



**Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan III
Jakarta/Bogor 23-25 Agustus 1993**

Kinerja Penelitian Tanaman Pangan

Buku 2

**Padi – Bioteknologi, Pemuliaan,
Budi Daya, dan Proteksi**

**Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian**

CGPRT
Library



103932



**Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan III
Jakarta/Bogor 23-25 Agustus 1993**

Kinerja Penelitian Tanaman Pangan

09 NOV 1995

Buku 2

**Padi – Bioteknologi, Pemuliaan,
Budi Daya, dan Proteksi**

Penyunting:

Mahyuddin Syam
Hermanto
Arif Musaddad
Sunihardi

**Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
1995**

633.1/4

KIN Kinerja Penelitian Tanaman Pangan, Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan III, Buku 2. – Mahyuddin Syam; Hermanto; Arif Musaddad; Sunihardi (*Eds.*). – Bogor; Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, 1995.
vi, hal 347–673; ill; 1,5 cm.

I. Syam, M.

II. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

ISBN : 979-8161-50-5

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

Jl. Merdeka 147 Bogor 16111 Telp. (0251) 334089, 331718

Fax. (0251) 312755

Pengantar

Kegiatan penelitian tanaman pangan telah memberi kontribusi yang cukup besar dalam pembangunan pertanian. Hal itu, antara lain tercermin dari berkembang dan diterapkannya teknologi yang dihasilkan yang mampu meningkatkan produksi dan pendapatan petani. Teknologi varietas unggul, misalnya, telah dikenal dan diadopsi oleh petani secara luas. Berbagai teknologi lainnya pun, seperti pengendalian hama/penyakit, sistem usahatani, dan penanganan pra- dan pascapanen tanaman pangan telah diterapkan pula oleh sebagian petani di pedesaan.

Sejalan dengan perkembangan pembangunan di segala bidang, akhir-akhir ini muncul berbagai isu yang menuntut perubahan orientasi penelitian. Isu sistem produksi terlanjutkan, misalnya, perlu dijadikan acuan dalam menentukan arah penelitian dalam PJP II mengingat isu ini berkaitan erat dengan pelestarian lingkungan yang telah menjadi komitmen internasional. Isu ini perlu pula dipadukan dengan upaya pencapaian dan pelestarian swasembada pangan, peningkatan pendapatan petani dan pengembangan agribisnis untuk mengentaskan kemiskinan.

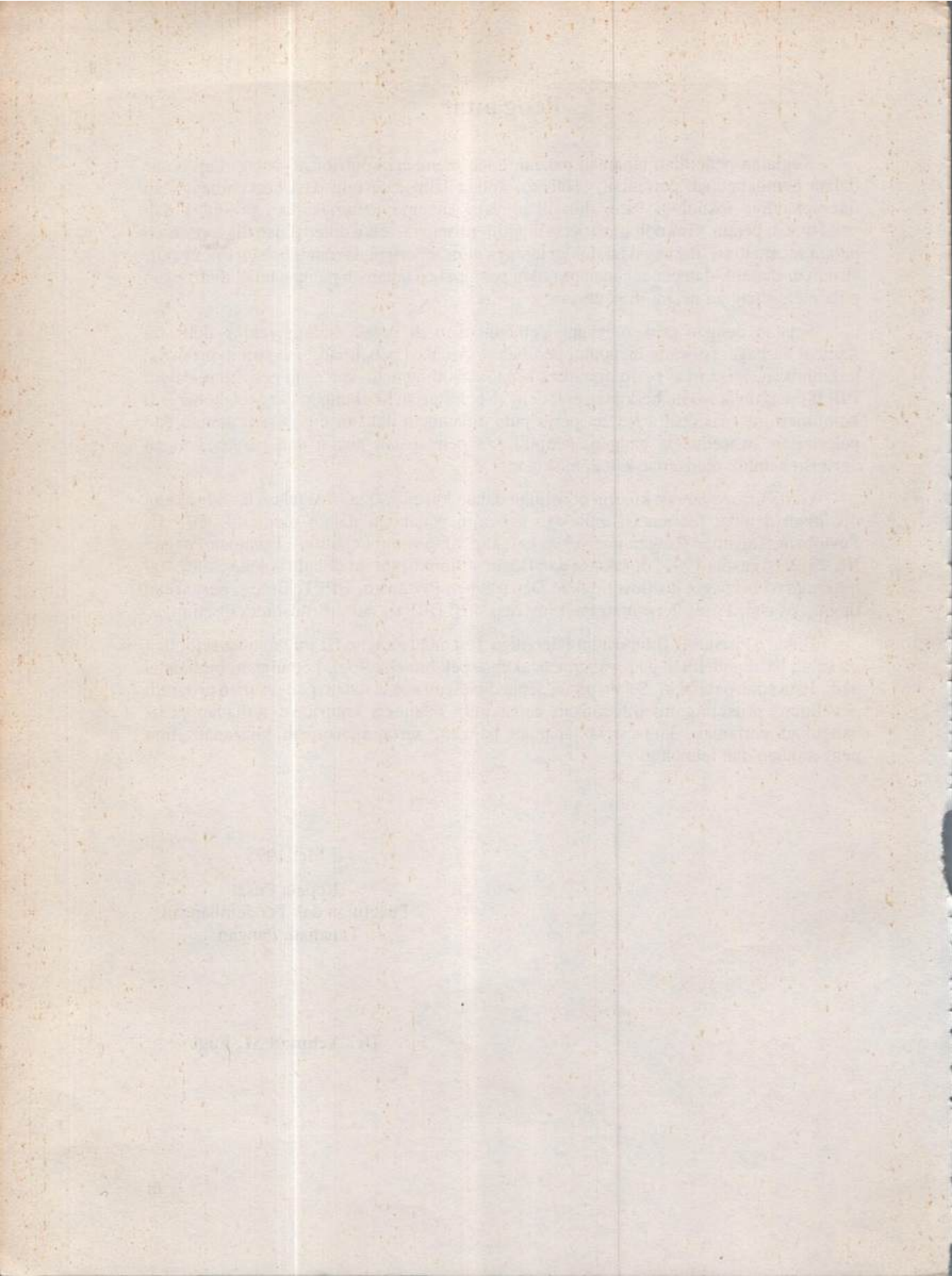
Guna mengevaluasi kinerja penelitian dalam kurun waktu lima tahun terakhir yang dikaitkan dengan reorientasi arah dan program penelitian dalam memasuki PJP II, Puslitbang Tanaman Pangan menyelenggarakan Simposium Penelitian Tanaman Pangan III, 23-25 Agustus 1993, di Jakarta dan Bogor. Simposium ini dihadiri oleh sekitar 400 peserta dari berbagai institusi lingkup Departemen Pertanian, BPPT, Bulog, perguruan tinggi, swasta, Pusat Penelitian Padi Internasional (IRRI), dan institusi terkait lainnya.

Buku 2 Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan III ini memuat sejumlah makalah hasil penelitian padi yang mencakup aspek bioteknologi, pemuliaan, budi daya padi, hama dan penyakit. Selain untuk dapat dijadikan acuan dalam penyusunan program penelitian, prosiding ini diharapkan dapat pula memberi kontribusi terhadap pembangunan pertanian, khususnya tanaman pangan, serta menambah khazanah ilmu pengetahuan dan teknologi.

Mei 1995

Kepala Pusat
Penelitian dan Pengembangan
Tanaman Pangan,

Dr. Achmad M. Fagi



Daftar Isi

Pengantar	iii
Pemuliaan dan Biologi Molekuler <i>Sugiono Moeljopawiro dan Masdiar Bustamam</i>	347
Pemanfaatan <i>Bacillus Thuringiensis</i> untuk Pengendalian Serangga Hama Tanaman Pangan <i>Sutaryo Brotonegoro</i>	362
Kultur Anther dalam Pemuliaan Tanaman Padi <i>Mohammad Fatchurochim Masyhudi</i>	370
Aplikasi Teknik Serologi dalam Mendiagnosis Penyakit Virus Tanaman Pangan <i>M. Muhsin, I. Manzila, Jumanto H. dan Roechan M.</i>	382
Peningkatan Keragaman Genetik Ketahanan Varietas Padi Sawah Terhadap Wereng Coklat <i>T. Soewito, A.A.N.B. Kamandalu dan Sularjo</i>	387
Perbaikan Varietas Padi Sawah Mendukung Pelestarian Swasembada Beras.... <i>T. Soewito, Z. Harahap, dan Suwarno</i>	398
Evaluasi Keragaman Genetik Plasma Nutfah Padi <i>T. Sudiary Silitonga, Hartini R. Hifni, Mukelar Amir, Kosim Kardin dan Irwan Nasution</i>	412
Pemuliaan Padi Aromatik dan Ketan ... <i>Adijono Pa, Bambang K., Allidawati dan Suwarno</i>	422
Perbaikan Varietas Padi untuk Menunjang Usahatani di Lahan Pasang Surut dan Lebak..... <i>Suwarno dan T. Suhartini</i>	429
Perbaikan Varietas Padi Gogo..... <i>E. Lubis, Z. Harahap, M. Diredja dan B. Kustianto</i>	437
Perbaikan Varietas Padi Gogo pada Lahan Kering Marginal <i>Abdul Kaher</i>	448
Meningkatkan Produksi Padi di Lahan Sawah Keracunan Besi di Kalimantan Selatan..... <i>Muhrizal Sarwani, Achmadi Jumberi, dan Aidi Noor</i>	460
Masalah Pencemaran Kadmium (Cd) pada Padi Sawah <i>Sismiyati Roechan, Irwan Nasution, Lalu Sukarno dan A.K. Makarim</i>	477
Perbaikan Ketahanan Varietas Padi Sawah terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri Strain III dan IV..... <i>Bambang K., T. Sudiary, dan Hartini R.H.</i>	494
Penyakit Hawar Daun Bakteri Padi di Indonesia <i>Hartini R. Hifni</i>	503
Strategi Pengendalian Hama Utama Padi Menggunakan Musuh Alami <i>Baehaki S.E. dan M. Arifin</i>	510
Penggerek Batang Padi dan Strategi Pengendaliannya di Sulawesi Selatan <i>Djafar Baco, M. Yasin dan Surtikanti</i>	528
Biosistematika Wereng Hijau Genus <i>Nephotettix</i> (Homoptera, Cicadellidae) sebagai Vektor Penyakit Virus Tungro Padi <i>Sri Suharni Siwi</i>	542
Dampak Penggunaan Insektisida dalam Pengendalian Hama Wereng Coklat dan Penggerek Batang Padi <i>Djatnika Kilin, I.W. Laba dan P. Panudju</i>	562

Prospek Penggunaan Feromon Sintetis dalam Pengendalian Hama Tanaman Pangan.....	<i>Hendarsih Suharto dan S. Kartaatmadja</i>	576
Status dan Pengendalian Blas di Indonesia	<i>Mukelar Amir dan Anggiani Nst.</i>	583
Teknologi Pengendalian Penyakit Blas pada Padi Gogo di Lahan Kering Masam	<i>Amril B., A. Azis, dan Nasrun D.</i>	593
Status Ketahanan Varietas Padi Terhadap Penyakit Blas di Kalimantan Selatan	<i>Mukhlis</i>	602
Pengendalian Gulma dan Budi Daya Padi Sebar Langsung di Lahan Sawah Irigasi dan Tadah Hujan	<i>H. Pane, T.M. Gurning dan Achmad M. Fagi</i>	608
Teknologi Pengendalian Gulma pada Pertanaman Padi di Sawah Pasang Surut	<i>S. Smith Simatupang, Dakhyar Nazemi dan Arief Budiman</i>	624
Beberapa Penyakit Penting Padi dan Pengendaliannya	<i>M. Kosim Kardin, Mukelar Amir dan Hartini R. Hifni</i>	634
Hama Utama Tanaman Pangan pada Sistem Usahatani di Lahan Pasang Surut Sumatera Selatan.....	<i>Suwalan, S., I. G. Ismail dan Rochman</i>	647
Kajian Habitat dan Perilaku Tikus sebagai Dasar Pengendalian Secara Terpadu	<i>Rochman dan Joko Priyono</i>	657
Pengendalian Hama Tikus di Lahan Pasang Surut Kalimantan Selatan.....	<i>M. Thamrin, S. Asikin dan M.Z. Hamijaya</i>	665

Masalah Pencemaran Kadmium (Cd) pada Padi Sawah

Sismiyati Roechan, Irwan Nasution, Lalu Sukarno dan A.K. Makarim

Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor

ABSTRAK

Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang sifatnya mirip dengan hara seng (Zn), tetapi merupakan racun dan dapat menghambat aktivitas enzim dan protein dalam jaringan tanaman, hewan, dan manusia. Sumber utama pencemaran Cd adalah limbah tambang logam berat, pabrik minyak, pabrik semen, penyepuhan, dan pusat pembakaran sampah. Cd banyak terdapat dalam batuan endapan fosfat yang merupakan bahan dasar pupuk fosfat. Hasil penelitian di Lampung dan Jawa Barat menunjukkan bahwa kadar Cd pada beras pecah kulit meningkat dengan meningkatnya takaran pupuk TSP. Pada takaran 200 kg TSP/ha, kadar Cd pada beras mencapai 0,047 ppm. Di Jepang, ambang batas kadar Cd di beras adalah 1,0 ppm, tetapi menurut WHO 0,24 ppm. Kadar Cd beras pecah kulit di beberapa lokasi dalam kawasan industri di Jawa Barat masih di bawah standar WHO. Kadar Cd dalam tanaman dan tanah meningkat dari waktu ke waktu. Kadar Cd tanah tertinggi pada sawah yang pernah diamati di Jawa Barat dan Jawa Tengah adalah 0,619 ppm. Angka ini jauh di bawah angka kadar Cd tanah tercemar di Jepang yang sudah mencapai 35,4 ppm pada lahan kering dan 3,82 ppm pada lahan sawah. Hasil penelitian menunjukkan, dengan meningkatnya kadar Cd tanah, kadar Cd pada jerami dan beras pecah kulit meningkat pula. Translokasi Cd dari jerami ke gabah sangat kecil. Hal ini menguntungkan kalau lahan sawah ditanami dengan padi, namun berbahaya kalau ditanami dengan sayuran. Pengendalian pencemaran Cd antara lain dapat dilakukan dengan penggunaan bahan organik, $ZnSO_4$, dan pengapuran.

PENDAHULUAN

Pencemaran kadmium (Cd) dan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia telah lama diketahui di negara maju, sedangkan di negara berkembang tampaknya belum banyak yang peduli (Maresoni *et al.* 1977). Dengan semakin berkembangnya pembangunan industri di negara sedang berkembang yang padat penduduk, seperti Indonesia, dikhawatirkan akan terjadi pencemaran Cd. Dalam kaitan ini perlu adanya informasi mengenai status Cd dalam tanah dan beras yang merupakan makanan utama penduduk, serta tindakan pengendaliannya.

Tanaman padi dapat tercemar Cd melalui air irigasi yang tercampur air limbah industri tertentu yang mengandung Cd. Asap dari industri tersebut dapat pula langsung mencemari daerah sekitarnya (Iimura *et al.* 1977 dan Yuita *et al.* 1983). Luasan atau tingkat pencemaran dapat bervariasi, tergantung kepada jangkauan air limbah dan asap tersebut. Di Jepang, kandungan Cd tanah yang tercemar dapat mencapai 35,4 ppm pada lahan kering dan 3,82 ppm pada lahan sawah.

Kerugian akibat pencemaran Cd tidak hanya terjadi pada tanaman padi di sawah yang tercemar, tetapi juga terhadap manusia maupun hewan yang mengkonsumsi tanaman atau hasil padi tersebut. Oleh karena itu, diperlukan informasi tentang: (1) status Cd dalam beras dan tanah sawah, terutama di kawasan industri; (2) peranannya dalam tanah dan tanaman; serta (3) usaha-usaha pengendaliannya.

SUMBER PENCEMARAN KADMIUM

Sumber utama pencemaran Cd adalah tambang dan peleburan biji logam (Mengel dan Kirkby 1982, Wysowski *et al.* 1978) serta air atau lumpur comberan (Berrow dan Weber 1972 dalam Mengel and Kirkby 1982, Lester *et al.* 1977). Kandungan Cd di lumpur comberan berkisar antara 10-1.500 ppm.

Pupuk fosfat termasuk salah satu sumber Cd di tanah, tergantung asal dan jenis batuan induknya. Cd dalam batuan induk fosfat lebih banyak merupakan kotoran. Williams dan David (1973) mengemukakan bahwa pupuk fosfat mengandung sedikit Cd, akan tetapi, Sutanto (1991) melaporkan bahwa kandungan Cd pada pupuk fosfat berkisar antara 30-90 ppm.

Iimura *et al.* (1977) dan Yuita *et al.* (1983) melaporkan pula sumber pencemaran Cd yang lain, yaitu pusat pembakaran sampah, pabrik minyak, pabrik semen, serta perusahaan penyepuhan logam seperti emas, seng dan tembaga. Limbah dari onderdil kendaraan bermotor seperti kikisan ban maupun minyak pelumas termasuk sumber pencemaran Cd, sebagaimana halnya dengan pabrik baterai dan pembuatan zat warna (Little dan Martin 1972).

CIRI KIMIA KADMIUM

Cd yang merupakan salah satu dari berbagai jenis logam berat tidak hanya berbahaya bagi pertumbuhan tanaman tetapi juga bagi manusia dan hewan. Secara kimiawi, Cd dan Zn hampir serupa. Mobilitas Cd dalam penyerapan dan fungsi metabolismenya dapat menyerupai Zn. Tetapi, Zn tidak berbahaya bagi tanaman maupun makhluk hidup lainnya.

Kadmium bukan hara esensial bagi tanaman. Afinitasnya tinggi terhadap gugusan thiol (-SH) dalam enzim dan protein (Mengel dan Kirkby 1982). Ciri kimia yang membedakan Cd dengan Zn adalah: Cd mempunyai afinitas yang lebih tinggi terhadap gugusan thiol dibandingkan dengan Zn. Oleh karena itu, keberadaan Cd akan mengganggu aktivitas enzim, metabolisme besi (Fe), dan menyebabkan klorosis pada daun.

Di tanah, Cd mudah terjerap oleh liat, bahan organik atau mengendap bersama ion fosfat, karbonat, sulfida, dan hidroksida. Kelarutan senyawa tersebut atau kapasitas jerapan tanah menentukan banyaknya Cd yang dapat diserap tanaman. Pada kondisi masam, proses jerapan Cd lebih dominan. Pada kondisi netral atau alkali, proses pengendapan lebih dominan. Pada Tabel 1 tampak bahwa mobilitas Cd makin meningkat dengan menurunnya pH tanah di hutan Italia.

Iimura *et al.* (1977) melaporkan, logam berat sebagai kontaminan cenderung terakumulasi di permukaan tanah. Kehilangan logam-logam berat dari tanah akibat pencucian oleh air perkolasi atau diserap tanaman sangat kecil, sehingga pembersihan tanah yang terkontaminasi sangat sulit. Mprishita (*in press*) dalam Iimura *et al.* (1977) melaporkan, pada lapisan dalam tanah Aluvial, kadar Cd rendah (Tabel 2). Tingginya kandungan Cd pada permukaan tanah disebabkan oleh adanya pertukaran ion, pembentukan senyawa kompleks dengan humus tanah, dan terbentuknya senyawa tidak larut dengan sulfida.

Tabel 1. Mobilitas logam Cd pada beberapa tingkat kemasaman tanah di hutan Italia.

Tingkat kemasaman tanah (pH, H ₂ O)	Kadar Cd (mg/kg tanah)
6,2	0,58
4,0	3,11
2,0	12,57
0,5	23,10

* Lokasi pengamatan 10 km dari sumber pencemaran Cd.
Sumber: Radogna (1990).

Tabel 2. Kandungan Cd tanah Aluvial pada beberapa lapisan horizon di kota Fuchu, Prefecture Toyama, Jepang.

Kedalaman tanah (cm)	Kandungan Cd (ppm)
0-14	3,82
14-18	2,08
18-30	1,24

Sumber: Iimura *et al.* (1977).

PENGARUH KADMIUM TERHADAP MANUSIA

Menurut Chino (1972) dalam Iimura et al. (1977), urutan tingkat keracunan logam berat pada tanaman padi adalah Hg, Cd, Zn. bahkan Cd dapat mencemari sawah dalam skala luas.

Tanaman normal mengandung Cd antara 0,1-1,0 ppm. Bila tanaman yang kadar Cd-nya melebihi 3 ppm dikonsumsi setiap hari oleh manusia dapat terjadi keracunan (Mengel dan Kirkby 1982). Batas kritis kandungan Cd pada beras pecah kulit menurut undang-undang pemerintah Jepang adalah 1,0 ppm, sedangkan menurut WHO 0,24 ppm. Di Indonesia, batas kritis kandungan Cd untuk air golongan A, B, C, dan D yang diizinkan adalah 0,01 ppm (Eko Jaya 1991).

Unsur Cd masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pencernaan dan pernapasan. Kelebihan unsur Cd pada tubuh akan terakumulasi dalam jaringan ginjal, hati, dan limpa. Tingginya afinitas dengan gugusan thiol dapat mengganggu aktivitas enzim dan metabolisme protein dalam tubuh serta mengganggu fungsi ginjal, hati dan limpa.

Penyakit *Itai-itai* yang ditemukan di Jepang pada tahun 1946, penyebabnya adalah keracunan Cd yang kronis seperti diumumkan oleh Departemen Kesehatan Jepang pada tahun 1968 (Sutanto 1991). Pada saat itu, kadar Cd pada beras tinggi. Penderita penyakit ini umumnya wanita usia lanjut dengan keluhan nyeri pada pinggang dan otot kaki. Gejala lanjut penyakit ini adalah: tulang mudah patah, fungsi pankreas terganggu, dan atrofi mukosa usus halus.

Schroeder (1965) mengemukakan, Cd adalah salah satu penyebab penyakit darah tinggi (hipertensi). Lebih lanjut dikemukakan bahwa kadar Cd pada ginjal orang yang meninggal karena hipertensi lebih tinggi dibandingkan dengan orang yang meninggal bukan karena hipertensi. Bahkan, kadar Cd pada urine penderita hipertensi dapat mencapai 40 kali lebih banyak daripada bukan penderita hipertensi.

Penyakit kanker dan kelainan bawaan biasanya timbul pada kelenjar prostat. Timbulnya kelainan bawaan pernah dibuktikan terhadap tikus yang diberi suntikan larutan Cd.

STATUS KADMIUM PADA LAHAN SAWAH DI JAWA DAN LAMPUNG

Observasi pada MH 1982/83

Penelitian status Cd pada lahan sawah di daerah aliran sungai (DAS) Citarum dan Bekasi, Jawa Barat, serta DAS Bodri, Opak, dan Bengawan Solo, Jawa Tengah, dimulai sejak musim hujan (MH 1982/83). Penelitian dimaksudkan untuk mengetahui perbedaan kandungan Cd tanah antara di hulu, tengah, dan di hilir DAS mengingat air limbah dapat terbawa aliran air sungai. Contoh tanah diambil pada beberapa tempat di sekitar daerah aliran sungai, mulai dari hulu sampai ke hilir, tetapi tidak selalu dalam kawasan industri. Kadar Cd tanah ditetapkan dengan metode 0,1 N HCl (Yuita et al. 1983). Kemudian, dilakukan pengukuran Cd dengan spektrofotometer serapan atom.

Tabel 3. Status Cd tanah sawah di beberapa daerah aliran sungai di Jawa Barat dan Jawa Tengah, MH 1982/83.

Daerah aliran sungai	Bagian	Desa/kecamatan	Kabupaten	Rata-rata Cd (ppm) ¹
Bekasi	hulu	Cibinong	Bogor	0,19
	tengah	Gunung Putri	Bogor	0,16
	hilir	Margamulya	Bekasi	0,17
Citarum	hulu	Batujajar	Bandung	0,17
	tengah	Klari	Karawang	0,14
	hilir	Kertasari	Rengasdengklok	0,21
Rata-rata Jawa Barat				0,173
Bodri	hulu	-	-	-
	tengah	-	-	-
	hilir	Patebon	Kendal	0,24
Opak	hulu	Ngaglik	Sleman	0,12
	tengah	Banguntapani	Bantul	0,13
	hilir	Pundonglya	Bantul	0,16
Bengawan Solo	hulu		Sragen	0,18
Rata-rata Jawa Tengah				0,178
Rata-rata Jawa Barat dan Jawa Tengah				0,175

¹ Dari tiga tempat pengamatan.

Sumber: Yuita *et al.* (1982).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Cd tanah di Jawa Barat rata-rata 0,173 ppm dengan kisaran 0,14-0,21 ppm (Tabel 3). Di Jawa Tengah, kadar Cd tanah rata-rata 0,178 ppm dengan kisaran 0,12-0,24 ppm. Dari beberapa DAS yang diamati, hanya di DAS Citarum (Jawa Barat) dan Opak (Jawa Tengah) yang kadar Cd-nya mengalami kenaikan dari hulu ke hilir. Hal ini menunjukkan bahwa di kedua DAS ini telah terjadi penumpukan limbah Cd di bagian hilir karena aliran air.

Penelitian Suzuki *et al.* (1980) pada tahun 1978 di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur menunjukkan bahwa kandungan Cd tanah di ketiga propinsi masing-masing berkisar antara 0,030-0,104; 0,019-0,031; dan 0,029-0,056. Di Jawa Barat, kandungan Cd tanah lebih tinggi daripada di Jawa Tengah dan Jawa Timur. Dibandingkan dengan hasil penelitian pada tahun 1982, kadar Cd tanah di ketiga propinsi jauh lebih rendah. Hal ini menggambarkan adanya peningkatan kadar Cd tanah dari tahun ke tahun.

Observasi pada MK 1991 dan MH 1991/92

Observasi dilakukan terhadap lahan sawah dalam kawasan industri di Jawa Barat. Contoh tanah diambil pada setiap petak sawah secara diagonal di tiga tempat, yaitu dekat pintu air masuk, di tengah petakan dan dekat pintu air keluar. Untuk mengetahui kadar

Cd beras, diambil gabah contoh pada petak sawah yang diamati, gabah dari petani setempat atau tempat penggilingan gabah terdekat. Cd beras ditetapkan dengan metode destruksi campuran asam pekat (HNO_3 , HClO_4 , dan HCl 6:6:1) (Yuita *et al.* 1983). Pengukuran Cd tanah dan tanaman dilakukan dengan spektrofotometer serapan atom.

Berdasarkan hasil penelitian pada MK 1991 dan MH 1991/92 diketahui kadar Cd tanah, masing-masing 0,242 dan 0,177 ppm, sedangkan kadar Cd beras pecah kulit adalah 0,195 dan 0,10 ppm (Tabel 4). Meskipun lokasi pengambilan contoh tanah dan gabah pada MK 1991 tidak sama dengan MH 1991/92, tetapi status Cd ini menggambarkan bahwa kandungan Cd pada tanah dan beras lebih tinggi pada musim kemarau dibandingkan dengan musim hujan. Hal ini sesuai dengan pendapat Imura *et al.* (1977), di mana pada kondisi air kurang, serapan Cd dari tanah ke tanaman meningkat.

Baik pada MK 1991 maupun MH 1991/92, kandungan Cd tanah di kawasan industri Jawa Barat masih lebih rendah dibandingkan dengan di tanah-tanah yang tidak terkena pencemaran unsur ini di Jepang. Pada tahun 1974, kadar Cd tanah yang tidak tercemar dan tercemar di Jepang masing-masing adalah 0,4 dan 1,0 ppm (Yuita *et al.* 1982).

Rata-rata kadar Cd beras pecah kulit di Jawa Barat pada MK 1991 adalah 0,195 ppm. Angka ini masih di bawah ambang batas yang ditetapkan WHO (0,24 ppm). Tetapi, pada beberapa lokasi, yaitu di Tangerang (Kotajaya, Nagrak, Asinan), Cianjur (Sindanglaya, Palasari), dan Bandung (Sulamantri, Canguang), kadar Cd pada beras pecah kulit sudah mencapai 0,24 ppm. Kadar Cd tanah yang tinggi terlihat di Tangerang. Suzuki *et al.* (1980) melaporkan, kadar Cd beras di Cigandewah dan Wangisagara masing-masing 0,237 dan 0,34 ppm. Hal ini perlu diatasi mengingat pesatnya perkembangan industri, terutama pada daerah-daerah tertentu.

Observasi pada MK 1992

Hasil observasi pada lahan sawah di beberapa daerah di Lampung dan Jawa Barat yang mendapatkan perlakuan pemupukan TSP secara bertingkat, terutama pada daerah yang bukan dalam kawasan industri, disajikan pada Tabel 5.

Pemupukan TSP cenderung menaikkan konsentrasi Cd beras, terutama pada takaran 100 kg TSP/ha. Hal ini terjadi pada tiga lokasi di Lampung yaitu Tamansari, Terbanggi, dan Metro. Pada lokasi dengan takaran TSP lebih dari 100 kg/ha atau pada lokasi di mana konsentrasi Cd beras sudah terdeteksi meskipun tanpa pemberian TSP, maka pemberian TSP tidak nyata. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman padi hanya menyerap Cd hingga batas tertentu. Bila ketersediaan fosfat di tanah tinggi, penyerapan Cd oleh tanaman relatif menurun. Pada semua lokasi, tingkat konsentrasi Cd dalam beras masih di bawah ambang batas meracuni kesehatan manusia. Konsentrasi Cd beras tertinggi pada semua lokasi penelitian masih di bawah 0,1 ppm yakni di Terbanggi, Lampung (0,087 ppm), dan Tomo, Jawa Barat (0,071 ppm).

Kadar Cd beras yang gabahnya diambil dari lahan petani di Cianjur dan Kuningan disajikan pada Tabel 6. Beras yang mengandung Cd lebih dari 0,1 ppm ditemukan di Cikalong (Cianjur), Jalaksana dan Kuningan (Kabupaten Kuningan). Cianjur dan Kuningan adalah daerah sentra produksi padi yang tidak termasuk ke dalam kawasan industri.

Tabel 4. Kandungan Cd tanah dan beras pecah kulit di Jawa Barat, 1991-92.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Varietas	Kandungan Cd (ppm)	
				tanah	beras
MK 1991					
Bekasi	Bekasi Utara	Harapan Baru	Cisadane	0,17	0,18
	Cibitung	Wanasari	Cisadane	0,22	0,15
	Bekasi Selatan	Margamulya	Cisadane	0,21	0,14
	Cibitung	Tembelang	IR64	0,24	0,21
Tangerang	Pasar Kamis	Kotajaya	Saigon	0,44	0,33
	Cikupa	Dukuh	Cisadane	0,18	0,21
	Balaraja	Sentul	Cisadane	0,07	0,14
		Asinan	IR64		0,15
			IR64	0,22	0,26
Cianjur	Pacet	Sindanglaya	Gebang	0,33	0,12
			Manglar		0,05
			Rantai		0,31
	Pacet	Palasari	Muta	0,33	0,24
			Bulu		0,25
	Pacet	Nyere	IR64	0,23	
Pacet	Cibadak	-	0,14	-	
Bandung	Pasar Kamis	Sukamantri	Cisadane	0,13	0,24
	Padalarang	Padalarang	IR64	0,28	0,11
	Banjaran	Pameungpeuk	IR64	0,22	0,20
	Cimahi Selatan	Leuwigajah	IR64	0,25	0,14
	Dayeuh Kolot	Cangkuang	IR64	0,51	0,24
MH 1991/92					
Karawang	Rengasdengklok	Rengasdengklok	IR64	0,21	0,05
		Cikangkung	IR64	0,19	0,11
		Kemiri	IR64	0,18	0,00
		Kertasari	IR64	0,22	0,08
	Pasar Kamis	Kotabumi	-	0,62	-
Majalaya	Ranca	Kosambi	IR64	0,17	0,12
	Ranca	Kosambi	IR64	0,15	0,07
		Cisokan	IR64	0,14	0,12
		Padaulum	IR64	0,18	0,20
		Sukamaju	IR64	0,20	0,10
Cirebon	Babakan	Pakusamben	IR64	0,13	
	Babakan	Karangwangun	IR64	0,26	0,15
	Palimanan	Cangkuang	IR64	0,14	0,03
	Paliaman	Kedungbunder	IR64	0,15	0,08
	Paliaman	Paliaman	IR64	0,11	0,16
Rata-rata	MK 1991			0,242	0,195
	MH 1991/92			0,177	0,100
	Umum			0,210	0,148

Rata-rata tiga ulangan.

Tabel 5. Konsentrasi Cd (ppm) beras pecah kulit akibat pemberian TSP di Lampung dan Jawa Barat pada MK 1992.

Lokasi	Takaran TSP (kg/ha)						Rata-rata
	0	50	100	150	200	250	
Lampung							
Tamansari	0,00	0,00	0,02	0,00	0,07	0,09	0,032
Rengasdengklok	0,07	0,11	0,16	0,07	0,04	0,04	0,087
Terbanggi	0,02	0,04	0,07	0,04	0,04	0,00	0,039
Jawa Barat							
Singamerta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,005
Pusakanegara	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,05	0,029
Ciomas/Bogor	0,00	0,00	0,08	0,00	0,05	0,00	0,025
Cianjur	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,005
Tomo	0,11	0,07	0,07	0,09	0,07	0,00	0,071
Kuningan	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,010
Rata-rata	0,021	0,033	0,042	0,030	0,047	0,023	

Sumber: Makarim (1993).

Tabel 6. Konsentrasi Cd pada beras di Jawa Barat, MK 1992.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Varietas	Cd (ppm)
Cianjur	Cianjur	Karang Tengah	IR64	0,039
	Cianjur	Karang Tengah	IR64	0,098
	Ciranjang	Hegarmanah	IR64	0,059
	Cianjur	Cikalong	Cisadane	0,118
	Ciranjang	Ciranjang	IR64	0,059
	Ciranjang	Ciranjang	Cisadane	0,039
	Rata-rata			0,069
Kuningan	Jalaksana	Sadanentra	IR64	0,196
	Jalaksana	Sadanentra	Cisadane	0,000
	Jalaksana	Babakan Mulya	IR64	0,020
	Jalaksana	Babakan Mulya	Cisadane	0,020
	Jalaksana	Babakan Mulya	IR29	0,000
	Kuningan	Cigintung	Var. 117	0,118
	Kuningan	Cigaduh	Var. 117	0,200
	Radagede	Haur Kuningan	Var. 117	0,000
	Rata-rata			0,069

Sumber: Makarim (1993).

Observasi pada MK 1993

Pada MK 1993 dilakukan pula observasi terhadap status Cd tanah dan beras pecah kulit di Jawa Tengah dan Yogyakarta serta di Rancaekek, Jawa Barat. Di Jawa Tengah, kandungan Cd tanah berkisar antara 0-0,34 ppm dengan rata-rata 0,148 ppm, sedangkan pada beras pecah kulit berkisar antara 0-0,077 ppm dengan rata-rata 0,010 ppm (Tabel 7). Dibandingkan dengan di Jawa Barat, kadar Cd di Jawa Tengah lebih rendah.

Konsentrasi Cd tanah dan beras yang tertinggi di Jawa Tengah dan Yogyakarta terdapat di Umbulharjo, Yogyakarta dan Demakan (Sukoharjo). Suzuki *et al.* (1980) melaporkan, kadar Cd beras di Jawa Tengah rata-rata 0,030 ppm. Pada pengamatan MK 1993, daerah yang kadar berasnya sudah melampaui 0,030 ppm adalah Sugih Waras dan Jatirejo (Pemalang), Bener (Pekalongan), Demakan (Sukoharjo), dan Sidikan (Yogyakarta). Akan tetapi, keadaan ini belum mengkhawatirkan karena konsentrasi Cd kurang dari 0,1 ppm. Hal serupa juga terlihat di Rancaekek, Jawa Barat.

Tabel 7. Kadar Cd di tanah dan beras pecah kulit pada beberapa lokasi di Jawa Tengah, Yogyakarta dan Jawa Barat, MK 1993.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Varietas	Kadar Cd (ppm)	
				tanah	beras
Tegal	Margadana	Suruhan Lor	IR64	0,23	0,004
	Kramat	Dampyok Utara	IR64	0,09	0,016
	Surodadi	Purwahamba	IR64	0,07	0,007
Pemalang	Pemalang	Lawangrejo II	IR64	0,14	0,026
	Pemalang	Sugih Wartas	IR64	0,14	0,039
	Pemalang	Lawangrejo I	IR64	0,14	0,020
	Taman	Kebunan	IR64	0,15	0,019
	Ampelgadung	Jatirejo	Cisadane	0,11	0,053
Pekalongan	Sragi	Pahit	Cisadane	0,09	0,014
	Wiroseso	Bener	IR64	0,17	0,038
	Pekalongan-Timur	Dekoro	Cisadane	0,21	0,019
Batang	Batang	Karanganyar	IR64	0,20	0,027
	Batang	Sambong	IR64	0,18	0,012
Grobogan	Gubug	Pilang Wetan	IR64	0,18	0,003
Sukoharjo	Grogol	Tengklik	IR64	0,19	0,007
	Sukoharjo	Bulakrejo	IR64	0,18	0,011
	Mojolabar	Demakan	IR64	0,08	0,061
Karanganyar	Jaten	Jamok	Cisadane	0,12	0,016
	Jaten	Jaten	IR64	0,18	0,028
	Jaten	Dagen	IR64	0,09	0,001
	Jaten	Seroyo	IR64	0,17	0,024
	Jaten	Karangasem	IR64	0,14	0,014

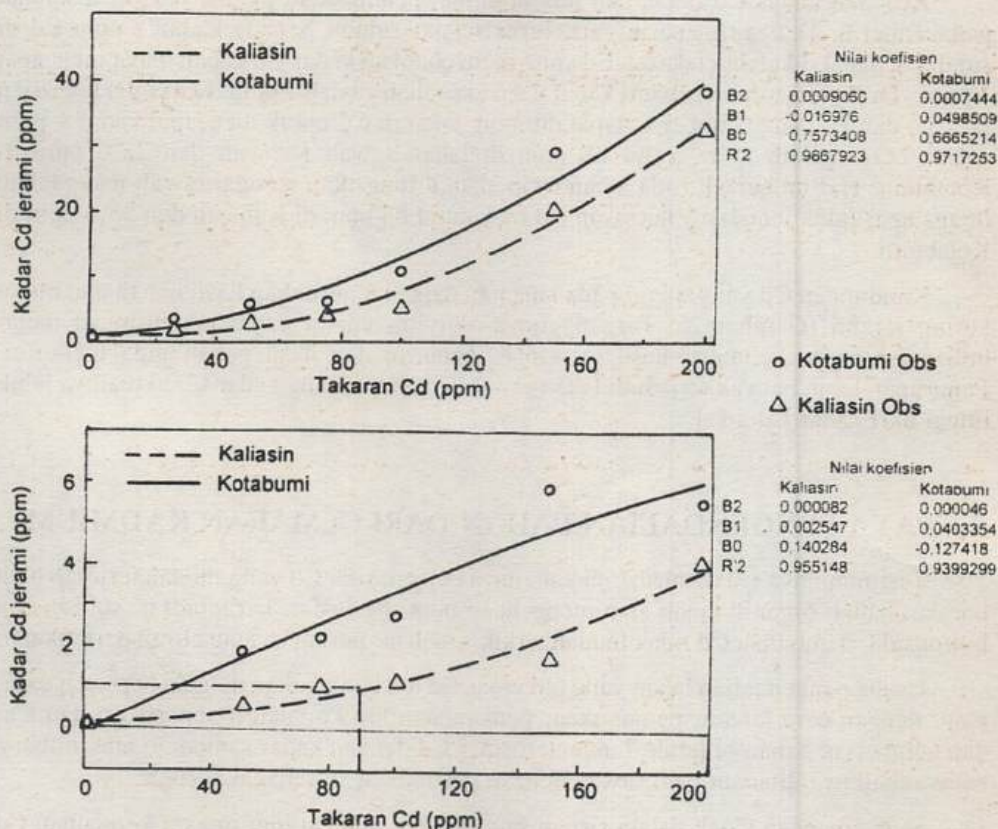
Tabel 7. (lanjutan)

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Varietas	Kadar Cd (ppm)	
				tanah	beras
	Jaten	Beluk	Way Seputih	0,17	0,023
	Jaten	Seroyo	Way Seputih	0,13	0,004
Boyolali	Banyudono	Batan	Cisadane	0,09	0,003
	Banyudono	Batan	Cisadane	0,12	0,012
	Banyudono	Kuwiran	IR64	0,09	0,020
	Banyudono	Kuwiran	IR64	0,12	0,015
Cilacap	Cilacap	Tambakrejo	IR64		0,012
	Kesugihan	Starang	Cisadane		0,000
	Kesugihan	Starang	IR48	0,19	0,000
	Cilacap-Utara	Karang Tarum	IR64		0,001
Yogyakarta	Umbulharjo	Gebangan	IR64	0,34	0,000
	Umbulharjo	Sidikan	IR64	0,28	0,077
	Umbulharjo	Gambiran	IR64	0,17	0,000
Kulon Progo	Sentolo	Kalimenir	IR64		0,000
Sleman	Sleman	Wonen Rejo	IR64	0,00	0,000
Sleman	Gamping	Balecatur	Cisadane		0,027
Bantul	Sewon	Krapyak Kulon	Cisadane		0,026
	Sewon	Panggung Harjo	IR64		0,011
	Sewon	Glugo	IR64		0,024
Rata-rata Jawa Tengah dan Yogyakarta				0,148	0,010
Bandung	Rancaekek	Rancaekek	IR64		0,000
	Rancaekek	Rancaekek	IR64		0,014
	Rancaekek	Cipasir	IR64		0,003
	Rancaekek	Linggir	IR64		0,014
Rata-rata Jawa Barat					0,008

PERANAN KADMIUM DALAM SISTEM TANAH-TANAMAN PADA PADI VARIETAS IR64

Keberadaan Cd dalam tanaman akan mengganggu aktivitas enzim, metabolisme besi (Fe), dan menyebabkan klorosis pada daun. Peranan Cd telah diteliti di Rumah Kaca Balittan Bogor pada MK 1992 menggunakan tanah Aluvial dari Desa Kaliasin, Kecamatan Balaraja, Kabupaten Tangerang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Cd tanah Kaliasin dan Kotabumi masing-masing 0,160 ppm dan 0,619 ppm. Kedua jenis tanah diperlakukan dengan menambahkan Cd dengan takaran 0, 25, 50, 75, 100, 150, dan 200 ppm. Pupuk yang diberikan setara dengan 115 kg N (urea), 20 kg N (ZA), 60 kg P₂O₅ (TSP), dan 60 kg K₂O (KCl) per hektar.

Penambahan Cd nyata meningkatkan kadar Cd tanah secara linear. Kadar Cd pada jerami dan gabah juga meningkat nyata secara kuadrat (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian Cd cukup besar andilnya dalam meningkatkan kadar Cd jerami dan beras pecah kulit meskipun serapan Cd dipengaruhi oleh beberapa hal. Sifat fisik dan kimia tanah yang sangat berperan dalam hal ini antara lain tekstur tanah, kandungan bahan organik, potensial redoks, pH, kegaraman dan logam berat yang lain. Peningkatan kadar Cd pada tanah Kotabumi lebih tinggi dibandingkan dengan di tanah Kaliasin karena tanah Kotabumi pada awalnya sudah mengandung Cd yang tinggi. Tanah Kaliasin berkadar N-total dan C-organik masing-masing 0,29% dan 2,10%, sedangkan pada tanah Kotabumi 0,24% dan 2,10%. Kandungan Zn tanah Kaliasin juga lebih tinggi. Menurut Chiu dan Chou (1991), kandungan bahan organik yang tinggi dapat menurunkan ketersediaan ion logam bagi tanaman karena fiksasi logam berat dengan bahan organik dalam keadaan stabil.



Gambar 1. Pengaruh takaran Cd terhadap kadar Cd pada jerami dan gabah di Kaliasin dan Kotabumi, MK 1992.

Tabel 8. Pengaruh takaran pemberian Cd terhadap kadar Cd (ppm) pada jerami dan beras pecah kulit di Kaliasin dan Kotabumi, MK 1992.

Takaran Cd	Kaliasin		Kotabumi	
	jerami	beras	jerami	beras
0	0	0	0,53	0
25	2,22	0,18	3,55	0,89
50	2,75	0,67	5,91	1,87
75	4,13	1,11	5,95	2,31
100	5,99	1,24	11,06	2,84
150	20,65	1,82	29,35	5,95
200	32,99	4,22	38,72	5,64

Kedaaan kadar Cd beras dan jerami akibat peningkatan pemberian Cd disajikan pada Tabel 8. Dengan menarik garis lurus sejajar sumbu X pada kadar 1 ppm Cd di sumbu Y dapat diketahui takaran Cd yang menyebabkan kadar Cd gabah dapat mencapai 1 ppm. Di Jepang, ambang batas kadar Cd pada gabah adalah 1 ppm. Dari nilai koefisien B₀, B₁, dan B₂ pada Gambar 1 dapat dihitung takaran Cd untuk mencapai kadar 1 ppm dalam beras pecah kulit, yaitu 88 ppm di lahan sawah Kaliasin dan 25,6 ppm di Kotabumi. Hal ini berarti, bila lahan tetap akan difungsikan sebagai sawah maka lahan dijaga agar tidak mendapat masukan Cd melampui 88 ppm di Kaliasin dan 25,6 ppm di Kotabumi.

Kandungan Cd yang tinggi pada tanaman dapat menurunkan hasil gabah dan bobot kering jerami (Gambar 2). Terganggunya aktivitas enzim dapat menurunkan metabolisme protein, sehingga hasil fotosintat menurun dan hasil gabah juga menurun. Penurunan lebih banyak terjadi di lahan sawah Kotabumi yang kadar Cd aktualnya lebih tinggi dari kadar Cd awal.

UPAYA PENGENDALIAN LAHAN DARI CEMARAN KADMIUM

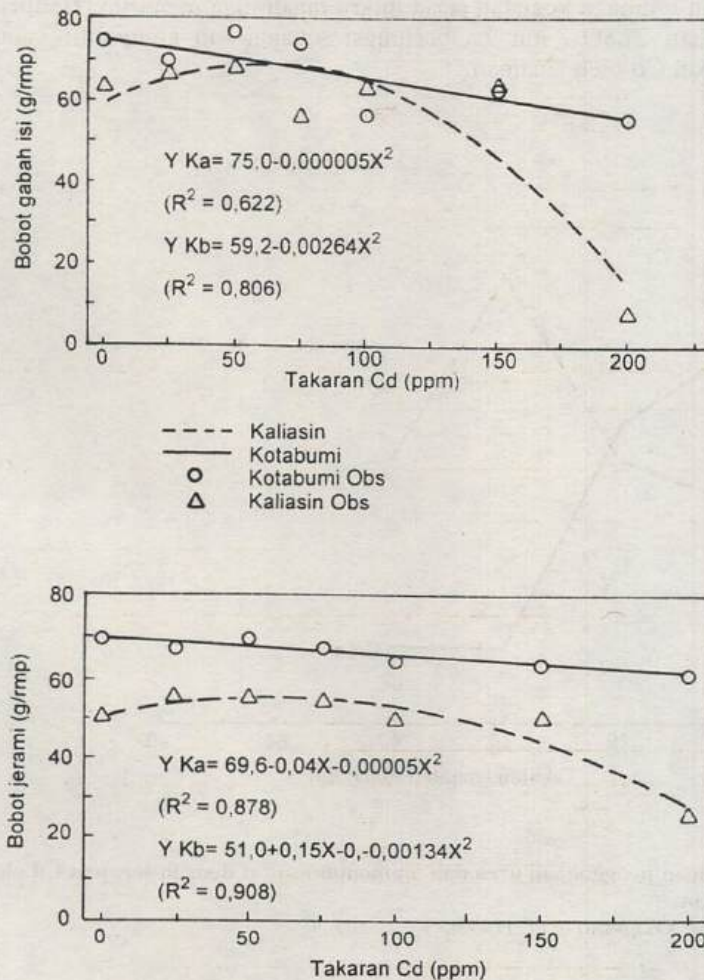
Tertimbunnya Cd di tanah erat kaitannya dengan sifat Cd yang mudah terjerap oleh liat dan bahan organik tanah atau mengendap bersama fosfat, karbohidrat, sulfida dan hidroksida. Timbunan Cd tidak mudah terkikis oleh air perkolasi atau aliran permukaan.

Usaha pengendalian lahan yang tercemar Cd telah dilakukan dengan berbagai cara, yaitu dengan cara tanam, pemupukan, penggunaan ion kompetitif seperti Zn dan Ca, dan pemberian bahan organik. Lahan tercemar Cd dengan kadar sampai di atas ambang batas sebaiknya ditanam padi sawah dengan pertimbangan sebagai berikut:

- 1) penggenangan tanah dalam sistem sawah dapat mengurangi tingkat keracunan Cd (Mengel dan Kirkby 1982);
- 2) konsentrasi Cd dalam tanaman seimbang dengan konsentrasinya dalam tanah (Jones *et al.* 1975), akan tetapi translokasi Cd dari jerami ke gabah sangat kecil (Sismiyati *et al.* 1993);

- 3) tidak ada korelasi antara kandungan Cd dalam tanah dan dalam beras pecah kulit (Imura *et al.* 1977), sehingga disarankan agar lahan tercemar Cd ditanami dengan tanaman biji-bijian seperti padi sawah, bukan sayuran karena konsentrasi Cd dalam daun bisa tinggi.

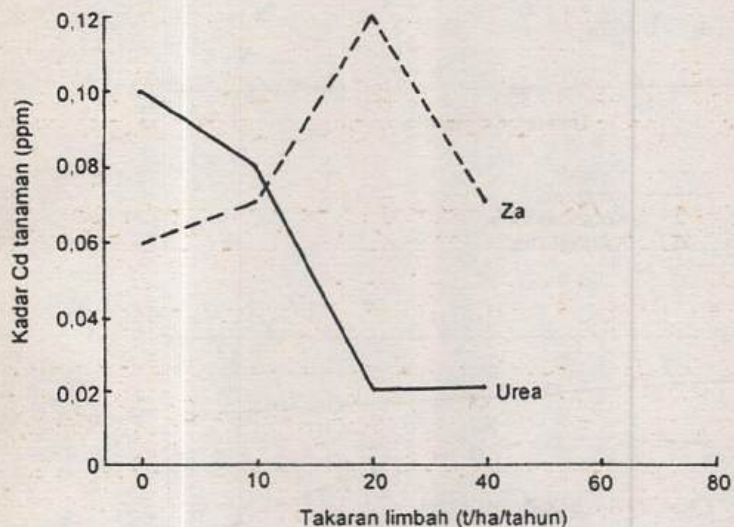
Usaha pengendalian Cd dengan pemupukan N-urea memungkinkan turunnya ketersediaan Cd bagi tanaman (Gambar 3). Kalau pupuk N yang digunakan ammonium sulfat, tanah menjadi masam sehingga Cd yang berada di dalam kompleks jerapan mineral liat meningkat dan Cd yang terserap oleh tanaman menjadi tinggi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan pupuk N-urea pada lahan tercemar Cd lebih menguntungkan daripada N ammonium sulfat.



Gambar 2. Hubungan takaran Cd dengan bobot gabah isi dan bobot jerami di tanah Kaliasin (Ka) dan Kotabumi (Kb), MK 1992.

Penggunaan ion kompetitif seperti Ca dan Zn sebagai amelioran dapat menekan serapan Cd oleh tanaman (Mengel dan Kirkby 1982). Selanjutnya, Iimura *et al.* (1977) menyatakan bahwa keberadaan ion logam berat di tanah saling kompetitif satu sama lain. Dengan demikian, penambahan Zn pada lahan tercemar Cd memungkinkan tertekannya serapan Cd oleh tanaman.

Melalui penelitian di rumah kaca Balittan Bogor telah dicoba digunakan amelioran berupa CaCO_3 dan ZnSO_4 pada tanah Kotabumi (Tangerang) — yang berkadar Cd cukup tinggi — dengan menambahkan 50 ppm Cd. Hasil penelitian menunjukkan, pemberian CaCO_3 dan ZnSO_4 meningkatkan bobot kering tanaman bagian atas, masing-masing sebesar 11,9 dan 12,4%. Dengan pengapuran atau pemberian CaCO_3 , Ca akan terendapkan dengan karbonat dalam bentuk Ca_3CO_3 sehingga pengaruh keracunan bagi tanaman menjadi berkurang. Kalau kadar Cd dalam tanah melebihi 1 $\mu\text{g/g}$, maka evolusi CO_2 akan menurun sehingga kegiatan jasad mikro tanah juga menurun (Hattori 1989). Dengan penambahan ZnSO_4 , ion Zn berfungsi sebagai ion kompetitif yang dapat menurunkan serapan Cd oleh tanaman.



Gambar 3. Hubungan penggunaan urea dan ammonium sulfat dengan serapan Cd oleh tanaman.

Sumber: Okamoto *et al.* (1990).

KESIMPULAN

1. Kadmium (Cd) adalah salah satu logam berat yang dapat meracuni tanaman, hewan, dan manusia.
2. Tanaman padi dapat tercemar Cd melalui saluran irigasi dan asap industri yang mengandung Cd melalui angin. Manusia dapat tercemar Cd melalui pernafasan.
3. Kadar Cd beras di daerah sentra produksi padi di Jawa Barat dan Lampung yang tidak termasuk dalam kawasan industri umumnya sangat rendah, rata-rata di bawah 0,1 ppm, kecuali di Sindanglaya dan Polasari (Cianjur) yang sudah mencapai 0,24 ppm.
4. Peningkatan pemberian pupuk fosfat berupa TSP, cenderung meningkatkan kadar Cd beras pecah kulit. Rata-rata kadar Cd beras pada takaran 200 kg TSP/ha adalah 0,047 ppm.
5. Tidak semua daerah sentra produksi padi di kawasan industri Jawa Barat dan Jawa Tengah yang tercemar Cd. Daerah kawasan industri yang kadar berasnya sudah diketahui mencapai 0,24 ppm adalah Kotajaya dan Asinan, Kabupaten Tangerang; Sukamantri dan Canguang, Kabupaten Bandung; serta Cigandewah dan Wangisagara, Kabupaten Majalaya.
6. Kadar Cd yang makin meningkat pada lahan sawah, menyebabkan meningkatnya kadar Cd pada jerami dan beras. Akan tetapi, kadar Cd di beras jauh lebih rendah daripada di jerami. Hasil gabah menurun dengan meningkatnya kadar Cd pada tanaman padi.
7. Khusus daerah Kaliasin dan Kotabumi (Kabupaten Tangerang), bila tetap dipertahankan sebagai sentra produksi padi maka lahan sawah di kedua daerah perlu dijaga agar tidak mendapat masukan Cd sebesar 25 ppm untuk Kaliasin dan 88 ppm untuk Kotabumi.
8. Upaya yang dapat dilakukan untuk pengendalian lahan tercemar Cd antara lain melalui sistem tanam, pemupukan N-urea, dan penggunaan ion kompetitif Ca atau Zn.

DAFTAR PUSTAKA

- Chiu, C.Y. and C.H. Chou. 1991.** The distribution and influence of heavy metals in mangrove forests of the Tamshui Estuary in Taiwan. *Soil Sci. Plant Nutr.* 37(4): 659-669. *Jap. Soc. of Soil Sci. and Plant Nutri. Japan.*
- Eko Jaya. 1991.** Himpunan peraturan di bidang lingkungan hidup. B.P. Eko Jaya. Jakarta.
- Hattori, H. 1989.** Influence of cadmium on decomposition of sewage sludge and microbial activities in soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 25(2): 289-299.

- Iimura, K., H. Ito, M. Chino, T. Morista, and H. Hirata. 1977.** Behaviour of contaminant heavy metals in soil-plant system. *In: The Proc. Soil Env. and Farming Management in Intensive Agric. SEFMIA, Tokyo, Japan.* p. 357-369.
- Jones, R.L., T.D. Hinesly, E.L. Ziegler, and J.J. Tyler. 1975.** Cadmium and zinc contents of corn leaf on grain produced by sludge amended soil. *J. Environ. Qual.* 4: 509-514.
- Lester, J.N., R.M. Harrison, and R. Perry. 1977.** Rapid flameless atomic absorption analysis of the metallic contents of sewage sludges. I. Lead, cadmium and copper. *Sci. Total Environ.* 8:153.
- Little, P. and M.H. Martin. 1972.** A survey of zinc, lead and cadmium in soil and natural vegetation around a smelting complex. *Environ. Pollut.* 3: 261 p.
- Makarim, A.K. 1993.** Pencemaran kadmium (Cd) pada padi sawah. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor.
- Maresoni, R., S.R. Koirtyohan and O.J. Pierce. 1977.** Zinc, copper, cadmium, and chromium in polished and unpolished rice. *Sci. Total Environ.* 7: 23-43.
- Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1982.** Principles of plant nutrition. 3rd ed. International Potash Institute. Bern, Switzerland.
- Okamoto, T., M. Hirose, K. Wachi and T. Matsuzuki. 1990.** Changes in form, mobility and availability of some heavy metals in soil with long term applications of sewage sludge. *In: Transactions IV. Soc. of Soil Sci., Kyoto, Japan.* p. 216-221.
- Radogna, V.M. 1990.** Heavy metal accumulation in forest soil as an air pollution effect. *In: Transactions II (3):84-89. The Int. Congress of Soil Sci. 14th. Kyoto, Japan.*
- Schroeder, H. 1965.** Cadmium as a factor in hypertension. *J. Chron. Dis.* 12: 647-656. Pergamon Press Ltd., Great Britain.
- Sismiyati, R., I. Nasution, S Hafid, dan A.K. Makarim. 1993.** Peranan kadmium dalam sistem tanah-tanaman pada padi sawah. Seminar Balittan Bogor, 5 Februari 1993.
- Sutanto, D. 1991.** Pengaruh kadmium terhadap kesehatan penduduk. Seminar Schari Pendidikan Lingkungan Hidup, 15 Oktober 1991. Kantor Meneg KLH, Jakarta.
- Suzuki, S., N. Djuaningih, K. Hyodo, O. Sumarwoto. 1980.** Cadmium, copper and zinc in rice produced in Java. *Environment Contain. Toxicol.* 9: 437-449. Springer Verlag, New York Inc.
- William, C.H. and D.J. David. 1973.** The effect of superphosphates on the cadmium contents of sewage sludges. I. lead, cadmium and copper. *Sci. Total Environ* 8: 153.
- Wysowski, D.K., P.J. Landrigan, S.W. Ferguson, R.E. Fontaine, T.A. Tsongas and B. Poster. 1978.** Cadmium exposure in a community near a smelter. *Am. J. Epidemiol.* 107: 72.

- Yuita, K., A. Hidayat, Sismiyati, R., I. Nasution and M. Nakashimada. 1982.**
Cadmium analytical method with reference to the cadmium states in soils and crops of Java Island. Seminar CRIFC, December 20, 1982. Bogor.
- Yuita, K., M. Nakashimada, A. Hidayat, R. Sismiyati, and Irwan Nasution. 1983.**
Analytical method for cadmium (Cd) in soil and crops. Japan-Indonesia. Joint Res. Project, ATA-218. 859 p.

- *Moeljopawiro dan Bustamam* Pemuliaan dan Biologi Molekuler
- *Brotonegoro* *Bacillus Thuringiensis* untuk Pengendalian Hama
- *Masyhudi* Kultur Anther dalam Pemuliaan Padi
- *Muchsin et al.* Serologi untuk Diagnosis Penyakit Virus
- *Soewito et al.* Peningkatan Keragaman Ketahanan Genetik
- *Soewito et al.* Perbaikan Varietas Padi Sawah
- *Silitonga et al.* Keragaman Genetik Plasma Nutfah Padi
- *Adijono et al.* Pemuliaan Padi Aromatik dan Ketan
- *Suwarno dan Suhartini* Perbaikan Varietas Padi Lahan Rawa
- *Lubis et al.* Perbaikan Varietas Padi Gogo
- *Kaher* Perbaikan Varietas pada Padi Lahan Kering Marginal
- *Sarwani et al.* Produksi Padi di Lahan Sawah Keracunan Besi
- *Roechan et al.* Pencemaran Kadmium pada Padi Sawah
- *Bambang et al.* Perbaikan Ketahanan Varietas Padi Sawah
- *Hifni* Variasi Patogen Hawar Daun Bakteri Padi di Indonesia
- *Baehaki dan Arifin* Pengendalian Hama dengan Musuh Alami
- *Baco et al.* Penggerek Batang Padi dan Pengendaliannya
- *Siwi* Biosistematika Wereng Hijau sebagai Vektor Penyakit
- *Kilin et al.* Dampak Penggunaan Insektisida
- *Suharto dan Kartaatmadja* Prospek Penggunaan Feromon Sintetis
- *Amir dan Anggiani* Status dan Pengendalian Blas
- *Amril et al.* Pengendalian Penyakit Blas pada Padi Gogo
- *Mukhlis* Ketahanan Varietas Padi terhadap Blas
- *Pane et al.* Gulma pada Budi Daya Padi Sebar Langsung
- *Kardin et al.* Penyakit Penting Padi dan Pengendaliannya
- *Simatupang et al.* Teknologi Pengendalian Gulma
- *Suwalan et al.* Hama Utama Tanaman Pangan di Lahan Pasang Surut
- *Rochman dan Priyono* Habitat dan Perilaku Tikus
- *Thamrin et al.* Pengendalian Tikus di Lahan Pasang Surut

ISBN : 979-8161-50-5