertumbuhan ekonomi (Distanhut, 2011). Dengan demikian, dapat ditetapkan bahwa kesejahteraan rakyat Indonesia merupakan fungsi dari SDM, SDA, dan SDH. Kesejahteraan rakyat akan terwujud dan meningkat apabila didukung oleh membaiknya manajemen ketiga sumber daya tersebut; termasuk kesejahteraan rakyat di Kabupaten Merauke, Propinsi Papua.

Kabupaten Merauke, atau Propinsi Papua pada umumnya, mempunyai SDA

yang potensial untuk dikembangkan menjadi salah satu wilayah sentra produksi hasil perkebunan (Suharnoto, dkk., 2011). Beberapa hal atau alasan yang mendukung rencana pengembangan tersebut diantaranya adalah: (i) potensi luas areal lahan; (ii) potensi sumber daya lahan, iklim, dan tanaman perkebunan (agroindustri) yang bisa dibudidayakan; dan (iii) jumlah SDM bidang pertanian/perkebunan yang masih tergolong rendah, dimana kepadatan penduduk Kabupaten Merauke hanya sebesar 4,34 orang/km<sup>2</sup>, atau 4,34 orang setiap 100 hektar luas tanah (BPS Merauke, 2012). Alasan ketiga inilah yang mengharuskan pengelolaan budidaya tanaman perkebunan di Kabupaten Merauke dilakukan secara mekanis, mengingat bahwa besarnya daya (*power*) manusia (pria dewasa) rata-rata hanya sebesar 0,1 hp atau 0,07 kW (Moens, 1978), sehingga penggunaan mesin-mesin mekanis akan jauh lebih efektif dan efisien dibanding penggunaan tenaga kerja manusia. Disamping itu, jenis tanaman yang berpeluang besar dapat dibudidayakan dan dikembangkan adalah tanaman perkebunan untuk keperluan industri (agroindustri), seperti tebu lahan kering.

Beberapa distrik (setara kecamatan) di Kabupaten Merauke menunjukkan keragaman potensi SDA, diantaranya adalah Distrik Malind dan Distrik Kurik. Kedua distrik tersebut memiliki potensi SDA yang beragam, terutama dalam hal kondisi sifat fisik dan mekanik tanah, geografi, topografi, morfologi, serta potensi untuk dikembangkan secara mekanis pada kegiatan budidaya tebu lahan kering, sehingga kedua distrik tersebut diasumsikan dapat cukup mewakili potensi SDA Kabupaten Merauke pada umumnya.

Kegiatan budidaya tebu lahan kering di Kabupaten Merauke baru bisa dilaksanakan apabila kondisi areal lahannya siap untuk ditanami oleh bibit-bibit tebu lahan kering, yang diawali dengan kegiatan pembukaan lahan, pembentukan lahan, dan penyiapan lahan. Mesin/alat berat, yang digunakan untuk membuka, membentuk, dan menyiapkan lahan perkebunan, dapat beroperasi dengan baik dan normal apabila sesuai dengan kondisi iklim, geografi, topografi, morfologi, serta kondisi sifat fisik dan mekanik tanahnya. Agar aplikasi mesin-mesin tersebut dapat direalisasikan maka

perlu dilakukan kajian (studi) dengan melakukan penjajagan (survey) lapangan di dua distrik di atas, kemudian dianalisis guna menentukan potensi mekanisasi budidaya tebu lahan kering di Kabupaten Merauke, Propinsi Papua dengan indikator: (i) kemampuan mesin melintas/ beroperasi di atas tanah pada kondisi sifat fisik dan mekanik tanah alami (*existing* di lapangan); dan (ii) kemampuan tanaman tebu lahan kering untuk dapat tumbuh dan berinteraksi dengan lingkungan tumbuh yang baru, mulai dari tanam hingga panen.

### 1.1. Letak dan Kondisi Geografis

Kabupaten Merauke, yang terletak antara 137° – 141° Bujur Timur dan 5° – 9° Lintang Selatan, memiliki luas 46 790,63 km<sup>2</sup> (4 679 063 ha) atau 14,67 persen dari luas wilayah Propinsi Papua dan merupakan kabupaten terluas di Propinsi Papua. Kabupaten Merauke memiliki 20 distrik (setara kecamatan), dua di antaranya adalah Distrik Malind dan Distrik Kurik, yang memiliki luas sebesar 490,60 km<sup>2</sup>, atau 49 060 ha, dan 977,05 km<sup>2</sup>, atau 97 705 ha (BPS Merauke, 2012).

Kabupaten Merauke dibatasi oleh daratan dan lautan. Di sebelah utara berbatasan langsung dengan Kabupaten Mappi dan Kabupaten Boven Digoel, sebelah timur berbatasan dengan Papua New Guinea, dan di sebelah selatan dan barat berbatasan dengan Laut Arafuru. Kabupaten Merauke merupakan dataran rendah yang hanya memiliki ketinggian antara 0 hingga 60 meter dari permukaan laut (dpl). Wilayah Distrik Malind dan Distrik Kurik berada pada ketinggian (4 – 12) m dpl dan (5 – 30) m dpl. Jarak tempuh dari Ibukota Kabupaten Merauke ke Ibukota Distrik Malind (Kaiburse) yaitu 92 km, sedangkan jarak tempuh dari Ibukota Kabupaten Merauke ke Ibukota Distrik Kurik (Harapan Makmur) yaitu 83 km (BPS Merauke, 2012).

### 1.2. Iklim dan Hidrologi

Kabupaten Merauke terletak di daerah tropis, yaitu mendapat penyinaran cahaya matahari sepanjang tahun. Hujan terjadi hampir setiap bulan selama tahun 2011. Jumlah hari hujan terbanyak terjadi pada bulan Maret sebanyak 23 hari, sedangkan jumlah paling sedikit terjadi pada bulan Agustus sebanyak

6 hari hujan. Curah hujan yang turun selama tahun 2011 mencapai 2165,7 mm. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember sebesar 438,7 mm, sedangkan curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus sebesar 6,1 mm (BPS Merauke, 2012).

Menurut BMKG Merauke (2013) data curah hujan dan jumlah hari hujan bulanan rata-rata di Merauke dalam kurun waktu 10 dan 5 tahun terakhir (tahun 2000 hingga tahun 2010 dan tahun 2008 hingga tahun 2012) cukup bervariasi, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Selama tahun 2011, Kabupaten Merauke mengalami suhu udara terpanas pada bulan November yang mencapai 33,5 °C, sedangkan suhu udara terendah terjadi pada bulan Agustus hingga mencapai 21,9 °C. Kelembaban udara yang terjadi selama tahun 2011 sebesar 80 persen, lebih rendah dibanding tahun 2010 yang mencapai 81,5 persen, namun kelembaban udara ini masih tergolong relatif tinggi (BPS Merauke, 2012).

Di wilayah Kabupaten Merauke terdapat 10 sungai. Sungai terbesar adalah Sungai Bian dengan lebar sungai (117 – 1.449) m, panjang sungai 210 km, dan kecepatan arus sungai 1,25 km/jam. Sungai terpanjang adalah Sungai Digul dengan lebar sungai (215 – 1.200) m, panjang sungai 800 km, dan kecepatan arus sungai 0,27 km/jam (BPS Merauke, 2012).

### 1.3. Penduduk dan Ketenagakerjaan

Menurut BPS Merauke (2012) jumlah penduduk Kabupaten Merauke pada tahun 2011 tercatat sebanyak 203.092 orang, atau bertambah 3,77 persen dari tahun sebelumnya. Jumlah penduduk terbanyak terdapat di Distrik Merauke yaitu 91.947 orang, sedangkan jumlah penduduk paling sedikit terdapat di Distrik Kaptel sebanyak 1.774 orang. Dengan luas wilayah sebesar 46.791,63 km<sup>2</sup> (4.679.163 ha) berarti kepadatan penduduk Kabupaten Merauke hanya sebesar 4,34 orang/km<sup>2</sup> (4,34 orang setiap 100 hektar luas tanah). Di Distrik Malind terdapat jumlah penduduk sebanyak 9.240 orang, sedangkan di Distrik Kurik sebanyak 13.895 orang. Dengan luas wilayah di Distrik Malind dan Kurik sebesar 490,60 km<sup>2</sup> (49.060 ha) dan 977,05 km<sup>2</sup> (97.705 ha), maka kepadatan penduduk di Distrik Malind dan

**Tabel 1.** Curah Hujan dan Hari Hujan Rata-rata di Merauke Tahun 2008 – 2012

Bulan	Curah Hujan (CH*) dan Jumlah Hari Hujan (HH) pada tahun											
	2008		2009		2010		2011		2012		2008 - 2012	
	CH	HH	CH	HH	CH	HH	CH	HH	CH	HH	CH	HH
Jan	172	13	286	20	334	21	257	22	246	18	259	19
Feb	171	21	545	23	354	14	252	22	349	21	334	20
Mar	404	12	632	21	259	19	530	23	526	25	470	20
Apr	247	15	83	12	463	19	353	19	252	19	279	17
Mei	64	9	196	13	68	17	52	14	472	21	170	15
Jun	56	11	49	9	173	15	128	15	36	11	88	12
Jul	18	6	13	5	21	14	51	20	90	12	39	11
Agu	37	15	81	3	125	20	6	6	3	8	50	10
Sep	32	6	52	7	152	19	16	13	8	5	52	10
Okt	121	17	82	5	352	23	27	11	45	6	125	12
Nov	203	14	100	6	165	15	55	8	29	5	110	10
Des	192	18	325	14	610	22	439	21	41	4	321	16
<b>Tahunan</b>	<b>1715</b>	<b>157</b>	<b>2442</b>	<b>138</b>	<b>3074</b>	<b>218</b>	<b>2166</b>	<b>194</b>	<b>2097</b>	<b>155</b>	<b>2299</b>	<b>172</b>

Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Stasiun Meteorologi Mopah Merauke, 2013

\* Satuan: mm

Distrik Kurik sebesar 18,83 orang/km<sup>2</sup> (18,83 orang setiap 100 hektar luas tanah) dan 14,22 orang/km<sup>2</sup> (14,22 orang setiap 100 hektar luas tanah).

Jumlah penduduk laki-laki dan perempuan di Kabupaten Merauke sebanyak 106.963 orang dan 96.129 orang (jumlah penduduk laki-laki 5,33 persen lebih banyak dibanding jumlah penduduk perempuan). Jumlah penduduk yang bekerja (usia 15 tahun lebih) sebanyak 85.135 orang. Sebanyak 44,96 persen bekerja di bidang pertanian tanaman padi dan palawija, sementara di bidang pertambangan dan penggalian sangat sedikit diminati oleh masyarakat, yaitu hanya sebesar 0,14 persen. Sebanyak 50,29 persen penduduk berusia 16 tahun hingga 18 tahun bersekolah SLTA (BPS Merauke, 2012).

### 1.1. Kemampuan Mesin Melintas di Atas Permukaan Tanah: Kerangka Teoritis

Hubungan antara tekanan mesin terhadap tanah (*ground pressure*) dan kemampuan mesin melintas di atas permukaan tanah dapat diilustrasikan dalam Gambar 1, serta dengan menggunakan persamaan 1 dan persamaan 2. Kemampuan mesin melintas, dapat dinyatakan dengan istilah gaya traksi (*F*), dipengaruhi oleh besar *ground contact* (*A*), besar gaya kohesi tanah (*c*), besar tekanan mesin ke tanah (*ground pressure*), dan besar sudut gesek

dalam (*f*). Tanah-tanah dengan kandungan liat (*clay*) tinggi umumnya mempunyai kohesi tanah (*c*) yang tinggi pula, sedangkan tanah-tanah pasir, atau berpasir dengan kandungan pasir (*sand*) tinggi, umumnya mempunyai sudut geser dalam (*f*) yang tinggi pula. Dengan demikian, untuk meningkatkan besar gaya traksi mesin (*F*) dapat ditempuh dengan memperbesar luas permukaan kontak bagian traksi mesin / *ground contact* (*A*) dan memperbesar bobot operasi mesin (*W*) agar *ground pressure* (*p*) bertambah (Bekker, 1955).

$$F = A c + W \tan f \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$F = A (c + p \tan f) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

*F* = gaya traksi mesin, kgf

*A* = *ground contact*, m<sup>2</sup>

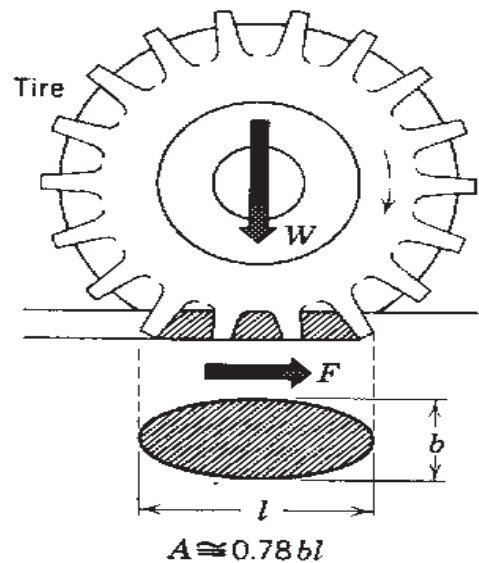
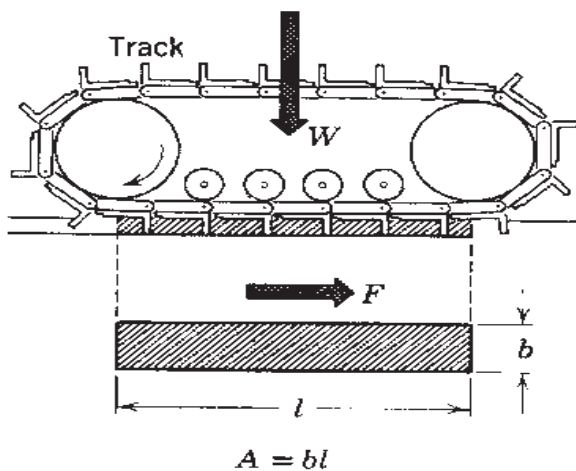
*c* = kohesi tanah, kgf/cm<sup>2</sup>

*W* = bobot operasi mesin, kg

*f* = sudut geser dalam dari tanah, derajat

*p* = *ground pressure*, kgf/cm<sup>2</sup>

Persamaan 2 dapat diuraikan menjadi persamaan 3 dan persamaan 4, yang merupakan persamaan Coulomb untuk menentukan kuat geser tanah. Persamaan 4 ini bisa ditentukan dengan melakukan uji geser langsung (*direct*



**Gambar 1.** Gaya traksi mesin ( $F$ ) yang dipengaruhi oleh *ground contact* ( $A$ ) dan *operating weight* ( $W$ ) (Bekker, 1955)

*shear test*) di dalam Laboratorium Fisika dan Mekanika Tanah.

$$F/A = c + p \tan f \dots\dots\dots (3)$$

$$t = c + s \tan f \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

$t$  = kuat geser tanah, kgf/cm<sup>2</sup>

$c$  = kohesi tanah, kgf/cm<sup>2</sup>

$s$  = tekanan normal, kgf/cm<sup>2</sup>

$f$  = sudut gesek dalam dari tanah, derajat

Pada saat aplikasi mesin (alat berat) di lapangan, maka persamaan 4 dapat diubah menjadi persamaan 5, yaitu:

$$t = c + GP \tan f \dots\dots\dots (5)$$

Besar nilai  $z$  (kedalaman tekan /*sinkage*) dapat ditentukan ketika  $t = GP$ , yaitu ketika  $GP$  (*ground pressure*) =  $c / (1 - \tan f)$ . Besar nilai  $GP$  dapat didekati dari nilai tahanan penetrasi tanah yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan penetrometer di lapangan. Besar nilai  $c$  (kohesi tanah) dan  $f$  (sudut gesek dalam) diperoleh dari hasil uji geser langsung (*direct shear test*) di laboratorium. Besar nilai  $z$  (*sinkage*) menunjukkan besar kedalaman tenggelamnya roda mesin (alat berat, atau traktor, atau truk) masuk ke dalam tanah. Mesin masih bisa beroperasi di atas tanah apabila nilai

$z < 1/3 D_{\text{roda mesin}}$  (nilai  $z$  lebih kecil dari sepertiga diameter roda mesin). Agar roda mesin tidak terbenam atau ambles maka nilai kuat geser tanah harus <sup>3</sup> nilai  $GP$ .

Besar nilai  $c$  (kohesi tanah) sangat dipengaruhi oleh tekstur dan kadar air tanah. Kohesi tanah mencirikan sifat tanah liat (tanah-tanah kohesif), yaitu nilainya akan turun apabila kadar air tanah meningkat atau bertambah (Kohnke, 1968).

Besar nilai  $f$  (sudut gesek dalam) sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal, yaitu besar nilai tekanan normal ke tanah, atau *ground pressure* ( $GP$ ). Sudut gesek dalam (*internal friction angle*) mencirikan sifat tanah pasir (tanah-tanah non-kohesif) yaitu nilai  $f$  akan meningkat apabila beban gaya  $W$  (bobot operasi mesin, atau beban dinamis yang bekerja pada roda traksi mesin) bertambah (Bekker, 1955; Gill dan Berg, 1976; McKyes, 1985) .

Ketika mesin beroperasi di atas permukaan tanah, maka akan timbul interaksi antara tanah dengan mesin, yang dipengaruhi oleh tekstur tanah, besar kadar air tanah, besar nilai kuat geser tanah, dan besar *ground pressure*. Apabila besar nilai kuat geser tanah < besar nilai *ground pressure* maka akan timbul kedalaman tekan (*sinkage*). Sinkage akan terus bertambah selama nilai kuat geser tanah < besar nilai *ground pressure*. Besar nilai *sinkage* ( $z$ ) maksimum terjadi pada saat besar nilai kuat

geser tanah sama dengan besar nilai *ground pressure* (Gill dan Berg, 1976).

### 1.2. Kemampuan Tanaman Tumbuh dan Berinteraksi dengan Lingkungan

Tanaman dapat tumbuh secara optimum apabila lingkungan tumbuhnya juga optimum. Secara umum dapat disebutkan bahwa pertumbuhan tanaman adalah fungsi dari tanaman, tanah, iklim, dan tindakan budidaya yang dilakukan manusia, atau dapat ditulis ke dalam persamaan 6 (Pramuhadi, 2010).

Pertumbuhan tanaman =  $t^3$  (tanaman, tanah, iklim, tindakan budidaya) ..... (6)

Faktor tanah yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, terutama untuk pernafasan akar, penyerapan air dan nutrisi (unsur hara) oleh akar tanaman adalah densitas tanah dan porositas tanah. Semakin padat tanah maka densitas tanahnya akan semakin tinggi dan porositas tanahnya akan semakin rendah.

Kondisi tanah yang ideal untuk pertumbuhan tanaman adalah ketika separuh ruang pori total terisi air dan separuhnya lagi terisi udara. Ketika akar-akar tanaman masuk ke dalam tanah maka akar-akar tersebut masuk ke dalam ruang pori di antara partikel-partikel padat tanah (Plaster, 1992). Tanah berstruktur baik biasanya mempunyai porositas tanah sebesar 60 persen, dimana 20 persen hingga 30 persen udara menempati ruang pori tanah pada kapasitas lapang, ketika air baru saja berhenti terdrainase. Pada lapisan tanah yang terkompaksi berlebihan mempunyai porositas tanah 30 – 40 persen, dimana  $\frac{1}{3}$  5 persen ruang porinya terisi oleh udara pada kapasitas lapang. Kehilangan pori-pori berukuran besar tidak hanya akan menghambat pergerakan udara, tetapi juga mengurangi laju drainase air dalam tanah. Tanah yang padat menyebabkan tahanan penetrasi tanah menjadi besar sehingga kemampuan penetrasi akarnya menjadi berkurang (Davies, dkk., 1993). Pengurangan porositas tanah dapat menyebabkan penurunan produksi tanaman. Hal ini disebabkan karena penyerapan air dan mineral-mineral oleh akar berkurang sehingga pertumbuhan total tanaman berkurang (Chapman dan Carter, 1976).

## II. METODE PENELITIAN

Kajian (studi) potensi mekanisasi budidaya

tebu lahan kering di Kabupaten Merauke diawali dengan penjajagan (survey) lapangan di lokasi penelitian selama 15 hari, mulai tanggal 24 April 2013 sampai dengan 8 Mei 2013 di Kelurahan/Kampung Domande, Distrik Malind dan Kelurahan/Kampung Kaliki, Distrik Kurik, Kabupaten Merauke, Propinsi Papua (Gambar 2).

Peralatan ukur dan uji yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: (i) instrumen *soil penetrometer*; (ii) *soil sampler rings*; (iii) peralatan uji kompaksi Proctor; (iv) bor tanah; dan (v) aparatus uji geser langsung (*direct shear apparatus*).

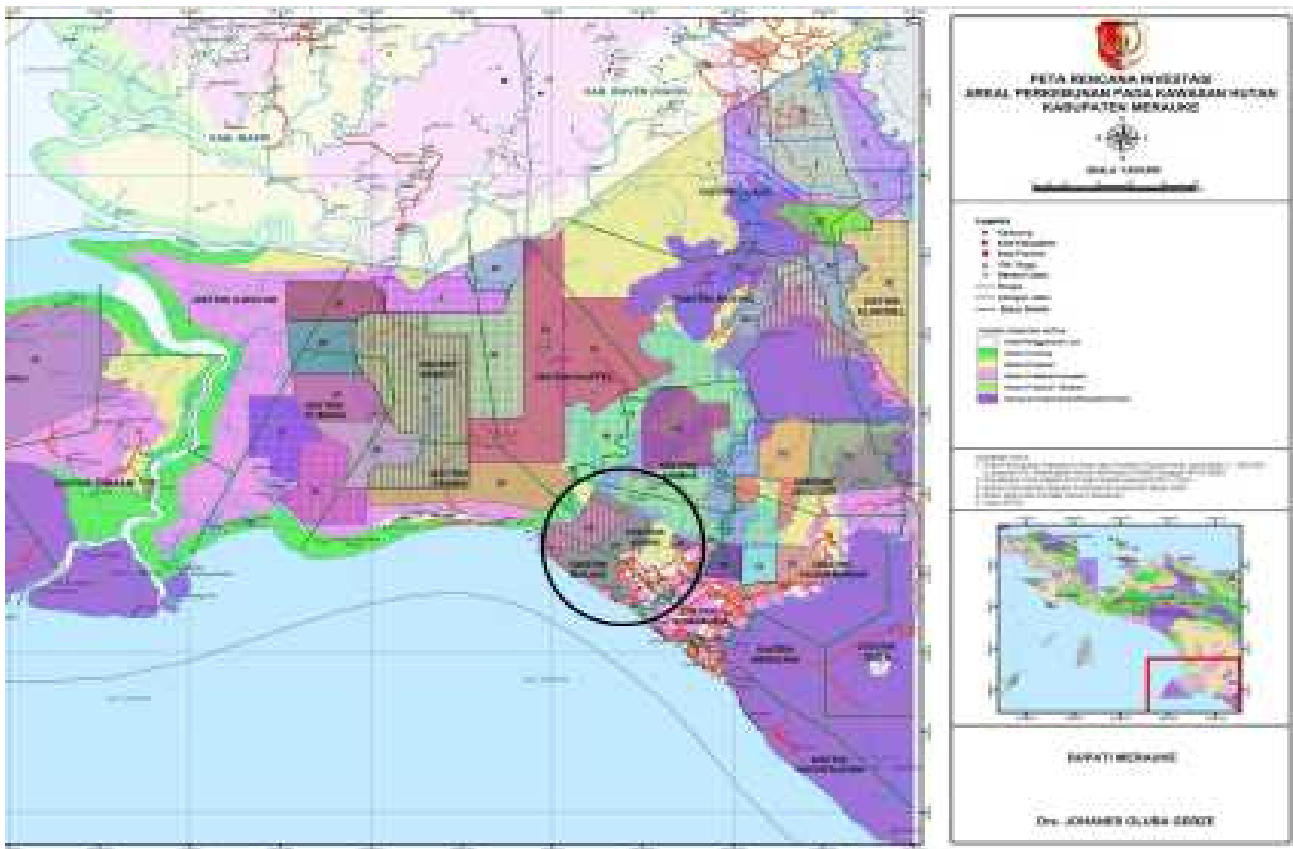
Parameter-parameter atau variabel-variabel penelitian untuk mengkaji potensi mekanisasi budidaya tebu lahan kering di Kabupaten Merauke, Propinsi Papua yaitu: (i) Densitas tanah (*soil dry bulk density*), g/cc; (ii) Porositas tanah (*soil porosity*), %; (iii) Permeabilitas tanah (*soil permeability*), mm/jam; (iv) Tahanan penetrasi tanah (*soil penetration resistance*), kgf/cm<sup>2</sup>; (v) Kuat geser tanah (*soil shear strength*), kgf/cm<sup>2</sup>; (vi) Tekanan terhadap tanah (*ground pressure*), kgf/cm<sup>2</sup>; dan (vii) Kedalaman tekan (*sinkage*), cm. Kerangka pikir pelaksanaan penelitian mengacu kepada diagram skematik rancangan kajian potensi mekanisasi budidaya tebu lahan kering di Kabupaten Merauke (Gambar 3).

Prosedur / metode untuk mencapai tujuan kajian (studi) potensi mekanisasi budidaya tebu lahan kering di Kabupaten Merauke adalah:

**Pertama**, penjajagan (survey) lapangan ke lokasi penelitian di Kelurahan / Kampung Domande, Distrik Malind, dan di Kelurahan / Kampung Kaliki, Distrik Kurik, Kabupaten Merauke, Propinsi Papua.

**Kedua**, kompilasi data primer, berupa pengukuran/pengambilan data tahanan penetrasi tanah (Gambar 4.a), diikuti dengan pengambilan contoh tanah (*soil sampling*) untuk menentukan parameter-parameter sifat fisik dan mekanik tanah (Gambar 4.b), yaitu: (i) kuat geser tanah (*soil shear strength*); (ii) tekanan terhadap tanah (*ground pressure*); (iii) kedalaman tekan (*sinkage*); (iv) tekstur tanah;

(v) densitas tanah (*soil dry bulk density*); (vi) porositas tanah; (vii) permeabilitas tanah; dan (viii) karakteristik pemadatan tanah.



**Gambar 2.** Peta Areal Lokasi Penelitian di Domande, Distrik Malind dan Kaliki, Distrik Kurik

**Ketiga**, kompilasi data sekunder, berupa: (i) data letak dan kondisi geografis; (ii) data iklim dan hidrologi, dan (iii) data penduduk dan ketenagakerjaan.

**Keempat**, analisis data primer dan parameter-parameter sifat fisik dan mekanik tanah sehingga dapat ditentukan kemampuan mesin melintas/beroperasi di atas tanah dan kemampuan tanaman untuk dapat tumbuh serta berinteraksi dengan lingkungan tumbuh yang baru, mulai dari tanam hingga panen.

**Kelima**, analisis terpadu data primer, parameter-parameter sifat fisik dan mekanik tanah, serta data sekunder sehingga dapat ditentukan potensi lahan untuk aplikasi mekanisasi budidaya perkebunan di lokasi penelitian.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

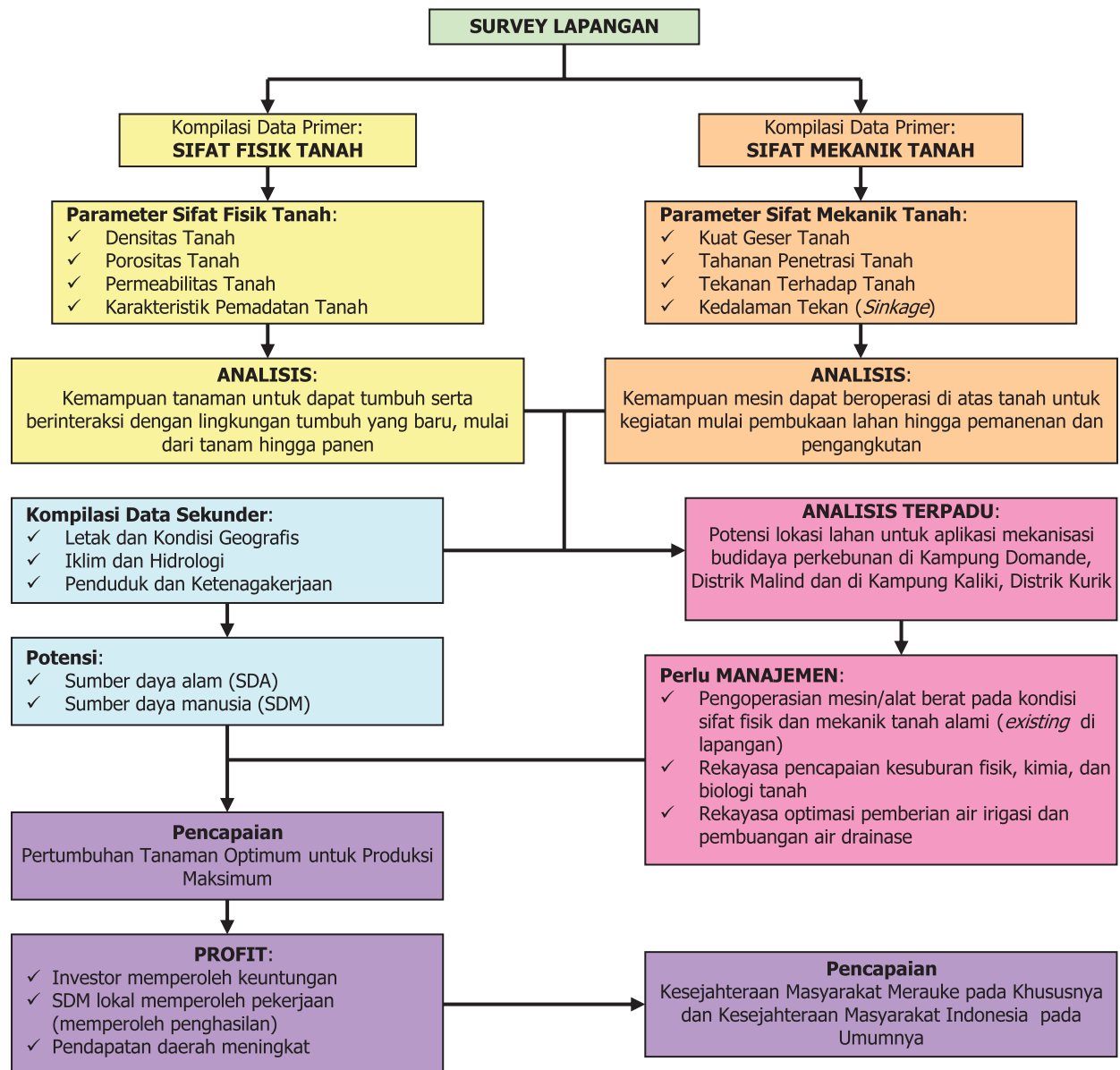
Potensi lahan untuk aplikasi mekanisasi budidaya tebu lahan kering di Kabupaten Merauke ditentukan berdasarkan hasil analisis kemampuan mesin melintas/beroperasi di atas permukaan tanah dan hasil analisis kemampuan tanaman tebu untuk tumbuh dan berinteraksi

dengan lingkungan tumbuh yang baru, mulai dari tanam sampai panen.

#### 3.1. Kemampuan Mesin Melintas/ Beroperasi di Atas Permukaan Tanah

Tahanan penetrasi tanah adalah salah satu parameter sifat mekanik tanah yang dapat digunakan untuk pendekatan dalam mengidentifikasi kemampuan daya dukung/sangga tanah (*soil bearing capacity*) pada saat mesin (alat berat) dioperasikan agar tidak terbenam/ambles ke dalam tanah. Berdasarkan hasil survey di Kampung Domande, Distrik Malind dan di Kampung Kaliki, Distrik Kurik diperoleh data tahanan penetrasi tanah rata-rata sampai kedalaman 10 cm sebesar (3,58 – 7,24) kgf/cm<sup>2</sup> di Domande dan sebesar (4,45 – 10,33) kgf/cm<sup>2</sup> di Kaliki, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 5.a dan Gambar 5.b.

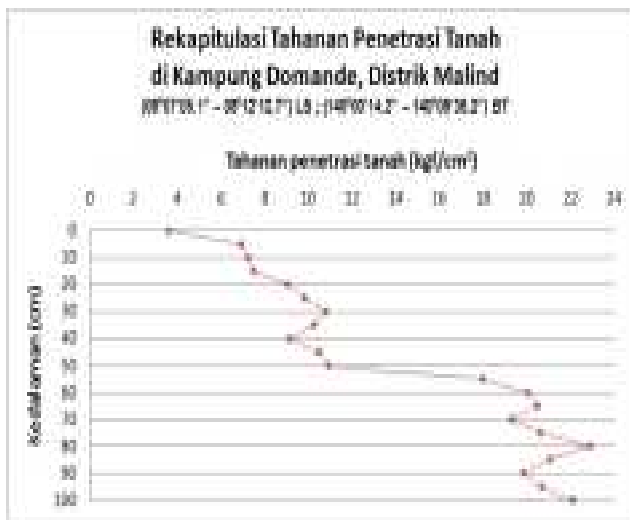
Hasil penelitian di Kerian, Malaysia disebutkan bahwa areal lahan yang bagus untuk pengoperasian traktor dan *combine harvester* adalah areal lahan yang mempunyai tahanan penetrasi tanah, atau *cone index*, lebih besar dari 4,0 kgf/cm<sup>2</sup> pada kedalaman tanah 20 cm



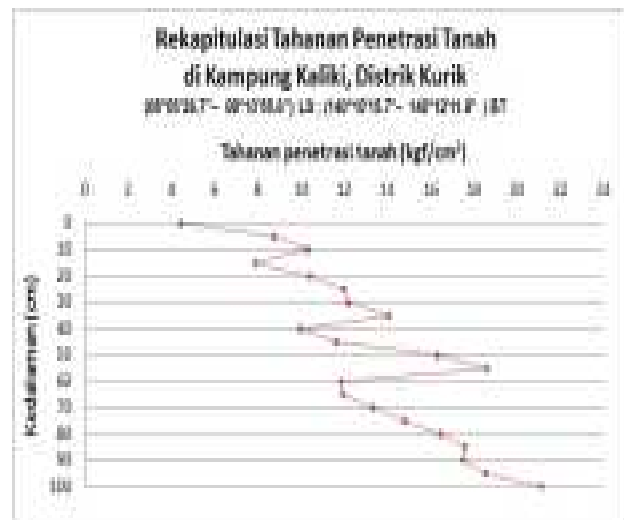
**Gambar 3.** Diagram skematik rancangan kajian potensi mekanisasi budidaya tebu lahan kering



**Gambar 4.** Contoh pengukuran tahanan penetrasi tanah menggunakan penetrometer (a) dan pengambilan contoh tanah menggunakan *soil sampler rings* (b)



(a)



(b)

**Gambar 5.** Hasil pengukuran tahanan penetrasi tanah di Domande, Distrik Malind (a) dan di Kaliki, Distrik Kurik (b)

sampai 30 cm dari permukaan tanah (Yea dan Ahmad, 2004). Di wilayah survey (Domande dan Kaliki), besar tahanan penetrasi tanah rata-rata hingga kedalaman 10 cm adalah sebesar 3,58 kgf/cm<sup>2</sup> hingga 10,33 kgf/cm<sup>2</sup> (Gambar 5), sedangkan besar *ground pressure* alat berat merk Komatsu dan Caterpillar antara 0,26 kgf/cm<sup>2</sup> hingga 2,67 kgf/cm<sup>2</sup>. Hal ini berarti bahwa semua alat berat dapat dioperasikan di wilayah survey. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa tanah di wilayah survey sangat potensial untuk aplikasi mesin-mesin pembukaan lahan, pembentukan lahan, dan penyiapan lahan.

Hasil pengukuran kedalaman tekan (*sinkage*) dan tekanan normal ke tanah (*ground pressure*) rata-rata menggunakan penetrometer dan plat *sinkage* disajikan dalam Gambar 6. Besar nilai *sinkage* yang mampu menahan *ground pressure* maksimum (0,57 kgf/cm<sup>2</sup>) adalah sebesar 4 cm dari permukaan tanah (Gambar 6). Hal ini berarti bahwa tanah di wilayah survey akan mampu menahan beban mesin (alat berat) sampai kedalaman tekan 4 cm untuk mesin (alat berat) yang mempunyai *ground pressure* hingga 0,57 kgf/cm<sup>2</sup>. Mesin-mesin yang mempunyai *ground pressure* > 0,57 kgf/cm<sup>2</sup> masih bisa beroperasi di atas tanah, namun akan menghasilkan kedalaman tekan (kedalaman tenggelamnya roda traksi mesin) hingga 15 cm, atau lebih dari 15 cm dari permukaan tanah tergantung besar kadar air tanahnya. Sebagaimana disebutkan oleh Alakukku, dkk., (2003) bahwa *bearing capacity*

tanah dipengaruhi oleh besar kadar air tanah. Semakin tinggi kadar air tanahnya maka *bearing capacity* tanah akan semakin turun. Menurut Kohnke (1968) dengan bertambahnya kadar air tanah maka akan menurunkan kohesi tanah, yang akan menurunkan kekuatan geser tanah, sehingga kedalaman tekan akan semakin besar (roda mesin akan semakin dalam masuk ke dalam tanah).

Kuat geser tanah (*soil shear strength*) ditentukan berdasarkan besar nilai kohesi tanah, tekanan normal ke tanah, dan sudut gesek dalam. Berdasarkan hasil uji geser langsung diperoleh persamaan-persamaan kekuatan geser tanah, seperti ditunjukkan pada Tabel 2, Tabel 3, dan Gambar 7.

Tanah di wilayah survey yang dalam keadaan tidak terganggu (Tabel 2) menunjukkan kemampuan tanah menahan *ground pressure* mesin sampai 0,66 kgf/cm<sup>2</sup> di wilayah Domande, Distrik Malind dan 0,50 kgf/cm<sup>2</sup> di wilayah Kaliki, Distrik Kurik pada kondisi tanah alami (*existing* di lapangan). Untuk tanah-tanah terganggu (Tabel 3) menunjukkan kemampuan tanah menahan *ground pressure* mesin yang lebih baik dibanding tanah tak terganggu. Hal ini terjadi karena untuk tanah-tanah terganggu pengujian kepadatan tanahnya pada kisaran kadar air optimum untuk pemadatan tanah berdasarkan hasil uji Proctor (Tabel 5). Di lapangan, tanah terganggu bisa terbentuk akibat aktivitas mesin di atas tanah, misalnya pada saat mesin (alat

**Tabel 2.** Hasil Analisis Kekuatan Geser Tanah (tidak terganggu) di Wilayah Survey

Wilayah survey	Sampel	Kedalaman (cm)	Kohesi tanah (kgf/cm <sup>2</sup> )	Sudut gesek dalam (°)	Persamaan garis	Ground pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )
Domande	SPL 20	0-20	0,05	34,99	$t = 0,05 + 0,7 s$	0,17
	SPL 20	20-40	0,31	27,92	$t = 0,31 + 0,53 s$	0,66
Kaliki	SPL 44	0-20	0,32	18,78	$t = 0,32 + 0,34 s$	0,50
	SPL 46	0-20	0,003	36,5	$t = 0,003 + 0,74 s$	0,01
	SPL 52	0-20	0,05	20,81	$t = 0,05 + 0,38 s$	0,08

**Tabel 3.** Hasil Analisis Kekuatan Geser Tanah (terganggu) di Wilayah Survey

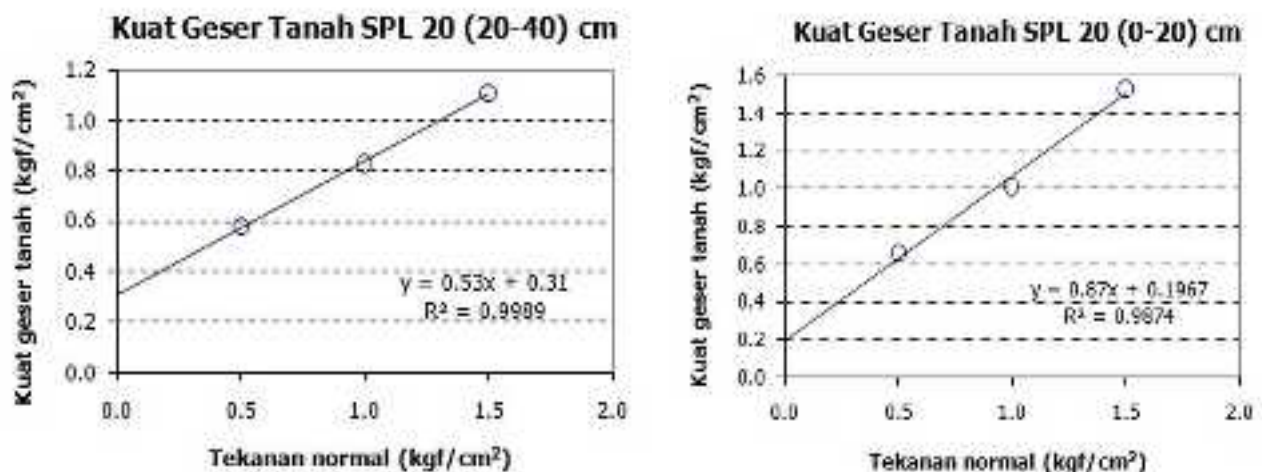
Wilayah survey	Sampel	Kedalaman (cm)	Kohesi tanah (kgf/cm <sup>2</sup> )	Sudut gesek dalam (°)	Persamaan garis	Ground pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )
Domande	SPL 2	0-20	0,19	29,68	$t = 0,19 + 0,57 s$	0,44
	SPL 5	0-20	0,23	28,81	$t = 0,23 + 0,55 s$	0,51
	SPL 20	0-20	0,20	41,02	$t = 0,20 + 0,87 s$	1,54
	SPL 24	0-20	0,02	41,99	$t = 0,02 + 0,90 s$	0,20
	SPL 5	20-40	0,41	34,61	$t = 0,41 + 0,69 s$	1,32
	SPL 24	20-40	0,26	37,60	$t = 0,26 + 0,77 s$	1,13
Kaliki	SPL 44	0-20	0,06	34,61	$t = 0,06 + 0,69 s$	0,19
	SPL 52	0-20	0,37	46,67	$t = 0,37 + 1,06 s$	6,17
	SPL 44	20-40	0,76	40,70	$t = 0,76 + 0,86 s$	5,43
	SPL 52	20-40	0,50	36,50	$t = 0,50 + 0,74 s$	1,92

berat) dioperasikan untuk kegiatan pembukaan lahan (*land clearing*).

### 3.2. Kemampuan Tanaman Tumbuh dan Berinteraksi dengan Lingkungan

Hasil pengukuran densitas dan porositas tanah (Tabel 4) di wilayah survey di Domande, Distrik Malind menunjukkan bahwa besar nilai

densitas tanah rata-rata pada kedalaman 0 - 20 cm dan 20 - 40 cm adalah 1,13 g/cc dan 1,30 g/cc, dan porositas tanah rata-rata adalah 57,30 persen dan 51,03 persen. Porositas tanah optimum untuk pertumbuhan tanaman optimum adalah sebesar  $\pm 60$  persen (nilai densitas tanah sebesar 1,00 – 1,20 g/cc). Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa pada kedalaman 20 -



**Gambar 7.** Contoh kurva kekuatan geser tanah tidak terganggu (a) dan terganggu (b)

40 cm perlu ada tindakan untuk memperkecil densitas tanah, atau memperbesar porositas tanah hingga mencapai  $\pm 60$  persen, melalui pekerjaan tindakan pengolahan tanah optimum pada kedalaman olah > 40 cm.

Di Kaliki, Distrik Kurik nilai densitas tanah rata-rata pada kedalaman 0 - 20 cm dan 20 - 40 cm adalah 1,09 g/cc dan 1,47 g/cc, sedangkan porositas tanah rata-rata adalah 47,08 persen dan 31,92 persen. Hasil pengukuran sifat fisik

tanah ini menunjukkan bahwa tanah di wilayah Kaliki mempunyai sifat fisik tanah yang lebih padat dibanding tanah di wilayah Domande pada kedalaman tanah sampai 40 cm sehingga memerlukan tindakan pengolahan tanah hingga kedalaman 40 cm, atau lebih dari 40 cm, yang lebih intensif dibanding di wilayah Domande.

Perkembangan akar tanaman, pernafasan akar, serta penyerapan nutrisi dan air oleh akar tanaman terbatas oleh kepadatan tanah

**Tabel 4.** Densitas Tanah Dan Porositas Tanah di Wilayah Survey

Wilayah Survey	Kedalaman Tanah (cm)	Nilai Parameter	Densitas Tanah (g/cc)	Porositas Tanah (%)	Kadar Air Tanah (%)
Kelurahan / Kampung Domande, Distrik Malind	0 – 20	Minimum	0,54	44,93	9,25
		Rata-rata	1,13	57,30	25,29
		Maksimum	1,46	79,58	47,93
	20 – 40	Minimum	0,91	44,28	10,21
		Rata-rata	1,30	51,03	21,01
		Maksimum	1,48	65,80	37,02
Kelurahan / Kampung Kaliki, Distrik Kurik	0 – 20	Minimum	1,04	55,88	40,95
		Rata-rata	1,09	58,89	47,08
		Maksimum	1,17	60,94	53,14
	20 – 40	Minimum	1,25	37,62	17,25
		Rata-rata	1,47	44,44	31,92
		Maksimum	1,65	52,86	58,74

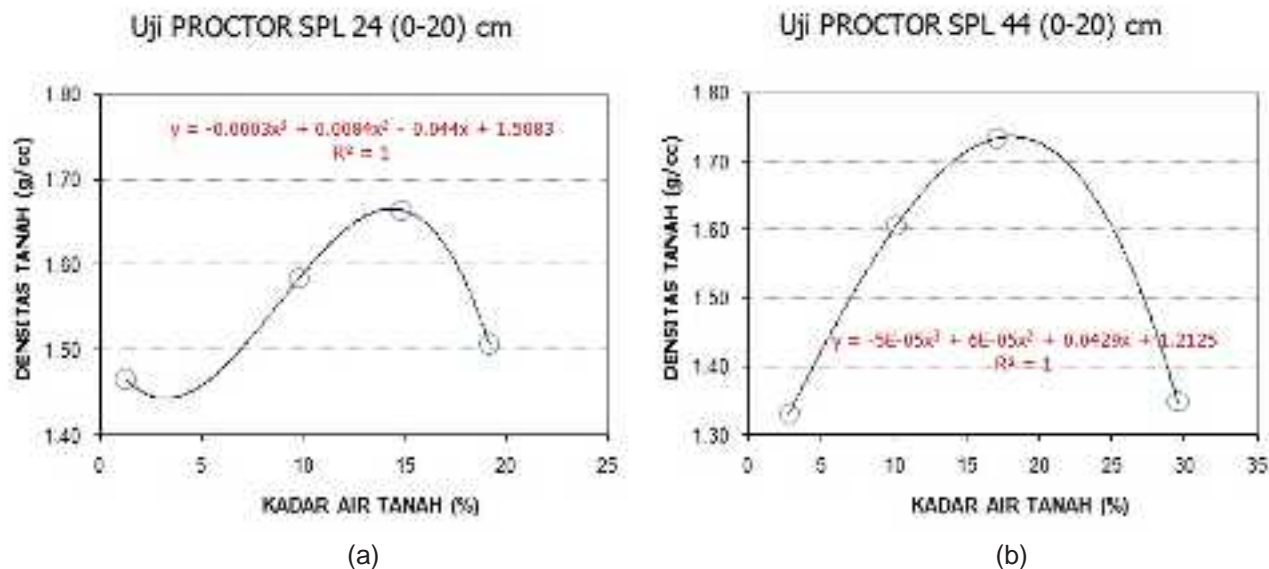
**Tabel 5.** Hasil Uji Proctor untuk Pemadatan Tanah

Wilayah survey	Kedalaman (cm)	Parameter Sifat Fisik Tanah	Hasil Analisis				
			I	II	III	IV	Rata-rata
Kelurahan Domande, Distrik Malind	0-20	Kadar air tanah optimum	18,80	15,50	18,70	16,60	17,40
		Densitas tanah maksimum	1,80	1,73	1,60	1,59	1,68
	20-40	Kadar air tanah optimum	17,10	12,40	27,80	14,40	17,93
		Densitas tanah maksimum	1,68	1,70	1,92	1,59	1,72
Kelurahan Kaliki, Distrik Kurik	0-20	Kadar air tanah optimum	17,30	24,60			20,95
		Densitas tanah maksimum	1,71	1,42			1,57
	20-40	Kadar air tanah optimum	21,30	23,00			22,15
		Densitas tanah maksimum	1,96	1,72			1,84

maksimum (densitas tanah maksimum). Hasil uji Proctor untuk pemadatan tanah, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5, memperlihatkan besar nilai densitas tanah maksimum rata-rata pada kedalaman 0 - 20 cm (1,68 g/cc di Domande dan 1,57 g/cc di Kaliki) yang lebih rendah dibanding pada kedalaman 20 - 40 cm (1,72 g/cc di

mencapai 15,50 persen untuk tanah di wilayah Domande dan sebelum mencapai 17,30 persen untuk tanah di wilayah Kaliki, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 8.a dan Gambar 8.b.

Pada Tabel 6 ditunjukkan hasil pengukuran permeabilitas tanah rata-rata pada lapisan tanah 0 - 20 cm (0,2625 mm/jam) di wilayah Domande



**Gambar 8.** Contoh kurva kompaksi hasil uji Proctor di Domande (a) dan di Kaliki (b)

Domande dan 1,84 g/cc di Kaliki). Artinya, tanah yang lebih dalam berpotensi memiliki kepadatan tanah maksimum yang lebih tinggi dibanding tanah di atasnya. Kepadatan tanah maksimum ini harus dihindari agar tidak membatasi perkembangan dan fungsi perakaran tanaman melalui tindakan pengolahan tanah optimum, yaitu melakukan pengolahan tanah dalam (*deep soil tillage*) lebih dari 40 cm hingga mencapai lapisan subsoil. Aplikasi *subsoiler plow* sangat dianjurkan agar terbentuk alur potongan tanah hingga kedalaman > 60 cm sehingga dapat berfungsi untuk menampung air hujan (sebagai *water bank*) yang dapat dimanfaatkan tanaman tebu pada masa kering (kemarau).

Aktivitas mesin di atas tanah dapat mempercepat terbentuknya tanah padat hingga mencapai kepadatan tanah (densitas tanah) maksimum, yaitu apabila kadar air tanahnya berada pada kisaran kadar air tanah optimum untuk pemadatan. Disarankan agar pengoperasian mesin-mesin pertanian pada saat kadar air tanahnya belum mencapai kisaran kadar air tanah optimum, yaitu sebelum

lebih besar dibanding pada lapisan tanah 20 - 40 cm (0,0122 mm/jam), demikian pula nilai permeabilitas tanah rata-rata pada lapisan tanah 0 - 20 cm (0,2567 mm/jam) di wilayah Kaliki lebih besar dibanding pada lapisan tanah 20 - 40 cm (0,0312 mm/jam). Tekstur tanah kedua lapisan tanah tersebut adalah lempung liat berpasir (*sandy clay loam*). Perbedaan besar nilai permeabilitas tanah tersebut disebabkan oleh perbedaan kepadatan tanah atau porositas tanah kedua lapisan tanah tersebut. Densitas tanah lapisan 20 - 40 cm lebih padat atau porositasnya lebih kecil dibanding lapisan 0 - 20 cm. Kondisi ini menyebabkan permeabilitas tanah lapisan 20 - 40 cm lebih lambat dibanding lapisan 0 - 20 cm. Dengan demikian, untuk meningkatkan permeabilitas tanah masih bisa ditempuh dengan meningkatkan porositas tanah melalui tindakan pengolahan tanah optimum hingga kedalaman olah > 40 cm.

Selama masa pertumbuhan maka tanaman akan membutuhkan air yang dapat dipenuhi melalui irigasi. Pemberian air irigasi berkaitan erat dengan permeabilitas tanah, yaitu

**Tabel 6.** Permeabilitas Tanah di Wilayah Survey

Wilayah Survey	Kedalaman (cm)	Nilai	Permeabilitas (mm/jam)	Waktu resap (jam)	Waktu resap (hari)	Debit air irigasi (m <sup>3</sup> /jam)
Kelurahan Domande, Distrik Malind	0 – 20	Minimum	0,0351	280,52	11,69	0,35
		Rata-rata	0,2625	761,78	31,74	2,63
		Maksimum	0,7130	5704,02	237,67	7,13
	20 – 40	Minimum	0,0011	7948,18	331,17	0,01
		Rata-rata	0,0122	16392,10	683,00	0,12
		Maksimum	0,0252	180505,42	7521,06	0,25
	0 – 40	Minimum	0,0011	8228,70	342,86	0,01
		Rata-rata	0,0117	17153,88	714,75	0,12
		Maksimum	0,0243	186209,43	7758,73	0,24
Kelurahan Kaliki, Distrik Kurik	0 – 20	Minimum	0,0856	467,54	19,48	0,86
		Rata-rata	0,2567	779,23	32,47	2,57
		Maksimum	0,4278	2337,70	97,40	4,28
	20 – 40	Minimum	0,0261	5516,94	229,87	0,26
		Rata-rata	0,0312	6416,84	267,37	0,31
		Maksimum	0,0363	7667,54	319,48	0,36
	0 – 40	Minimum	0,0200	5984,48	249,35	0,20
		Rata-rata	0,0278	7196,07	299,84	0,28
		Maksimum	0,0334	10005,24	416,89	0,33



(a)



(b)

**Gambar 9.** Contoh *deep-drainage canal* (a) dan *water pond* (b)

kemampuan tanah meloloskan air meresap atau masuk ke dalam tanah dengan laju tertentu dalam satuan mm/jam. Waktu peresapan air rata-rata ke dalam tanah hingga seluruh ruang pori tanah terisi air (mencapai kapasitas lapang) pada kedalaman tanah hingga 20 cm di wilayah

Domande dan Kaliki berturut-turut sebesar 31,74 hari (32 hari) dan 32,47 hari (33 hari) dengan debit pemberian air irigasi rata-rata sebesar 2,63 m<sup>3</sup>/jam dan 2,57 m<sup>3</sup>/jam. Metode pemberian air irigasi yang paling sesuai adalah metode irigasi curah (*sprinkler irrigation*) dengan

---

menggunakan *big gun sprinkler*.

Tanah di wilayah survey tergolong tanah dengan drainase buruk karena waktu peresapan air rata-rata lebih dari 30 hari. Kondisi seperti ini akan menyebabkan limpasan air permukaan (*run-off*) akan sangat tinggi dan akan memicu terjadinya erosi tanah oleh air hujan. Disamping itu berdasarkan kompilasi data sekunder diperoleh informasi bahwa di beberapa wilayah di Kabupaten Merauke merupakan wilayah dengan salinitas tanah cukup tinggi. Untuk itu diperlukan rekayasa irigasi dan drainase dengan cara membuat saluran-saluran drainase dalam (*deep-drainage canal*) di sekeliling pinggiran lahan guna memutus aliran intrusi air laut dan juga *water pond* (kolam-kolam penampungan air hujan dan air drainase) yang bisa dimanfaatkan oleh tebu pada saat musim kering dengan menggunakan mesin-mesin irigasi curah (*sprinkler machines*). Dalam Gambar 9 diperlihatkan contoh *deep-drainage canal* dan *water pond*.

### 3.3. Potensi Mekanisasi Budidaya Tebu Lahan Kering

Beberapa hal yang bisa digunakan sebagai indikator bahwa wilayah survey di Domande dan Kaliki berpotensi untuk aplikasi mekanisasi budidaya tebu lahan kering, diantaranya adalah: (i) kemampuan tanah di wilayah survey untuk mobilisasi mesin-mesin pertanian yang beroperasi di atas permukaan tanah; (ii) kemampuan tanah untuk bisa diolah sehingga mencapai kondisi sifat fisik tanah (densitas dan porositas tanah) optimum untuk pertumbuhan tebu; dan (iii) kesesuaian iklim untuk budidaya tanaman tebu lahan kering.

Berdasarkan data hasil pengukuran pada Gambar 5 nampak bahwa nilai tahanan penetrasi tanah rata-rata hingga kedalaman 10 cm di wilayah Domande dan Kaliki [(3,58 – 7,24) kgf/cm<sup>2</sup> dan (4,45 – 10,33) kgf/cm<sup>2</sup>] lebih tinggi dibanding nilai *ground pressure* alat berat merk Caterpillar dan Komatsu, yaitu 0,26 kgf/cm<sup>2</sup> – 2,67 kgf/cm<sup>2</sup>. Hal ini berarti bahwa alat-alat berat tersebut dapat dioperasikan di wilayah survey. Dengan demikian tanah di wilayah survey sangat potensial untuk aplikasi mesin pembukaan lahan, pembentukan lahan, dan penyiapan lahan.

Berdasarkan data hasil pengukuran pada Tabel 4 diperlihatkan nilai densitas tanah rata-rata di wilayah survey pada lapisan 0 - 20 cm dan 20 - 40 cm berturut-turut sebesar 1,13 g/cc dan 1,09 g/cc, dan sebesar 1,30 g/cc dan 1,47 g/cc. Porositas tanah rata-rata di wilayah survey pada lapisan 0 - 20 cm dan 20 - 40 cm berturut-turut sebesar 57,30 persen dan 58,89 persen, dan sebesar 51,03 persen dan 44,44 persen. Hal ini menunjukkan bahwa hingga kedalaman 40 cm tanah di wilayah survey masih bisa ditingkatkan kualitas kesuburan fisiknya dengan cara memperkecil densitas tanah, atau memperbesar porositas tanah hingga mencapai kondisi optimum untuk pertumbuhan tanaman tebu sebesar  $\pm 60$  persen melalui pekerjaan tindakan pengolahan tanah optimum. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa tanah di wilayah survey mempunyai potensi untuk aplikasi budidaya tanaman tebu lahan kering.

Berdasarkan data iklim (Tabel 1 dan Gambar 2) ditunjukkan bahwa pada lima tahun terakhir dari tahun 2008 hingga tahun 2012 besar curah hujan tahunan rata-rata sebesar 2299 mm. Kondisi iklim ini mendukung budidaya tebu lahan kering karena besar curah hujan setempat lebih dari 2000 mm/tahun.

Operasional mesin sangat ditentukan oleh jumlah hari tidak hujan. Di Kabupaten Merauke terdapat bulan-bulan basah (Desember hingga Mei) dengan jumlah hari tidak ada hujan paling tidak sebanyak 10 hari/bulan, sedangkan pada bulan-bulan kering (Juni hingga November) paling tidak terdapat 18 hari tidak ada hujan/bulan (Tabel 1). Dapat dikatakan bahwa tanah di wilayah survey berpotensi untuk aplikasi mekanisasi budidaya tanaman perkebunan dengan waktu operasional tersedia paling sedikit terdapat 10 hari/bulan x 6 bulan + 18 hari/bulan x 6 bulan = 168 hari/tahun, atau rata-rata sebanyak 14 hari/bulan; waktu yang cukup banyak untuk melaksanakan kegiatan mekanisasi budidaya tebu lahan kering. Disamping itu, di wilayah survey juga potensial untuk budidaya tebu lahan kering karena dengan tersedianya bulan kering sebanyak 6 bulan/tahun akan cukup banyak waktu bagi tebu menghasilkan rendemen giling yang tinggi.

## IV. KESIMPULAN

### 4.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan hasil kajian (studi) potensi mekanisasi budidaya tebu lahan kering di Kabupaten Merauke, yaitu :

**Pertama**, tanah di wilayah survey (Domande dan Kaliki) sangat potensial dalam menopang operasional mesin untuk pekerjaan pembukaan lahan, pembentukan lahan, dan penyiapan lahan sehingga tanah di wilayah survey berpotensi untuk aplikasi mekanisasi budidaya tebu lahan kering.

**Kedua**, semua mesin (alat berat) merk Komatsu dan Caterpillar (*ground pressure* 0,26 kgf/cm<sup>2</sup> sampai 2,67 kgf/cm<sup>2</sup>) bisa dioperasikan di wilayah survey karena besar tahanan penetrasi tanah rata-rata hingga kedalaman 10 cm di lokasi survey adalah sebesar (3,58 – 7,24) kgf/cm<sup>2</sup> di Domande dan sebesar (4,45 – 10,33) kgf/cm<sup>2</sup> di Kaliki.

**Ketiga**, tanah di wilayah survey akan mampu menahan beban mesin hingga kedalaman tekan (*sinkage*) 4 cm untuk mesin yang mempunyai *ground pressure* hingga 0,57 kgf/cm<sup>2</sup>. Mesin-mesin dengan *ground pressure* > 0,57 kgf/cm<sup>2</sup> masih bisa beroperasi di atas tanah, namun akan menghasilkan *sinkage* sampai 15 cm, atau lebih dari 15 cm tergantung besar kadar air tanahnya.

**Keempat**, tanah di wilayah Kaliki memiliki nilai densitas tanah rata-rata lebih tinggi, atau nilai porositas tanah rata-rata lebih rendah, dibanding tanah di wilayah Domande sehingga di wilayah Kaliki memerlukan tindakan pengolahan tanah yang lebih intensif dibanding di wilayah Domande.

**Kelima**, nilai densitas tanah maksimum rata-rata pada kedalaman 0 - 20 cm (1,68 g/cc di Domande dan 1,57 g/cc di Kaliki) lebih rendah dibanding pada kedalaman 20 - 40 cm (1,72 g/cc di Domande dan 1,84 g/cc di Kaliki), sehingga tanah yang lebih dalam berpotensi memiliki kepadatan tanah maksimum yang lebih tinggi dibanding tanah di atasnya.

**Keenam**, nilai permeabilitas tanah rata-rata semakin turun pada lapisan tanah yang semakin dalam, yaitu dari 0,2625 mm/jam pada kedalaman 0 - 20 cm menjadi 0,0122 mm/jam

pada kedalaman 20 - 40 cm di wilayah Domande, dan dari 0,2567 mm/jam pada kedalaman 0 - 20 cm menjadi 0,0312 mm/jam pada kedalaman 20 - 40 cm di wilayah Kaliki.

**Ketujuh**, tanah di wilayah survey tergolong tanah dengan drainase buruk karena waktu peresapan air rata-rata ke dalam tanah hingga seluruh ruang pori tanah terisi air (mencapai kapasitas lapang) pada kedalaman tanah sampai 20 cm memerlukan waktu peresapan hingga lebih dari 30 hari.

**Kedelapan**, kondisi iklim setempat mendukung pelaksanaan operasional mesin (alat berat) dengan waktu tersedia untuk operasional mesin sebanyak ± 14 hari/bulan dan sesuai untuk budidaya tanaman tebu lahan kering karena terdapat enam bulan kering (Juni hingga November) yang bisa dimanfaatkan untuk masa panen agar rendemen giling tebu bisa terjaga tinggi.

### 4.2. Rekomendasi

Beberapa saran (rekomendasi) yang bisa dimunculkan, yaitu:

**Pertama**, mesin atau alat berat yang diaplikasikan sebaiknya mempunyai *ground pressure* tidak lebih dari 0,57 kgf/cm<sup>2</sup>, dan dioperasikan di atas permukaan tanah pada kondisi tanah kering (pada saat kadar air tanahnya sebelum mencapai kadar air optimum untuk pemadatan tanah maksimum), yaitu sebelum kadar air tanah mencapai 15,50 persen di Domande dan sebelum 17,30 persen di Kaliki.

**Kedua**, merekayasa kesuburan fisik tanah melalui tindakan pengolahan tanah optimum yang diawali dengan kegiatan pembajakan tanah dalam (*subsoiling*) dengan kedalaman olah lebih besar dari 60 cm agar permeabilitas tanah meningkat dan terbentuk alur potongan tanah di dalam tanah, yang dapat diisi oleh air hujan dan air drainase, serta berfungsi sebagai simpanan air (*water bank*), yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tebu lahan kering pada masa kering (kemarau).

**Ketiga**, merekayasa kesuburan kimia tanah melalui pemberian pupuk-pupuk organik dengan dosis atau porsi yang lebih tinggi dibanding pupuk an-organik agar lebih banyak mikroba-mikroba tanah beraktivitas sehingga

selalu tersedia cadangan makanan (nutrisi) bagi tanaman tebu lahan kering; atau pemberian pupuk organik cair melalui stomata (mulut daun) tanaman tebu lahan kering.

**Keempat**, membuat rekayasa irigasi dan drainase dengan cara membuat saluran-saluran drainase dalam (*deep-drainage canal*) di sekeliling pinggiran lahan guna memutus aliran intrusi air laut dan juga *water pond* (kolam-kolam penampungan air hujan dan air drainase) yang bisa dimanfaatkan oleh tanaman tebu pada saat musim kering dengan menggunakan mesin-mesin irigasi curah (*sprinkler machines*).

**Kelima**, mengolah tanah dan membuat alur tanam searah garis kontur untuk meminimumkan erosi tanah oleh air hujan mengingat tanah di wilayah survey tergolong tanah dengan drainase buruk (permeabilitas tanahnya sangat lambat).

#### Daftar Pustaka

- Alakukku L, P Weisskopf, WCT Chamen, FGJ Tijink, JP van der Linden, S Pires, C Sommer, and G Spoor. 2003. *Prevention Strategies for Field Traffic-induced Subsoil Compaction: A Review. Part 1. Machine/Soil Interactions*. Elsevier, Journal of Soil & Tillage Research 73 (2003) pp. 145-160
- Bekker MG. 1955. *A Proposed System of Physical and Geometrical Terrain Values for the Determination of Vehicle Performance and Soil Trafficability*. Paper presented at the Interservice Vehicle Mobility Symposium, Stevens Institute of Technology, April 18-20
- BMKG Merauke. 2013. *Data Iklim Lengkap Tahun 2008 hingga Tahun 2012*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Balai Besar Wilayah V Papua, Stasiun Meteorologi Mopah, Merauke
- BPS Merauke. 2012. *Merauke Dalam Angka 2012*. Kerjasama Badan Pusat Statistik Kabupaten Merauke dengan BAPPEDA Kabupaten Merauke
- Chapman SR and Carter LP. 1976. *Crop Production: Principles and Practices*. San Francisco: W.H. Freeman and Company.
- Davies DB, Eagle DJ, Finney JB. 1993. *Soil Management*. Edisi ke-5. New York: Farming Press.
- Distanhut. 2011. *Rencana Pembangunan Pertanian, Perkebunan, Peternakan, dan Kehutanan Kabupaten Karimun Tahun 2012 – 2016*. Dinas Pertanian dan Kehutanan, Pemerintah Daerah Kabupaten Karimun, Tahun 2011
- \_\_\_\_\_. 2011. *Komatsu*. <http://www.unitedtractors.com/index.php/bs/product/Komatsu/> [diakses 24 Februari 2011]
- \_\_\_\_\_. 2011. *Caterpillar*. <http://www.trakindo.co.id/website/pages/product/machines.php> [diakses 24 Februari 2011]
- Gill WR and GE Vanden Berg. 1976. *Soil Dynamics in Tillage and Traction*. Agricultural Research Service, U.S.D.A.
- Kohnke H. 1968. *Soil Physics*. New York: McGrawHill Book Company
- McKyes E. 1985. *Soil Cutting and Tillage. Developments in Agricultural Engineering 7*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Moens A. 1978. *Sumber dan Kebutuhan Energi. Strategi Mekanisasi Pertanian*. Departemen Mekanisasi Pertanian, FATEMETA IPB dan Department of Agricultural Engineering, Agricultural University Wageningen
- Plaster EJ. 1992. *Soil Science and Management*. Edisi ke-2. New York: Delmar Publishers Inc.
- Pramuhadi G. 2010. *Faktor Iklim Pada Budidaya Tebu Lahan Kering*. Majalah PANGAN, Perum BULOG, Vol. 19, No. 4, Desember 2010. ISSN 0852-0607
- Suharnoto Y, Suwardi, Murdianto, Zaman S, dan Pramuhadi G. 2011. *Pengembangan Agribisnis Komoditas Perkebunan di Kabupaten Sorong, Provinsi Papua*. F-Technopark, Fateta, IPB Bogor
- Yea NT dan B Ahmad. 2004. *Investigating Soil Trafficability in Kerian Paddy Areas*. National Hydraulic Research Institute Malaysia (NAHRIM) and Department of Agriculture, Malaysia pp. 1-8

#### BIODATA PENULIS :

**Dr. Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si.** lahir di Purworejo, 18 Juli 1965, menyelesaikan S1 bidang Mekanisasi Pertanian, UGM Yogyakarta, tahun 1991, S2 bidang Ilmu Keteknikan Pertanian, IPB Bogor tahun 1998 dan S3 bidang Ilmu Keteknikan Pertanian, IPB Bogor tahun 2005. Saat ini bekerja sebagai Dosen tetap di IPB Bogor, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem (TMB), Fakultas Teknologi Pertanian (Fateta), Institut Pertanian Bogor (IPB).