

# PENGARUH JARAK ALUR DAN PEMECAHAN HARD PAN DENGAN BAJAK CHISEL TERHADAP PRODUKSI KEDELAI (*Glicine max L. Merr*) PASCA PADI

*Ir. Endah Lisarini, SE, WM\**  
dan

*Ir. Nurdi Ibnu Wibowo, MP\**

## Ringkasan

Percobaan lapangan dilakukan untuk mempelajari pengaruh jarak alur dan pemecahan hard pan dengan bajak chisel terhadap produksi kedelai yang ditanam pada lahan sawah pasca padi. Rancangan perlakuan yang digunakan adalah faktorial dengan faktor pertama kedalaman chiseling, dan jarak alur chiseling sebagai faktor kedua. Perlakuan kedalaman chiseling : tanpa chiseling (D0), tidak sampai hard pan (D1), sampai di bawah hard pan (D2). Perlakuan jarak alur chiseling: 20 cm (J1), 40 cm (J2), 60 cm (J3), 80 cm (J4). Parameter yang diamati : kadar lengas tanah, tahanan penetrasi, penyebaran akar, bobot tanaman bagian atas dan produksi kedelai. Hasil percobaan perlakuan chiseling sampai di bawah hard pan (D2) dapat menurunkan tahanan penetrasi dan memperbaiki kadar lengas tanah sehingga memberikan pengaruh terbaik pada tanaman kedelai. Jarak alur 60 cm (J3) atau jarak tanam 40 cm x 10 cm memberikan hasil tertinggi produksi kedelai atau 71,5% lebih tinggi dari cara petani dengan jarak tanam 20 cm x 30 cm.

*Kata kunci: kadar lengas tanah, tahanan penetrasi.*

## Abstract

Field experiment was done to investigate the influence of gully distance and hard pan breakage by chisel on soybean yield planted on field after flooded paddy. Treatment design is factorial with chiseling depth as first factor and gully distance created by chiseling as second factor. Chiseling depth treatment: no chiseling (D0), not reach hard pan (D1), reach under hard pan (D2). Gully distance or chiseling space treatment: 20 cm (J1), 40 cm (J2), 60 cm (J3), 80 cm (J4). Observed parameters: soil nisbi humidity, penetration tenacity, root spread, top plant weight and yield of soybean. Results indicated that, chiseling reach under hard pan (D2) decreased penetration tenacity and improved soil nisbi humidity, in turn gave the best influence to soybean yield. Gully distance 60 cm (J3) or plant distance 40 cm x 10 cm indicated highest yield of soybean or 71.5% more above than farmer used to (20 cm x 30 cm plant distance).

## PENDAHULUAN

Perpanjangan dan penyebaran akar dalam tanah merupakan salah satu faktor penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Perkembangan akar yang baik hanya terjadi jika kondisi tanahnya dapat mendukung pertumbuhan akar, yaitu tanah yang cukup

mengandung air, udara dan temperatur yang cukup serta tidak adanya hambatan mekanis dari tanah terhadap akar. Pertumbuhan akar akan terhenti dalam tanah apabila tanah tersebut mempunyai kondisi yang seragam dan mempunyai tahanan penetrasi  $\pm$  3000 kPa (Anonim, 1986). Akar kecambah tanaman kedelai tidak dapat menembus tanah pada

\* Dosen Fakultas Pertanian UNSUR

kekuatan tanah 2,3 MPa (Somapala dan Willat, 1982).

Pada lahan padi sawah, pengolahan tanah dilakukan dalam kondisi basah karena padi sawah menghandaki kondisi tanah yang berlumpur. Cara pengolahan tanah semacam ini akan memudahkan terbentuknya lapisan padat (hard pan) di bawah lapisan olah dengan ketebalan 1,0 – 4,0 cm pada kedalaman 10 – 40 cm dan mempunyai bobot isi (bulk density) lebih tinggi (Moorman dan Breemen, 1978). Kedalaman, derajat pemadatan serta ketebalan hard pan dipengaruhi antara lain oleh: jenis tanah, lamanya lahan disawahkan dan jenis alat pertanian yang digunakan (Dalhar, 1990). Hasegawa (1992) membuat kriteria kondisi fisik hard pan, yaitu: tahanan penetrasi tanah  $\geq 1,5$  MPa, konduktivitas hidrolis pada  $10 \text{ kPa} \leq 1 \text{ mm/hari}$ , drainase air yang tergenang di areal tidak hilang 1 hari setelah hujan.

Usaha menaikkan produksi kedelai di lahan sawah akan berpengaruh sangat besar mengingat 60% lahan kedelai di Indonesia terdapat di sawah (Adisarwanto dkk., 1990 dan Anonim, 1993). Greenland (1985) menyatakan bahwa perbaikan kondisi fisik tanah yang relevan dapat membantu menaikkan produksi dengan terjaminnya pemakaian sisa air tanah pada tanah sawah tadah hujan. Pemecahan sebagian hard pan yang ada di bawah lapisan olah diduga bisa mengatasi kendala tersebut.

Salah satu alat yang bisa digunakan untuk memecah hard pan adalah bajak pahat (chisel).

Chisel dapat dioperasikan pada kedalaman di bawah zona bajak normal jika hard pan relatif tipis. Chisel banyak digunakan untuk memecah tanah sebelum dilakukan pembajakan pada tanah-tanah yang keras, atau untuk memecah alur tempat benih akan ditanam.

Untuk meniadakan hasil pemecahan hard pan yang optimal, biasanya chiseling dilakukan pada tanah dalam kondisi kering (Bainer dkk., 1965 dan Nakra, 1981). Pada kondisi kering, batang chisel yang tipis mampu memecah tanah sampai selebar beberapa kaki. Secara umum pada pengolahan tanah, tanah dalam kondisi 0,9 batas plastis (Dexter dan Woodhead, 1985) atau 0,85 batas plastis (Daywin dkk., 1989) akan menghasilkan kegemburan yang maksimum.

Melihat permasalahan dalam budidaya tanaman kedelai pasca padi sawah, seperti yang telah diuraikan di atas, maka dibuat suatu penelitian dengan harapan akan mendapatkan hasil sesuai hipotesa sebagai berikut: 1). Penanaman kedelai tanpa pengolahan tanah pada lahan sawah yang telah mengalami proses pengeringan akan mengakibatkan proses perkecambahan biji terganggu karena tingginya tahanan penetrasi tanah. 2). Pemecahan hard pan dengan bajak chisel akan memperbaiki kondisi lengas tanah dan menurunkan tahanan penetrasi tanah. Semakin rapat jarak alur pemecahan diharapkan pergerakan air melalui drainase ke bawah dan pergerakan air kapiler ke atas akan semakin baik. 3). Perbaikan kondisi fisik tanah akan memperbaiki

ketersediaan lengas tanah dan perkembangan akar tanaman, sehingga diharapkan bisa meningkatkan produksi kedelai pasca padi. 4). Produksi kedelai tertinggi diperoleh pada lahan sawah yang dipecah hard pannya dengan jarak pemecahan tertentu.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh jarak alur dan pemecahan hard pan dengan bajak chisel terhadap produksi kedelai yang ditanam pada lahan sawah pasca padi.

## **BAHAN DAN METODE**

Percobaan dilakukan di lahan sawah yang biasa ditanami padi-palawija dan terdapat hard pan di bawah lapisan olah dengan jenis tanah Regosol. Analisa fisik tanah selain dilakukan di lapangan juga dilakukan di Laboratorium Fakultas Pertanian, Universitas Suryakencana Cianjur. Percobaan dilaksanakan pada bulan Juli – November 2006 setelah pemanenan padi.

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan rancangan perlakuan faktorial (Tabel 1.). Analisa perlakuan yang berbeda nyata dipakai ortogonal kontras (Yitnosumartono, 1991). Masing-masing kombinasi perlakuan diulang 2 kali. Ukuran petak 2,4 x 9 m<sup>2</sup> sebanyak 24 buah. Percobaan dilakukan pada lahan sawah pasca padi yang berhard pan dengan tahanan penetrasi  $\geq 2,5$  Mpa, dan diketahui data historis lahan tersebut seperti cara pengolahan tanah dan pola penanaman.

### **Pemecahan hard pan**

Pada saat pemecahan, tanah pada kedalaman 15 cm dalam kondisi 0,85 – 0,90 batas plastis, yang didekati dengan menunggu 1 hari setelah tanah dalam kondisi batas plastis. Pemecahan dilakukan secara alur dengan jarak dan kedalaman sesuai perlakuan. Alat yang digunakan adalah bajak chisel tipe lurus yang ditarik dengan traktor. Setelah pemecahan hard pan, lahan diiri sampai permukaan tanah menjadi basah.

### **Penanaman kedelai**

Penanaman dilakukan 3 hari setelah pemecahan hard pan. Penanaman dilakukan dengan cara penugalan pada alur chiseling dengan kedalaman 2 – 3 cm, 2 biji per lubang. Sebagai pupuk dasar diberikan 50 kg Urea, 75 kg TSP dan 75 kg KCl per hektar. Jerami padi dihamparkan merata setebal 5 – 10 cm sebagai mulsa setelah benih ditanam. Penyiangan dilakukan pada umur 21 dan 35 hari setelah tanam (hst). Pengendalian hama dilaksanakan dengan disemprot insektisida (Asodrin) pada umur 7, 14, 38, 65 hst. Pengendalian penyakit karat dengan fungisida (Benlate) pada umur 50 dan 60 hst. Pemberian air dilakukan jika tanaman mengalami kelayuan. Kelayuan ditandai dengan menggulungnya daun saat siang hari ( $\pm$  jam 09.00 pagi).

### **Pengamatan sifat fisik tanah**

Tahanan penetrasi tanah diukur dengan penetograf. Kandungan lengas tanah diukur dengan metode gravimetrik dan contoh tanah diambil dengan cara

pengeboran. Tekstur tanah dianalisa dengan metode pipet.

#### **Pengamatan tanaman indikator**

Penyebaran akar dianalisa dengan metode papan paku. Ukuran papan paku 50 x 50 cm<sup>2</sup>, dengan jarak antar paku 10 cm. Untuk menghitung bobot tanaman bagian atas diambil 8 rumpun tanaman setiap plot, batang tanaman dipotong sebatas permukaan tanah. Potongan tanaman dioven pada 60° C selama 3 hari. Tanaman yang sudah kering ditimbang.

Produksi kedelai diukur dengan menimbang hasil biji kedelai melalui tahap-tahap: 1). Pemanenan dilakukan setelah ada tanda-tanda warna polong berubah dari hijau ke kuning kecoklatan; 2). Batang tanaman dipotong dengan sabit; 3). Dilakukan penjemuran selama 5 hari, setelah kering dilakukan perontokan; 4). Biji kedelai ditampi sampai bersih; 5). Diukur kandungan airnya; 6). Biji kedelai ditimbang dan dihitung produksinya

Tabel 1. Kombinasi perlakuan kedalaman chiseling dan jarak alur chiseling (baris penanaman)

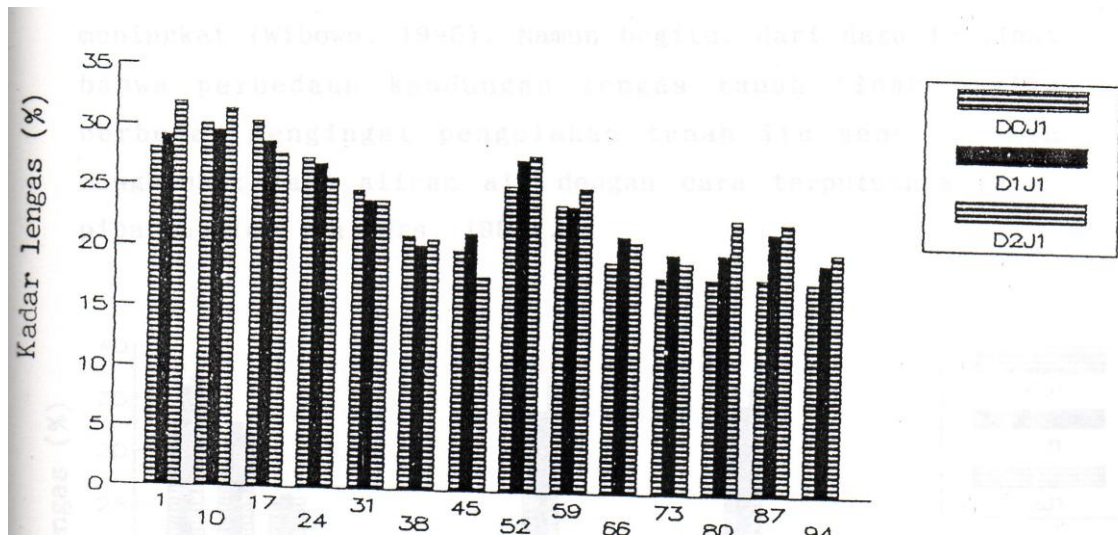
<b>Nomor perlakuan</b>	<b>Uraian perlakuan</b>	<b>Jarak tanam dalam alur ± 320.000 benih / ha</b>
D0J1	Kedalaman 0 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 20 cm	30 cm
D0J2	Kedalaman 0 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 40 cm	15 cm
D0J3	Kedalaman 0 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 60 cm	10 cm
D0J4	Kedalaman 0 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 80 cm	7,5 cm
D1J1	Kedalaman 15 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 20 cm	30 cm
D1J2	Kedalaman 15 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 40 cm	15 cm
D1J3	Kedalaman 15 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 60 cm	10 cm
D1J4	Kedalaman 15 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 80 cm	7,5 cm
D2J1	Kedalaman 25 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 20 cm	30 cm
D2J2	Kedalaman 25 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 40 cm	15 cm
D2J3	Kedalaman 25 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 60 cm	10 cm
D2J4	Kedalaman 25 cm (tanpa pengolahan tanah) – jarak alur 80 cm	7,5 cm

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kadar lengas tanah

Kadar lengas tanah dinyatakan dalam kandungan air gravimetrik. Pengukuran dilakukan pada kedalaman 0 – 5 cm, 10 – 15 cm dan 25 – 30 cm. Hasil pengukuran kadar lengas tanah disajikan pada Gambar 1. Sejak pengamatan hari pertama sampai terakhir, secara umum nampak bahwa perlakuan chiseling berpengaruh pada kandungan lengas tanah. Tanah di atas hard pan (pengamatan 0 – 5 cm dan 10 – 15 cm), lahan yang mengalami chiseling 30 cm mempunyai kadar lengas yang

tertinggi (D2), diikuti perlakuan chiseling 15 cm, dan terakhir untuk lahan yang tidak diolah. Jarak chiseling tidak terlihat jelas pengaruhnya. Pada jarak chiseling 20 cm (J1), penurunan kadar lengas tanah untuk lahan yang dichiseling lebih cepat daripada yang tidak diolah. Bahkan pada waktu 45 hst, kadar lengas tanah pada perlakuan D2 lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lain. Ada 2 kemungkinan mengapa lahan yang diolah mempunyai kadar lengas lebih tinggi daripada lahan yang tidak diolah. Seperti telah diketahui bahwa pengolahan tanah akan



Gambar 1. Grafik kadar lengas tanah pada kedalaman 5 cm

Hari setelah tanam (hst)

mengakibatkan diameter massa agregat tanah mengecil serta ruang pori meningkat. Kondisi seperti ini akan meningkatkan kapasitas menyimpan air. Kemungkinan kedua adalah adanya aliran air dari bawah hard pan, mengingat pada

perlakuan D2 hard pan yang ada dipecah sehingga memungkinkan adanya aliran apabila terjadi perbedaan potensial metrik. Hal ini terlihat dari data pengukuran kadar lengas pada kedalaman 30 cm. Hasil pengukuran pada hari ke 1,

52 dan 80 hst, didapatkan kadar lengas yang lebih tinggi dibanding lahan yang tidak diolah, namun pada pengamatan selanjutnya kadar lengas turun lebih cepat. Hal ini terjadi karena pada saat ada penambahan air, air yang ada di permukaan tanah akan lebih cepat turun sampai di bawah hard pan, namun pada saat proses pengeringan, air yang ada di bawah akan mengalir ke atas

### Tahanan penetrasi tanah

Tahanan penetrasi tanah diukur dengan penetrometer yang dilengkapi dengan penetrograf. Pengamatan dilakukan pada 10 dan 45 hst. Hasil pengamatan penetrasi tanah untuk kedalaman 2,5 cm, 12,5 cm dan 27,5 cm tertera pada

Tabel 2 dan 3. Hasil pengukuran tahanan penetrasi tanah pada kedalaman 27,5 cm tidak menunjukkan adanya perbedaan dan kecenderungan yang jelas. Pada perlakuan D0 dan D1, meskipun tanahnya tidak terkena pengaruh chiseling seperti pada perlakuan D2, namun karena mempunyai kadar lengas yang lebih tinggi, sehingga besarnya tahanan penetrasi tanah juga tidak lebih tinggi. Begitu juga untuk perlakuan jarak chiseling, khususnya untuk D2J1, meskipun pengolahannya paling rapat namun kadar lengasnya lebih rendah daripada perlakuan jarak yang lebih jauh. Dengan kata lain pengaruh chiseling tidak begitu terlihat nyata.

Tabel 2. Tahanan penetrasi tanah (Mpa) pada kedalaman 2,5 cm, 12,5 cm, dan 27,5 cm pada 10 hst.

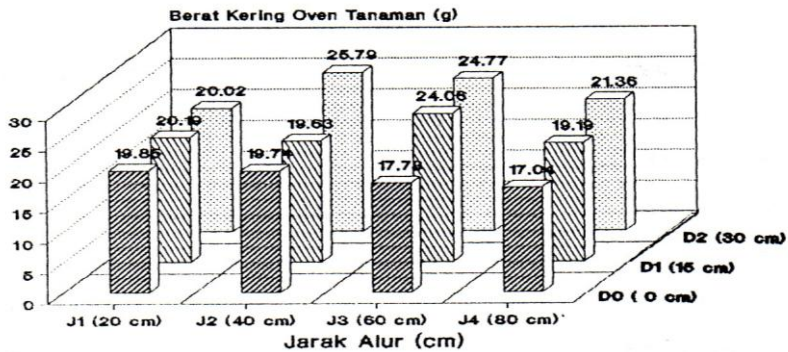
	<b>J1 (20 cm)</b>	<b>J2 (40 cm)</b>	<b>J3 (60 cm)</b>	<b>J4 (80 cm)</b>	<b>Rerata</b>
D0 (0 cm)	0.57	0.64	0.65	0.64	0.62
D1 (15 cm)	0.60	0.62	0.62	0.61	0.61
D2 (30 cm)	0.62	0.63	0.59	0.62	0.61
<b>Rerata</b>	<b>0.60</b>	<b>0.63</b>	<b>0.62</b>	<b>0.62</b>	<b>0.62</b>
D0 (0 cm)	1.40	1.40	1.65	1.65	1.53
D1 (15 cm)	1.24	1.30	1.23	1.29	1.26
D2 (30 cm)	1.20	1.15	1.13	1.36	1.21
<b>Rerata</b>	<b>1.28</b>	<b>1.28</b>	<b>1.34</b>	<b>1.43</b>	<b>1.33</b>
D0 (0 cm)	2.36	2.53	2.39	2.54	2.45
D1 (15 cm)	2.29	2.30	2.45	2.50	2.39
D2 (30 cm)	1.80	1.99	2.17	2.15	2.03
<b>Rerata</b>	<b>2.15</b>	<b>2.27</b>	<b>2.34</b>	<b>2.40</b>	<b>2.29</b>

Tabel 3. Tahanan penetrasi tanah (Mpa) pada kedalaman 2,5 cm, 12,5 cm, dan 27,5 cm pada 45 hst.

	J1 (20 cm)	J2 (40 cm)	J3 (60 cm)	J4 (80 cm)	Rerata
D0 (0 cm)	4.39	4.44	4.40	4.68	4.48
D1 (15 cm)	4.32	4.10	4.22	4.20	4.21
D2 (30 cm)	3.14	3.27	3.15	3.73	3.32
<b>Rerata</b>	<b>3.95</b>	<b>3.94</b>	<b>3.92</b>	<b>4.20</b>	<b>4.00</b>
D0 (0 cm)	3.85	3.51	3.63	3.96	3.74
D1 (15 cm)	3.04	3.40	3.40	3.73	3.39
D2 (30 cm)	3.02	3.30	3.24	3.56	3.28
<b>Rerata</b>	<b>3.30</b>	<b>3.40</b>	<b>3.42</b>	<b>3.75</b>	<b>3.47</b>
D0 (0 cm)	2.75	2.88	2.73	2.89	2.81
D1 (15 cm)	2.52	2.63	2.80	2.85	2.70
D2 (30 cm)	2.84	2.69	2.89	2.87	2.81
<b>Rerata</b>	<b>2.80</b>	<b>2.73</b>	<b>2.80</b>	<b>2.87</b>	<b>2.78</b>

Tabel 4. Pengaruh perlakuan terhadap kedalaman akar.

	J1 (20 cm)	J2 (40 cm)	J3 (60 cm)	J4 (80 cm)	
D0 (0 cm)					
I	33.1	30.0	40.0	40.0	
II	26.9	33.1	37.6	30.0	
Jumlah	60.0	63.1	77.6	70.0	270.7
<b>Rerata</b>	<b>30.0</b>	<b>31.6</b>	<b>38.8</b>	<b>35.0</b>	<b>33.8</b>
D1 (15 cm)					
I	37.9	34.5	32.1	39.9	
II	41.8	42.1	32.5	39.7	
Jumlah	79.7	76.6	64.6	79.6	300.5
<b>Rerata</b>	<b>39.9</b>	<b>38.3</b>	<b>32.3</b>	<b>39.8</b>	<b>37.6</b>
D2 (30 cm)					
I	48.2	42.7	41.8	45.1	
II	40.8	40.5	45.4	48.3	
Jumlah	89.0	83.2	87.2	93.4	352.8
<b>Rerata</b>	<b>44.5</b>	<b>41.6</b>	<b>43.6</b>	<b>46.7</b>	<b>44.1</b>
<b>Jumlah</b>	<b>228.7</b>	<b>222.9</b>	<b>229.4</b>	<b>243.0</b>	<b>924.0</b>
<b>Rerata</b>	<b>38.1</b>	<b>37.2</b>	<b>38.2</b>	<b>40.5</b>	<b>38.5</b>



Gambar 2. Pengaruh perlakuan terhadap berat kering oven tanaman

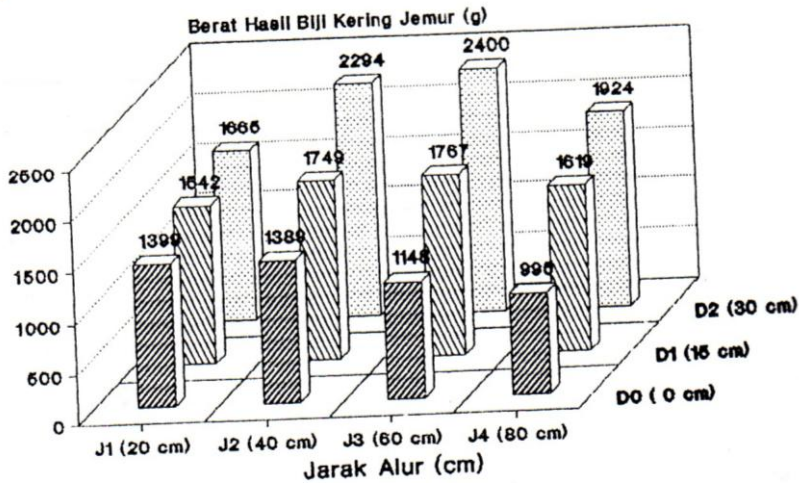
### **Tanaman Indikator**

Pengukuran kedalaman dan panjang akar tertera pada Tabel 4 dan Gambar 2. Kedalaman chiseling berpengaruh nyata terhadap kedalaman perakaran. Chiseling akan menurunkan tahanan penetrasi terutama pada saat tanaman masih muda, sehingga mendorong mempercepat perkembangan akar ke dalam tanah (Sumarniasih, 1991).

Perlakuan jarak tidak menghasilkan pengaruh jelas terhadap kecenderungan kedalaman akar. Pada perlakuan D2 didapatkan perlakuan J1 dan J4 menghasilkan perakaran yang lebih dalam daripada hasil perlakuan J2 dan J3. Pada perlakuan J1 karena cukup pendeknya jarak chiseling maka akan menyebabkan pemecahan hard pan yang lebih sempurna sehingga akar bisa lebih sempurna dalam perkembangannya termasuk pengembangan ke dalam. Sebaliknya pada perlakuan J4, jarak tanam dalam satu alur cukup pendek (7,5 cm), hal ini akan merangsang akar untuk berkembang ke bawah.

Data pengaruh perlakuan terhadap bobot kering oven tanaman bagian atas tersaji pada Gambar 3. Perlakuan kedalaman chiseling berpengaruh nyata terhadap bobot kering oven tanaman, baik antara perlakuan chiseling dengan tanpa perlakuan (D1 D2 vs D0) maupun antara chiseling 30 cm dengan chiseling 15 cm (D1 vs D2). Perlakuan D2 memberikan bobot terberat, disusul D1 dan terakhir D0. Perlakuan jarak chiseling untuk D0 dan D1 tidak memperlihatkan kecenderungan yang jelas, sedangkan D2 memperlihatkan kecenderungan kuadratik, hasil tertinggi didapat dari perlakuan J2.

Perlakuan kedalaman chiseling berpengaruh nyata terhadap bobot kering jemur hasil biji, demikian juga pengaruh perlakuan jarak chiseling. Peningkatan hasil yang didapat dari perlakuan D2J3 memberikan peningkatan produksi paling tinggi yaitu 171,55 atau 71,5% lebih tinggi dari yang dilakukan petani (Tabel 5).



Gambar 3. Pengaruh perlakuan terhadap hasil biji kering jemur

Tabel 5. Perubahan hasil biji kering jemur akibat masing-masing kombinasi perlakuan.

Perlakuan	Perubahan	Perlakuan	Perubahan	Perlakuan	Perubahan
D0J1	100.0 %	D1J1	110.2 %	D2J1	119.0 %
D0J2	99.3 %	D1J2	125.0 %	D2J2	163.9 %
D0J3	82.0 %	D1J3	126.3 %	D2J3	171.5 %
D0J4	71.1 %	D1J4	115.7 %	D2J4	137.5 %

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penanaman biji kedelai pada lahan sawah yang telah mengalami proses pengeringan akan mengalami kesulitan dalam proses perkecambahan. Hal tersebut disebabkan tingginya tahanan penetrasi ( $> 2,3$  Mpa) dan rendahnya kadar lengas tanah. Perlakuan chiseling pada lahan sawah dapat menurunkan tahanan penetrasi tanah. Pemecahan hard pan (chiseling sampai di bawah hard pan) dapat memperbaiki kondisi lengas tanah, namun apabila jarak pemecahannya terlalu rapat (20 cm) justru akan mempercepat proses pengeringan. Dibandingkan dengan cara budidaya petani (tanpa pengolahan

dengan jarak tanam  $20 \times 30$  cm<sup>2</sup>), ternyata budidaya dengan chiseling 30 cm dengan jarak alur 60 cm dan jarak dalam alur (jarak tanam 10 cm), memberikan hasil tertinggi atau 71,5 % lebih tinggi dari cara petani.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T., Radjit, B.S., Kuntastyuti, H., Marwanto dan sutrisno, 1990. Alternatif Teknologi Kedelai Untuk Lahan Sawah Di Lombok. Dalam. Risalah Lokakarya Perbaikan Teknologi Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Malang
- Anonim, 1993. Hasil Penelitian Dan Pengembangan Tanaman Pangan Tahun 1991/1992. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Malang
- Bainer, R., Berger, E.L., dan Kepner, R.A. 1965. Principles of Farm Machinery. John Willey and Sons. Inc., New York.
- Dalhar,A. 1990. Sifat-sifat Fisik Tanah Sawah. Agricultural Training Engineering. IPB. Bogor.
- Daywin, F.J., Sembiring, E.N., Hidayat, I., Sitompul, R.G. dan Kito, K. 1989. Preliminary Study on the Relationship of Soil Moisture Contents and Tractor Capacities in Drayland Farming. Dalam. Proceedings 2<sup>nd</sup> Joint Seminar on Agricultural Engineering and Technology. IPB. Hal: 12 - 31
- Dexter, A.R., Woodhead, T. 1985. Soil Mechanics in Relation to Tillage Implement and Root Penetration in Lowland Soil. Dalam. Soil Physics and Rice. IRRI. Los Banos. Philippines. Hal: 261 – 279.
- Greenland, D.J. 1985. Physical Aspects of Soil Management for Rice-base Cropping Systems. Dalam. Soil Physics and Rice. IRRI. Los Banos. Philippines. Hal: 1 – 15.
- Hasegawa, S. 1992. Manipulation of Plow Pan. Dalam. Soil and Water Engineering for Paddy Field Management. Asian Institute of Technology. Bangkok. Hal: 168 – 175.
- Moorman, F.R., Breemen,N.V.. 1978. Rice: Soil, Water, Land. IRRI. Los Banos. Laguna. Philippines.
- Nakra, C.P. 1981. Farm Machines and Equipment. Dhanpat Rai and Sons. New Delhi.
- Somapala, H. dan Willat, S.T. 1982. Seedbed Preparation and Field Seedling Emergence. Dalam. Proc. Of Conf. on Agric. Eng., Institution of Engineers. Australia. Nat. Conf. Publ. hal: 155 – 159.
- Sumarniasih, M.S. 1991. Pengaruh Pematatan Tanah Pasiran (Regosol) dan Tanah Lempungan (Mediteran) Terhadap Sifat Fisik Tanah dan Perakaran Tanaman Jagung. Tesis S2. Program Pasca Sarjana. UGM. Program KPK Unibraw. Malang.
- Yitnosumartono, S. 1991. Percobaan, Perancangan, Analisis dan Interpretasinya. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.