

RAWATI CHANIAGO

ISBN : 978-979-8389-18-4

2011/5/4



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL
DAN RAPAT TAHUNAN DEKAN

Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian
Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri
(BKS-PTN) Wilayah Barat

VOLUME I

TEMA :
PERAN IPTEK UNTUK MENGANTISIPASI PERUBAHAN IKLIM
DALAM PERSPEKTIF PERTANIAN BERKELANJUTAN

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

PALEMBANG., 23 - 25 MEI 2011

Perpustakaan Nasional RI : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

PROSIDING SEMINAR NASIONAL DAN RAPAT TAHUNAN DEKAN
Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat

Volume 1

Badan Penerbitan Fakultas Unsri, 2011
648 halaman, ukuran A4

ISBN : 978-979-8389-18-4

Tim Penyunting :

Arfan Abrar
Gatot Muslim
Elly Rosana
Thirtawati
Selly Oktarina
Hilda Agustina
Desi Aryani

Desain Sampul : Arfan Abrar
Tata Letak Isi : Arfan Abrar

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

Pasal 72

1. Barang Siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima milyar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarka, atau menjualkan kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil penyelenggaraan Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

POTENSI PADI LOKAL SUMATERA BARAT DALAM MENEKAN PERTUMBUHAN AWAL DAN AKTIVITAS ENZIM PEROKSIDASE GULMA *Echinochloa crus-galli* (L.) BEAUV.

Irawati Chaniago*, Irfan Suliansyah*, dan Novita Hera**

* Staf Pengajar Program Studi Agroekoteknologi, Fak. Pertanian, UNAND Padang 25136

** : Mahasiswa Pascasarjana Universitas Andalas, Padang

ABSTRACT

Experiments to determine the potential of 22 genotypes of rice landrace of West Sumatra to suppress the early growth of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) have been carried out at the Laboratory of Plant Physiology of Faculty of Agriculture, Andalas University Padang from October 2010 to January 2011. The experiment was initiated by conducting bioassay of rice genotype through modified relay seeding technique. The next experiment was set up to determine the activity of peroxidase enzyme in barnyardgrass in response to allelopathy of rice genotypes. Data indicate that rice genotypes of Padi Kuniang, Mundam Pulau, and Lumuik were most allelopathic to barnyardgrass through suppression of the weed early growth as well as increasing the activity of peroxidase enzyme in the weed roots. However, rice genotypes of Batang Lembang, Sokan, and Batang Pasaman increased peroxidase enzyme levels of root barnyardgrass as much as 79, 47, and 32%, respectively.

Key words : allelopathy, rice, barnyardgrass, root growth, peroxidase

PENDAHULUAN

Gulma jajagoan (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) 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 tiga tahun di lahan.

Pengendalian gulma pada pertanaman padi, seperti juga pada pertanaman lainnya, biasanya dilakukan dengan aplikasi herbisida yang merupakan salah satu penentu keberhasilan dalam sistem pertanian. Akan tetapi, aplikasi herbisida ini telah menyebabkan meningkatnya resistensi gulma terhadap herbisida (Foes *et al.*, 1998; Tranel *et al.*, 2004) dan efek residu pada lahan pertanian. Kondisi demikian telah menyebabkan terjadinya peningkatan kesadaran manusia akan bahaya herbisida terhadap lingkungan. Herbisida telah menyebabkan terjadinya gangguan keseimbangan pada flora dan fauna yang hidup di sekitar areal pertanian tersebut (Cooke and Burn, 1995). Oleh karena itu ketergantungan pada aplikasi herbisida tidak dianjurkan dalam praktek pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Alternatif pengganti herbisida sintetik tersebut telah menjadi perhatian peneliti dan salah satu potensi yang berpeluang untuk dimanfaatkan adalah allelokimia.

Allelokimia (senyawa penyebab allelopati) dapat berasal dari bagian yang berbeda pada tumbuhan penghasilnya; akan tetapi, bagian terpenting sebagai sumber allelokimia adalah akar dan daun (Rice, 1984). Neumann and Martinoia (2002) dan Bais *et al.* (2004) menyatakan bahwa eksudat akar berperan aktif dalam pengaturan simbiosis dan proteksi tumbuhan terhadap mikroorganisme. Dalam interaksi allelopati, tumbuhan donor menggunakan metabolit sekunder yang dikeluarkan akar ke rizosfir untuk mengganggu pertumbuhan tumbuhan lain di sekitarnya.

Ahn and Chung (2000) dan Chung *et al.* (2003) melaporkan hasil penelitian mereka tentang pencarian genotipe padi yang mampu menekan pertumbuhan gulma *Echinochloa crus-galli*. Mereka menguji 100 genotipe padi di Korea Selatan dan melaporkan bahwa sekam padi lebih berpotensi menekan pertumbuhan gulma dibandingkan bagian tunas tanaman padi. Jerami padi juga terbukti menghambat pertumbuhan gulma *E. crus-galli*. Akan tetapi, penelitian tentang eksplorasi dan pengujian genotipe padi yang berpotensi menghambat pertumbuhan gulma *E. crus-galli* di Indonesia belum banyak dipublikasikan.

Penelitian allelopati pada tanaman padi telah dimulai pada tahun 1980an di Amerika Serikat. Tanaman padi juga dilaporkan memproduksi dan mengeluarkan senyawa allelokimia dan berpotensi untuk menekan perkecambahan dan pertumbuhan gulma tertentu seperti *Echinochloa colona* (L.) Link (Pheng *et al.*, 1999), *E. crus-galli* (L.) Beauv (Chung *et al.*, 2001; Rimando *et al.*, 2001), *Lactuca sativa* L. (Ebana *et al.*, 2001; Rimando *et al.*, 2001), *Heteranthera limosa* (Sw.) Wild. (Ebana *et al.*, 2001), dan *Cyperus difformis* L. (Navarez and Olofsdotter, 1996; Hassan *et al.*, 1998).

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.

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. crus-galli* sangat penting artinya dalam upaya perakitan dan pelestarian plasma nutfah dengan keunggulan genetik. Sumber gen pembawa sifat toleransi dan ketahanan terhadap gulma tersebut perlu diidentifikasi melalui kegiatan karakterisasi molekuler.

Percobaan telah dilakukan terhadap 22 genotipe padi lokal Sumatera Barat sejak Oktober 2010 sampai Januari 2011. Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mendapatkan genotipe padi yang berpotensi allelopati yang dapat menurunkan pertumbuhan gulma *Echinochloa crus-galli* melalui uji aktivitas enzim peroksidase.

METODE PENELITIAN

Uji hayati tunas dan akar dilakukan dengan modifikasi "*relay seeding technique*" (Navarez and Olofsdotter, 1996). Demikian juga untuk perkecambahan dalam pengujian aktivitas enzim peroksidase. 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 pengekambahan gulma, tumbuhan dipanen untuk pengumpulan data (panjang akar dan tunas, bobot segar akar dan tunas, dan bobot kering

akar dan tunas. Tahap selanjutnya adalah pengujian aktivitas enzim peroksidase mengikuti metode Dodd (1996) dan Ng *et al.* (2003).

Perkecambahan gulma dan genotipe padi dilaksanakan seperti yang dipaparkan pada bagian 3.4.a diatas. Pada saat panen (17 hari setelah pengecambahan), gulma dipanen dan dicuci. Bagian akar dan tunas dipisahkan dan masing-masingnya akan diuji aktivitas enzim POD-nya dengan mengikuti metode Dodd (1996) dan Ng *et al.* (2003).

Sekitar 0,5 g akar gulma digiling di dalam mortar dengan 7 mL larutan buffer. Larutan buffer terdiri dari 80 mL air murni, 20 mL 0,5 M sodium fosfat buffer pH 7,0, 0,5 mL 0,4 M Na₂EDTA, dan 1 g polyvinyl pyrrolidone 40 (PVP-40). Ekstraks gulma disentrifusi dengan kecepatan 1400X g (3000 rpm) selama 10 menit. Supernatant sebagai ekstrak enzim digunakan untuk tahap selanjutnya. Ekstrak enzim diambil 10 µL dan diletakkan kedalam cuvet sebelum ditambahkan 3.5 mL larutan pereaksi (campuran 4,55 mL air murni, 0,7 mL 0.5 M citrate phosphate buffer pH 5.5, 0.7 mL 20 mM Na₂EDTA, 0.7 mL 80 mM guaiacol, and 0.35 mL 10 mM H₂O₂) untuk memulai reaksi antara enzim POD dengan substratnya. Cuvet segera dimasukkan kedalam spectrophotometer. Aktivitas enzim POD diukur pada 470 nm. Nilai absorbansi dicatat pada menit ke 0,5, 1, 2, 3, 4, dan 5 setelah inisiasi reaksi antara enzim substrat dengan pereaksinya. Larutan pereaksi tanpa campuran ekstrak enzim juga diukur absorbansinya sebagai blanko.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari 22 genotipe padi lokal Sumatera barat yang diuji, terlihat perbedaan respon pertumbuhan gulma *E. cruss-galli* terhadap genotipe padi yang berbeda, meskipun respon tersebut tidak signifikan. Berbeda halnya dengan pengaruh terhadap aktivitas enzim peroksidase (POD). Terdapat variasi yang cukup besar aktivitas POD yang ditunjukkan pada hasil penelitian ini (Tabel 1). Genotipe padi Mundam Pulau secara konsisten menunjukkan penghambatan pertumbuhan akar dan tunas serta bobot segar dan biomass gulma jajagoan meskipun penghambatan tersebut tidak signifikan. Genotipe Padi Kuniang juga berpotensi sama, bahkan penekanan akumulasi biomass akar dan tunas yang paling tinggi dibandingkan genotipe lainnya. Penurunan biomass akar dan tunas gulma jajagoan oleh geotipe Padi Kuniang berturut-turut sebesar 0.33 dan 0.40%. Selain genotipe Mundam Pulau, padi lokal genotipe Arai Pinang dan Lumuik juga menunjukkan potensi penekanan pertumbuhan panjang akar dan panjang tunas. Meskipun respon penekanan pertumbuhan awal gulma jajagoan pada penelitian ini tidak berbeda signifikan, data ini telah memberi manfaat informasi bagi peluang menggali lebih jauh potensi genotipe padi lokal Sumatera Barat.

Tabel 1. Respon pertumbuhan dan aktivitas enzim peroksidase (POD) gulma jajagoan (*Echinocloa cruss-galli*) umur 14 hari setelah dikecambahkan (HSK) terhadap berbagai genotipe padi lokal Sumatera barat yang ditumbuhkan secara *relay seeding technique* di cawan Petri

Genotype Padi	% POD	Persentase Penghambatan (%)					
		Pj Akar	Pj Tunas	BS Akar	BS Tunas	BK Akar	BK Tunas
Batang Pasaman	32,1434	0.2206	0.1735	-4.3611	-0.3206	-0.1546	0.0830
Tarang Bulan	-4,7447	-0.1029	0.1147	-1.3333	0.0085	-0.2577	0.1830
Sokan	47,1456	0.1029	0.0647	-3.0833	-0.4090	-0.2371	-0.0830
Lawang	-20,8465	-0.1324	-0.0206	-4.8444	-0.7979	-0.5464	-0.1430
Padi kuniang	22,4431	0.3529	0.2662	-0.8167	0.0000	0.3299	0.3940
Mundam Pulau	23,3469	0.5206	0.3368	0.0833	0.1931	0.2577	0.1360
Bunjo	12,1102	-0.0059	0.0809	-3.9167	-0.5549	0.0206	-0.0830
Sirandah Kuniang	-14,3546	0.1118	0.1147	-3.4167	-0.4628	-0.3402	0.1830
Itam Kuriak	-13,8425	-0.0735	0.0588	-0.0944	-0.4260	-1.4948	0.1830

Saganggam Panuah	24,5971	0.0529	0.0853	-2.1222	-0.5556	-0.6186	0.1115
Caredek	-29,1610	0.1618	0.1294	-2.7056	-0.4374	-0.4433	0.1416
Batang Lembang	79,0782	0.0676	0.0882	-3.8444	-0.3211	-0.3608	0.0407
Arai Pinang	5,6936	0.3971	0.1735	0.0722	0.0085	0.0722	0.1327
Batang Piaman	-45,2327	-0.1324	0.0662	-4.9278	-0.2636	-0.0825	0.1504
Sapuluik Hitam	-33,9509	0.0971	0.1985	-1.5833	-0.1849	0.2062	0.1593
Anak Daro	-39,7198	0.2353	0.0985	-4.7500	-0.5040	0.2784	0.0142
Kuruik Kusuik	-24,1301	0.2059	0.3500	-3.0833	-0.2745	-0.5670	0.0442
Bakwan	-40,2320	0.0588	0.0956	-2.3611	-0.4047	-0.2887	0.0761
Saribu Gantang	-36,1952	0.1471	0.1103	-2.5667	-0.2944	-0.3402	0.0407
Rahmat	-42,9282	-0.1235	0.1397	-3.4556	-0.5096	-0.6495	0.0973
Kuniang Solok	-49,0285	0.1324	0.0588	-1.5000	-0.4483	-0.5464	0.1469
Lumuik	29,8840	0.3529	0.1221	-1.8444	-0.2467	0.4124	0.0938

Keterangan: BS = bobot segar, BK = bobot kering, tanda negatif menunjukkan respon stimulasi dan bukan penghambatan. POD = 470 nm absorbansi/menit/g bobot segar. POD = aktivitas enzim peroksidase. Nilai aktivitas POD untuk gulma jajagoan = 25,4647 unit. Data % POD yang bernetasi negatif menunjukkan penurunan aktivitas enzim peroksidase, sedangkan tanda negatif pada variabel lainnya menunjukkan stimulasi pertumbuhan akar dan tunas.

Walaupun ditemukan empat genotipe padi yang menyebabkan penghambatan pertumbuhan panjang akar gulma, bobot kering akar ataupun tunas serta bobot kering gulma tidak serta merta ikut terhambat oleh genotipe padi yang sama. Respon penurunan bobot segar dan bobot kering bervariasi, bahkan ada yang menyebabkan peningkatan respon (dengan tanda negatif) dibandingkan kontrol (gulma yang dikecambahkan tanpa berasosiasi dengan padi). 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 awal pertumbuhan lebih menekan pertumbuhan akar secara longitudinal. Chaniago (2006) melaporkan bahwa padi var. Cisokan mampu menekan indeks pembelahan sel akar gulma *Echinochloa crus-galli* sebesar 54,88% yang menunjukkan adanya potensi allelopati padi terhadap gulma yang diujikan. 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.

Peningkatan aktivitas POD tertinggi diperlihatkan oleh pengaruh interaksi oleh padi genotipe Batang Lembang sebesar 79% yang diikuti oleh genotype Sokan, Batang Pasaman, dan Lumuik masing masing sebesar 47, 32.1, dan 29.9%. Dari keempat genotipe yang paling menunjukkan pengaruh terhadap aktivitas POD tersebut, tiga genotipe pertama tidak menunjukkan pengaruh terhadap pertumbuhan awal akar dan tunas gulma jajagoan. Hal ini menunjukkan mekanisme allelopati yang unik dimana peningkatan aktivitas POD tidak selalu selaras dengan penurunan pertumbuhan akar dan tunas.

Peningkatan POD telah dilaporkan sebagai salah satu indikasi terjadinya stres pada tumbuhan sehingga enzim ini disebut juga sebagai enzim permukaan (Gaspar, 1985, Sanchez, 1996). Pengaruh allelopati senyawa cinnamic acid, benzoic acid dan turunannya terhadap aktifitas enzim POD pada perkecambahan kanola (*Brassica napus* L.) juga telah dilaporkan oleh peneliti lainnya. Senyawa tersebut pada konsentrasi 1.0 mM dapat menunda perkecambahan kanola (Ng *et al.*, 2003). Asam ferulat tidak mempengaruhi aktifitas POD pada kotiledon tetapi meningkatkannya pada akar kanola. Aktivitas enzim peroksidase 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).

Data pada Tabel 1 di atas juga menunjukkan tiga genotipe padi dengan potensi penekanan pertumbuhan gulma jajagoan dan pada saat yang sama juga meningkatkan

aktivitas enzim POD. Genotipe tersebut adalah Padi Kuniang, Mundam Pulau, dan Lumuik dengan kemampuan meningkatkan aktivitas POD berturut-turut sebesar 22, 23, dan 30%. Tiga genotipe padi tersebut dapat menjadi sumberdaya genetik dalam penelitian lebih lanjut dalam penggalian potensi allelopatinya untuk menekan pertumbuhan gulma jajagoan.

Padi lokal saat ini tidak lagi dibudidayakan oleh petani secara umum. Bahkan saat ini tidak mudah untuk mendapatkan sumberdaya genetik ini di masyarakat. Petani lebih memilih membudidayakan padi unggul (lokal ataupun nasional) karena potensi hasil yang lebih tinggi serta umur yang lebih pendek dibandingkan padi lokal. Padahal penerimaan masyarakat dari segi rasa terhadap padi lokal tersebut masih tinggi. Oleh karena itu, bila didapatkan genotipe padi lokal yang dapat menekan pertumbuhan gulma jajagoan maka padi tersebut dapat dijadikan sumber genetik yang dapat direkayas dengan padi unggul yang berumur genjah.

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)

KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilaksanakan terhadap potensi allelopati padi lokal Sumatera Barat menunjukkan hasil sebagai berikut:

1. Padi lokal genotipe Padi Kuniang, Mundam Pulau, dan Lumuik paling berpotensi allelopati karena menunjukkan penurunan pertumbuhan awal gulma jajagoan dan meningkatkan aktivitas enzim peroksidase.
2. Genotipe Batang Lembang, Sokan, dan Batang Pasaman menunjukkan peningkatan aktivitas enzim paling tinggi, masing-masing 79, 47, dan 32% tetapi tidak menyebabkan penurunan pertumbuhan gulma jajagoan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan telah selesainya penelitian ini, kami tim peneliti ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah mendanai penelitian ini melalui Dana Hibah Bersaing dengan Nomor Kontrak 003/H.16/PL/HB-MT/III/2010 Tanggal 4 Maret 2010. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Novita Hera yang dalam proses penyelesaian studi program Magister Pertanian di Universitas Andalas dengan dedikasi yang sangat tinggi ikut mengerjakan 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.
- Bais, H. P., S. W. Park, T. L. Weir, R. M. Callaway and J. M. Vivanco, 2004, 'How plants communicate using the underground information superhighway', Accessed: 2004(Wednesday, 14th January): Available: <http://plants.trends.com>.

- Bruckner, D. J., 1998, 'The allelopathic effect of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) on the germination of cultivated plants', *Novenytermeles*, 47: 635-644.
- Burgos, N. R. and R. E. Talbert, 2000, 'Differential activity of allelochemicals from *Secale cereale* in seedling bioassays', *Weed Science*, 48: 302-310.
- 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 crus-galli* (Kajian Pembelahan Sel). Laporan Penelitian Doktor Muda, Universitas Andalas, Padang.
- Chung, I. M., J. K. Ahn and S. J. Yun, 2001, 'Assessment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars', *Crop Protection*, 20: 921-928.
- Chung, I. M., K. H. Kim, J. K. Ahn, S. B. Lee, S. H. Kim and S. J. Hahn, 2003, 'Comparison of allelopathic potential of rice leaves, straw, and hull extracts on barnyardgrass', *Agronomy Journal*, 95: 1063-1070.
- 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.
- Gaspar, T., C. Penel, J. F. Castillo and H. Greppin, 1985, 'A two-step control of basic and acidic peroxidases and its significance for growth and development', *Physiologia Plantarum*, 64: 418-423
- Hassan, S. M., I. R. Aidy, A. O. Bastawisi and A. E. Draz 1998, 'Weed management using allelopathic rice in Egypt', In *Allelopathy in Rice*, (ed.) M. Olofsdotter. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. pp.: 27-37.
- 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 21st century', *Weed Science*, 49: 282-289.