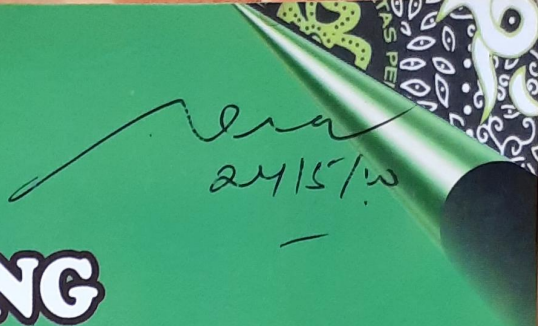


2

ISBN 978-602-96609-8-2



*era*  
24/5/10

# **PROSIDING**

## **SEMINAR NASIONAL DAN RAPAT TAHUNAN DEKAN**

**Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian  
Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri  
Wilayah Barat**

**BUKU 2  
AGROEKOTEKNOLOGI**

**Tema :**

**Revitalisasi Program Studi dan Peningkatan Peran  
Perguruan Tinggi Ilmu-Ilmu Pertanian  
dalam Pembangunan Pertanian Nasional**

Tim Penyunting:

Marwanto

Hermansyah

Hasanudin

Nanik Setyowati



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS BENGKULU  
23-25 MEI 2010**



*Irawati Chairyo*

*Ulin*  
*24/5/10*

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL DAN RAPAT TAHUNAN DEKAN

Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian

Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat

BUKU 2

AGROEKOTEKNOLOGI

BENGKULU, 23-25 MEI 2010

Diterbitkan oleh:

Badan Penerbitan Fakultas Pertanian

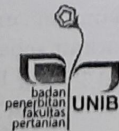
Universitas Bengkulu (BPPF UNIB)

Alamat: Gedung Fakultas Pertanian UNIB,

Jl. WR. Supratman, Kandang Limun Bengkulu Kode Pos 38371A

Telp. 0736-21170 ext. 206 Faks. 0736-21290

Email: [bpfpunib@gmail.com](mailto:bpfpunib@gmail.com)



PROSIDING SEMINAR NASIONAL DAN RAPAT TAHUNAN DEKAN  
Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat  
(BUKU 2 AGROEKOTEKNOLOGI)

Badan Penerbitan Fakultas Pertanian UNIB, 2010

595 hal., ukuran A4

ISBN 978-602-96609-8-2

Tim Penyunting:

Marwanto

Hermansyah

Hasanudin

Nanik Setyowati

Desain Sampul: *Pematang Creativis*

Tata Letak Isi:

Septri Widiono

Slamet Riyadi

Meti Januarni

Edi Saputra

Dhesna

**Undang-Undang No. 19 Tahun 2002**  
**tentang Perubahan atas Undang-Undang No. 12 Tahun 1997 Pasal 44**  
**tentang Hak Cipta**

**Pasal 72**

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau member izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima milyar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerka, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

**POTENSI ALLELOPATI PADI (*Oryza sativa* L.) TERHADAP GULMA JAJAGOAN (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)**

Irawati Chaniago dan Jamsari

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Andalas  
ichaniago@faperta.unand.ac.id

**ABSTRACT**

Experiments to determine the potential of rice allelopathy to barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) have been carried out at the Laboratory of Plant Physiology and Laboratory of Plant Molecular Genetic of Faculty of Agriculture, Andalas University Padang from February 2007 to December 2008. Three steps of experiments were set for data collection. The first step was bioassay of rice genotype through modified relay seeding technique. Rice genotypes having  $\geq 50\%$  growth inhibition were subjected to the second step of the experiment to determine the activity of peroxidase enzyme. The final stage was aimed at isolating and characterising DNA of rice genotypes from the previous stage of the experiments. Data indicate that rice genotypes of Cempo lutut and Badik/Gaduh kabalai were most tolerant to barnyardgrass. On the other hand, the genotypes of Pulu palappa and Harapan were most susceptible to the weed. We also found different type of DNA distribution within the rice genotypes. Fragment of specific DNA from the 'tolerant' genotypes of rice was isolated and would become a potential candidate for finding DNA responsible for the allelopathic traits.

Key words : allelopathy, rice, barnyardgrass, DNA, peroxidase

**PENDAHULUAN**

Gulma jajagoan adalah gulma utama dan paling merugikan pada pertanaman padi. Bila gulma ini dibiarkan berasosiasi dengan tanaman padi untuk waktu yang cukup lama dapat menyebabkan penurunan hasil sampai 90% (Kwesi *et al.*, 1991). Gulma *E. crus-galli* menghasilkan banyak sekali biji per tanaman yang berguna untuk penyebaran dan penjamin keberadaan gulma ini pada pertanaman padi (Kim dan Park, 1996). Biji gulma *E. crus-galli* mampu bertahan sampai 3 tahun di lahan.

Peneliti di Korea Selatan telah mulai mencoba pencarian genotipe padi yang mampu menekan pertumbuhan gulma *Echinochloa crus-galli*. Mereka menguji 100 genotipe padi di Korea Selatan dan mendapatkan bahwa sekam padi lebih berpotensi menekan pertumbuhan gulma dibandingkan bagian tunas tanaman padi. Jerami padi juga terbukti menghambat pertumbuhan gulma *E. crus-galli* (Ahn dan Chung, 2000). Akan tetapi, penelitian tentang eksplorasi dan pengujian genotipe padi yang berpotensi menghambat pertumbuhan gulma *E. crus-galli* di Indonesia belum pernah dipublikasikan.

Allelokimia (senyawa penyebab allelopati) berasal dari bagian yang berbeda pada tumbuhan penghasilnya; akan tetapi, bagian terpenting sebagai sumber allelokimia adalah akar dan daun (Rice, 1984). Eksudat akar berperan aktif dalam pengaturan simbiosis dan proteksi tumbuhan terhadap mikroorganisme (Neumann and Martinoia, 2002). Dalam interaksi allelopati, tumbuhan donor menggunakan metabolit sekunder yang dikeluarkan akar ke rizosfir untuk mengganggu pertumbuhan tumbuhan lain di sekitarnya (Neumann and Martinoia, 2002).

Penelitian allelopati pada tanaman padi telah dimulai pada tahun 1980an di Amerika Serikat. Tanaman padi juga dilaporkan memproduksi dan mengeluarkan senyawa metabolit sekunder (allelokimia) dan berpotensi untuk menekan pertumbuhan spesies lain seperti perkecambahan dan pertumbuhan gulma tertentu seperti *E. crus-galli* (L.) Beauv (Rimando *et al.*, 2001), *Lactuca sativa* L. (Ebana *et al.*, 2001), *Heteranthera limosa* (Sw.) Wild. (Ebana *et al.*, 2001), *Echinochloa colona* (L.) Link (Pheng *et al.*, 1999), dan *Cyperus difformis* L. (Navarez and Olofsdotter, 1996);).

Allelokimia dapat dijadikan sebagai solusi alternatif dalam pengendalian gulma pada pertanaman padi karena potensinya dalam meningkatkan daya saing tanaman padi terhadap gulma tertentu. Dalam jangka panjang, tujuan ini bisa dicapai melalui rekayasa genetik sehingga tanaman padi yang berdaya saing tinggi terhadap gulma dapat diciptakan. Selain itu allelokimia juga punya potensi untuk dikembangkan sebagai herbisida alami (bio-herbisida). Beberapa allelokimia seperti artimisinin (Lydon *et al.*, 1997), phenolic dan hydroxamic acids (Reigosa *et al.*, 2001) dan allelokimia yang berasal dari mulsa tanaman rye (Nagabhushana *et al.*, 2001) telah terbukti bisa dikembangkan sebagai bio-herbisida yang ramah lingkungan.

Genotipe tertentu tanaman padi memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam mengurangi ketergantungan pada herbisida sintetik dalam mengendalikan gulma seperti yang tersebut diatas. Allelopati pada tanaman padi sebenarnya adalah potensi yang diturunkan secara genetik (Dilday *et al.*, 1998); oleh karena itu, menyisipkan sifat khusus ini pada padi yang berpotensi hasil tinggi melalui program pemuliaan

tanaman merupakan suatu keniscayaan. Hal ini akan meningkatkan kapasitas alami padi untuk bersaing dengan gulma pada ekosistem alami padi (Olofsdotter, 1998).

Pencarian genotipe dengan kemampuan penekanan atau penghambatan pertumbuhan gulma *E. cruss-galli* sangat penting artinya dalam upaya perakitan dan pelestarian plasma nutfah padi dengan keunggulan genetik. Sumber gen pembawa sifat toleransi dan ketahanan terhadap gulma tersebut perlu diidentifikasi melalui kegiatan karakterisasi molekuler.

Ketersediaan marka molekuler untuk mengidentifikasi sifat agronomis seperti potensi menghasilkan senyawa allelokimia yang mampu menghambat pertumbuhan tanaman lain di sekitarnya sangat dibutuhkan untuk mempercepat seleksi tanaman. Dengan kemajuan dalam bidang biologi molekuler, variabilitas genetik suatu populasi dapat diamati pada tingkat protein (isoenzim) dan tingkat DNA. Pengkajian variabilitas genetik berdasarkan sidikjari (*fingerprinting*) DNA dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) yaitu teknik analisis variabilitas genetik melalui amplifikasi fragmen DNA pada mesin PCR dengan random primer (Dumeke dan Adams, 1994).

Percobaan telah dilakukan terhadap 100 genotipe padi asal Indonesia yang berlangsung sejak Februari 2007 sampai Desember 2008. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan genotipe padi yang berpotensi allelopati dan sekaligus 'toleran' terhadap gulma *Echinochloa cruss-galli*.

## METODE PENELITIAN

Uji hayati tunas dan akar dilakukan dengan modifikasi "relay seeding technique" (Navarez and Olofsdotter, 1996). Benih padi dan biji gulma disterilisasi permukaan sebelum dikedambahkan pada selembar kertas saring Whatmann No. 1 dalam Petri dish (diameter 10 cm) dan diletakkan dalam ruang inkubasi dengan lama penyinaran 12 jam dan suhu 25°C. Tiga hari kemudian, 10 kecambah yang seragam pertumbuhannya ditinggalkan pada setiap Petri dish. Pada saat bersamaan, 10 biji gulma jajagoan diletakkan di dalam Petri dish sebelum ditutupi dengan 30 g butiran pasir halus. Setiap dua hari ditambahkan 5 mL aquadest. Empat belas hari setelah pengcambahan gulma, tumbuhan dipanen untuk pengumpulan data (panjang akar dan tunas, bobot segar akar dan tunas, dan bobot kering akar dan tunas). Genotipe padi yang menyebabkan penghambatan pertumbuhan gulma  $\geq 50\%$  digunakan sebagai obyek uji pada percobaan selanjutnya yaitu pengujian aktivitas enzim peroksidase mengikuti metode Dodd (1996) dan Ng *et al.* (2003).

Tahap berikutnya adalah karakterisasi DNA dua genotipe padi yang menyebabkan penekanan tertinggi dan dua yang menyebabkan penekanan terendah pada pertumbuhan gulma. Isolasi dan karakterisasi DNA dilaksanakan mengikuti modifikasi CTAB extraction protocol (Porebski *et al.*, 1997). Selanjutnya dilakukan seleksi primer yang terdiri dari dua tahapan. Tahap pertama bertujuan untuk mencari primer yang menghasilkan banyak fragmen DNA yaitu primer yang dapat menghasilkan  $>5$  fragmen. Sedangkan seleksi primer tahap kedua dilakukan untuk seleksi individu dengan menggunakan pool DNA yang 'toleran' dan pool DNA yang 'peka' terhadap gulma *E. cruss-galli* untuk mencari ada atau tidaknya polymorfisme

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari 100 genotipe padi yang telah diuji, terlihat perbedaan respon pertumbuhan gulma *E. cruss-galli* terhadap genotipe padi yang berbeda. Empat genotipe yaitu Cempo lutut, Badik/Gaduh kabalai, Komus B, dan Soegon telah menekan pertumbuhan panjang akar gulma *E. cruss-galli* masing-masingnya 60,35; 58,09; 52,96; dan 50,91% dibandingkan kontrol. Sebaliknya, pertumbuhan panjang tunas dan bobot kering gulma tidak dipengaruhi oleh keberadaan genotipe padi yang berbeda. Tidak satupun genotipe padi yang menyebabkan penghambatan pertumbuhan tunas dan penghambatan bobot kering  $\geq 50\%$ . Data menunjukkan bahwa penghambatan pertumbuhan terlihat pada pertumbuhan akar dan tidak pada pertumbuhan tunas. Dalam percobaan ini akar padi dan gulma berada pada media tumbuh pada waktu bersamaan dan diduga eksudat akar yang berpotensi allelopati lebih berpengaruh terhadap akar karena kontak langsung di dalam media tumbuh.

Walaupun ditemukan empat genotipe padi yang menyebabkan penghambatan pertumbuhan panjang akar gulma  $\geq 50$ , bobot kering akar ataupun tunas serta bobot kering gulma tidak ada yang mengalami penurunan  $\geq 50\%$  dibandingkan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan akar lebih didominasi oleh pemanjangan sel-sel akar yang mengikuti pembelahan sel. Diduga bahwa senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh padi yang berkecambah dan masih dalam fase awal pertumbuhan lebih menekan pertumbuhan akar secara longitudinal. Chaniago (2006) melaporkan bahwa padi var. Cisokan mampu menekan indeks pembelahan sel akar gulma *Echinochloa cruss-galli* sebesar 54,88% yang menunjukkan adanya potensi allelopati padi terhadap gulma yang diujikan.

Ekstraksi dan pengujian aktivitas enzim peroksidase (POD) dilakukan terhadap gulma *E. cruss-galli* yang ditumbuhkan bersama dengan padi genotipe Cempo lutut, Badik/Gaduh kabalai, Komus B, dan Soegon.

Data menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan respon aktivitas enzim POD pada akar gulma *E. cruss-galli* yang ditumbuhkan dibawah pengaruh allelopati padi uji (Tabel 2).

Tabel 2. Aktivitas enzim peroksidase (POD = 470 nm absorbansi/ menit/g bobot segar) pada akar gulma *Echinochloa cruss-galli* yang ditumbuhkan di bawah pengaruh allelopati berbagai genotipe padi

Perlakuan	Aktivitas POD*)	Penghambatan (% kontrol)
Gulma <i>E. cruss-galli</i>	32,8684	0,0000
Padi Cempo lutut	32,4020	1,4191
Padi Badik/Gadiah kabalai	33,4076	-1,6405
Padi Komus B	34,8337	-5,9794
Padi Soegon	34,2124	-4,0944

\*) Menurut sidik ragam, P>0.05

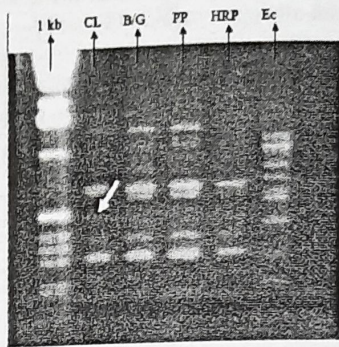
Karena aktivitas enzim POD pada akar gulma *E. cruss-galli* tidak dipengaruhi oleh keberadaan tanaman padi, maka diduga gulma merespon pengaruh allelopati padi melalui mekanisme fisiologis lainnya. Meskipun enzim POD disebut juga sebagai enzim permukaan karena fungsinya merespon gangguan ataupun cekaman lingkungan (Sanches *et al.*, 1996) serta mengkatalisis oksidasi berbagai senyawa fenolik. Hasil percobaan ini juga sesuai dengan percobaan lain yang telah dilaporkan pada kanola (*Brassica napus L.*) dimana asam ferulat tidak mempengaruhi aktivitas enzim POD pada kotiledon kanola. Sebaliknya, 1.0 mM asam sinamat dan benzoat dapat meningkatkan aktivitas enzim peroksidase pada kotiledon dan sekaligus menghambat perkecambahan biji kanola tersebut (Ng *et al.*, 2003). Aktivitas enzim POD pada perkecambahan kedelai (*Glycine max (L.) Merr.*) juga meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak segar gulma *Amaranthus powelli* dan *Cyperus rotundus* dari 10 – 40% (Chaniago, 2004).

Dari keempat genotipe yang diuji, terdapat tiga genotipe padi (Badik/Gadiah kabalai, Komus B dan Soegon) yang menyebabkan terjadinya stimulasi aktivitas enzim POD antara 1,64 dan 5,98%. Gulma *E. cruss-galli* merespon gangguan allelopati yang disebabkan oleh padi melalui peningkatan aktivitas enzim POD pada akarnya. Sedangkan genotipe Cempo lutut menyebabkan penurunan aktivitas enzim POD hampir 1,5% dibandingkan kontrol meskipun semua respon tersebut berbeda tidak nyata sesamanya. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa respon yang diberikan gulma *E. cruss-galli* terhadap genotipe padi yang diuji dipengaruhi oleh konsentrasi senyawa allelokimia yang dihasilkan padi yang mungkin masih berada dibawah optimum untuk menyebabkan gangguan fisiologis seperti peningkatan aktivitas enzim POD.

Isolasi dan karakterisasi DNA dilakukan pada dua genotipe padi yang paling menekan pertumbuhan gulma ('disebut toleran') yaitu Cempo lutut dan Badik/Gadiah kabalai dan dua genotipe yang paling sedikit menekan pertumbuhan gulma ('disebut peka') yaitu Pulu Palappa dan Harapan. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pola distribusi pita DNA masing-masing tanaman. Kemudian dilanjutkan dengan seleksi primer. Setelah dilakukan amplifikasi terhadap pool DNA, ditemukan ada 2 primer yang menunjukkan adanya polymorfisme yakni primer OPY 20, OPK 15. Sementara primer yang lain tidak menunjukkan adanya polymorfisme. Sebaran pita DNA hasil seleksi primer pada pool DNA masing-masing padi yang 'peka' dan 'resisten' terhadap gulma *E. cruss-galli*. Setelah dilakukan amplifikasi maka primer yang menunjukkan polymorfisme adalah OPK 15 yang terdapat pada sampel DNA genotipe padi Cempo Lutut. Hasil seleksi individu (Gambar 1) memperlihatkan adanya polymorfisme (ditunjukkan oleh tanda panah putih) pada padi kultivar Cempo Lutut (CL). Fragmen tersebut juga ditemukan pada sampel DNA gulma *Echinochloa cruss-galli* (Ec) dengan posisi yang sama. Dengan adanya fragmen yang sama posisinya pada gulma diasumsikan bahwa gulma dan padi memiliki kekerabatan. Dengan adanya kesamaan fragmen antara padi dengan gulma diduga fragmen tersebut mengandung gen pengendali allelopati karena gulma *Echinochloa cruss-galli* juga bersifat allelopati terhadap padi.

Temuan ini sangat memberikan harapan dan sesuai dengan arah penelitian allelopati saat ini yang lebih diarahkan pada penggalian dan penggunaan biologi molekuler sebagai salah satu alat pencapaian tujuan penelitian (Dayan *et al.*, 2000) karena selama ini para peneliti bidang allelopati lebih banyak mencurahkan energi dan perhatian pada aspek *bioassays* seperti perkecambahan (Kato-Noguchi, 2001).

Hasil ini menguatkan dugaan bahwa terdapat perbedaan DNA pada tanaman padi untuk menjelaskan fenomena penekanan pertumbuhan awal gulma *Echinochloa cruss-galli*. Namun masih terlalu dini untuk menyimpulkan demikian karena masih dibutuhkan pekerjaan panjang untuk mengkaraktisasi DNA, sekuensing basa-basa spesifik, dan penentuan gen pengendali sifat toleran ataupun peka tanaman padi terhadap gulma yang diujikan. Setidaknya hasil yang didapat cukup mengembirakan karena membuka peluang untuk melanjutkan pencarian gen penentu sifat ketahanan tanaman padi terhadap gulma *E. cruss-galli*.



Gambar 1. Hasil seleksi individu menggunakan primer OPK 15 dari sampel DNA tiap genotipe padi yang dibandingkan dengan gulma *E. cruss-galli*. (CL = padi genotipe Cempo Lutut, B/G = Badik / Gadih kabalai, PP = Pulu palappa, HRP = Harapan, Ec = gulma *Echinochloa cruss-galli*). CL dan B/G adalah padi 'resisten' / berpotensi allelopati; PP dan HRP adalah padi yang 'peka' / tidak berpotensi allelopati terhadap gulma *E. cruss-galli*.

Peningkatan kemampuan tanaman menghasilkan allelokimia dapat dicapai dengan pendekatan manipulasi genomic dan proteomic (Einhellig, 1995). Transfer gen yang berperan dalam proses allelopati ini bisa disisipkan pada tanaman tertentu. Singh *et al.*, (2002) menyatakan bahwa teknik genetika molekuler bisa diaplikasikan untuk tujuan diatas. Meskipun perkembangan penelitian kearah tersebut masih relatif sedikit, riset dalam bidang ini sangat menjanjikan akan pencapaian praktek pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Identifikasi gen yang bertanggung jawab akan terjadinya allelopati bisa dilaksanakan melalui finger printing dan sekuensi DNA serta teknologi berbasis genom lainnya (Weller *et al.*, 2001)

### SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilaksanakan mengenai upaya penggalan potensi allelopati 100 genotipe padi terhadap penekanan pertumbuhan awal gulma *Echinochloa cruss-galli*, dapat disampaikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Genotipe padi yang menyebabkan penekanan pertumbuhan akar (radikula) gulma *E. cruss-galli*  $\geq 50\%$  adalah Cempo lutut, Badik/Gadiah kabalai, Komang B, dan Soegon dengan nilai penekanan pertumbuhan berturut-turut sebesar 60,35; 58,09; 52,96; dan 50,01% terhadap kontrol
2. Aktivitas enzim peroksidase (POD) pada akar gulma *E. cruss-galli* tidak dipengaruhi oleh genotipe padi yang diujikan
3. Primer OPY 20 dan OPK 15 menunjukkan adanya polymorfisme pada pool DNA masing-masing kelompok padi yaitu 'peka' dan 'toleran'
4. Analisis karakterisasi DNA menunjukkan terdapat perbedaan pola distribusi pita DNA diantara genotipe padi yang berpotensi allelopati dengan padi yang tidak berpotensi allelopati.
5. Padi genotipe Cempo lutut menunjukkan fragmen spesifik DNA dengan posisi yang sama dengan fragmen spesifik DNA pada gulma *E. cruss-galli*, sehingga diduga fragmen DNA tersebut mengandung gen pengendali sifat allelopati padi. Fragmen tersebut selanjutnya digunakan sebagai kandidat dalam pencarian gen pengendali sifat allelopati padi.

### SANWACANA

Kami menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada DP2M, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang turut membantu penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, J. K. and I. M. Chung, 2000, 'Allelopathic potential of rice hulls on germination and seedling growth of barnyardgrass', *Agronomy Journal*, 92: 1162-1167.
- Chaniago, I. 2004. *Modes of action of weed interference in soybean at the physiological, biochemical and cellular levels*. University of New England, Armidale, Australia. PhD thesis.
- Chaniago, I. 2006. Potensi Allelokimia Padi (*Oryza sativa* L.) dalam Menekan Perkecambah Gulma *Echinochloa cruss-galli* (Kajian Pembelahan Sel). Laporan Penelitian Doktor Muda, Universitas Andalas, Padang.

- Dayan, F. E., A. Hernandez, S. N. Allen, R. M. Moraes, J. A. Vroman, M. A. Avery and S. O. Duke, 1999, 'Comparative phytotoxicity of artemisinin and several sesquiterpene analogues', *Phytochemistry*, **50**: 607-614.
- Dilday, R. H., W. G. Yan, K. A. K. Moldenhauer and K. A. Gravois 1998, 'Allelopathic activity in rice for controlling major aquatic weeds', In *Allelopathy in Rice*, (ed.) M. Olofsdotter. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. pp.: 7-26.
- Dodd, J. H. 1996. *Interactions of pathogenic and saprophytic pseudomonas with photoautotrophic and in vitro potato plants*. Queensland University of Technology, Brisbane, Australia. PhD thesis.
- Dumeke, T., and R.P. Adams, 1994. 'The use of PCR-RAPD analysis plant taxonomy and evolution', In *PCR Tecnology*, (eds.) H.G. Griffith and A.M. Griffin. pp.:179-191.
- Ebana, K., W. G. Yan, R. H. Dilday, H. Namai and K. Okuno, 2001, 'Variation in the allelopathic effect of rice with water soluble extracts', *Agronomy Journal*, **93**: 12-16.
- Einhellig, F. A., 1995, 'Allelopathy: current status and future goals', In *Allelopathy: Organisms, Processes, and Applications*, (eds.) Inderjit, K. M. M. Dakshini and F. A. Einhellig. ACS Symposium Series 582, American Chemical Society, Washington DC. pp.: 1-24.
- Kato-Noguchi, H., 2001, 'Effects of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) extract on germination and seedling growth of six plants', *Acta Physiologiae Plantarum*, **23**: 49-53.
- Kim, K. U., and K. H. Park, 1996, 'Biology of paddy weeds', In: *Weed management in rice*, FAO, Rome, 139 pp.
- Kwesi, A., A. N. Nyarko and S. K. de Datta, 1991, *Hand Book of Weed Control in Rice*, IRRI, Los Banos, the Philippines, 100 pp.
- Lydon, J., J. R. Teasdale and P. K. Chen, 1997, 'Allelopathic activity of annual wormwood (*Artemisia annua*) and the role of artemisinin', *Weed Science*, **45**: 807-811.
- Nagabhushana, G. G., A. D. Worsham and J. P. Yenish, 2001, 'Allelopathic cover crops to reduce herbicide use in sustainable agricultural systems', *Allelopathy Journal*, **8**: 133-146.
- Navarez, D. C. and M. Olofsdotter, 1996, Relay seeding technique for screening allelopathic rice (*Oryza sativa*). In *Proceedings: the Second International Weed Control Congress*. pp.: 1285-1290.
- Neumann, G. and E. Martinoia, 2002, 'Cluster roots - an underground adaptation for survival in extreme environments', *Trends in Plant Science*, **7**: 162-167.
- Ng, P. L. L., M. L. L. Ferrarese, D. A. Huber, A. L. S. Ravagnani and O. Ferrarese-Filho, 2003, 'Canola (*Brassica napus* L.) seed germination influenced by cinnamic and benzoic acids and derivatives: effects on peroxidase', *Seed Science & Technology*, **31**: 39-46.
- Olofsdotter, M. 1998, 'Allelopathy in rice', In *Allelopathy in Rice*, (ed.) M. Olofsdotter. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. pp.: 1-5.
- Pheng, S., S. Adkins, M. Olofsdotter and G. Jahn, 1999, 'Allelopathic effects of rice (*Oryza sativa* L.) on the growth of awnless barnyard grass (*Echinochloa colona* (L.) Link): A new form for weed management', *Cambodian Journal of Agriculture*, **2**: 42-49.
- Porebski, S., L. G. Bailey and B. R. Baum, 1997, 'Modification of a CTAB extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components', *Plant Molecular Biology Reports*, **15**: 8-15.
- Reigosa, M. J., L. Gonzalez, A. Sanches-Moreiras, B. Duran, D. Puime, D. A. Fernandez and J. C. Bolano, 2001, 'Comparison of physiological effects of allelochemicals and commercial herbicides', *Allelopathy Journal*, **8**: 211-220.
- Rice, E. L., 1984, *Allelopathy*, 2nd ed. Academic Press, Orlando, Florida.
- Rimando, A. M., M. Olofsdotter, F. E. Dayan and S. O. Duke, 2001, 'Searching for rice allelochemicals: An example of bioassay-guided isolation', *Agronomy Journal*, **93**: 16-20.
- Sánchez, M., M. J. Peña, G. Revilla and I. Zarra, 1996, 'Changes in dehydrodiferulic acids and peroxidase activity against ferulic acids associated with cell walls during growth of *Pinus pinaster* hypocotyl', *Plant Physiology*, **111**: 941-946.
- Singh, H. P., D. R. Batish, R. K. Kohli, D. B. Saxena and V. Arora, 2002, 'Effect of parthenin - a sesquiterpene lactone from *Parthenium hysterophorus* - on early growth and physiology of *Ageratum conyzoides*', *Journal of Chemical Ecology*, **28**: 2169-2179.
- Weller, S. C., R. A. Bressan, P. B. Goldsbrough, T. B. Fredenburg and P. M. Hasegawa, 2001, 'The effect of genomics on weed management in the 21<sup>st</sup> century', *Weed Science*, **49**: 282-289.