

Kualitas Sumber Daya Air di Pantai Utara Wilayah Pengairan Jatiluhur

Achmad M. Fagi¹

Ringkasan

Intensifikasi padi sawah mendorong pemakaian pupuk buatan dan insektisida yang dikhawatirkan mencemari air limbah sawah di sungai-sungai dan tambak-tambak. Contoh air limbah dari sembilan desa di Kabupaten Karawang dan tiga desa di Kabupaten Bekasi yang potensial bagi budi daya udang windu dianalisis selama Mei-Oktober 1985. Contoh-contoh air tersebut diambil dari laut, muara sungai, saluran air, sungai, dan/atau tambak. Semuanya menunjukkan konsentrasi residu insektisida pada tingkat yang aman. Suhu air, pH, kandungan oksigen, salinitas, NO₂, NO₃, dan NO₄ cukup baik untuk pertambakan udang windu. Mulai tahun 1987, pemakaian 57 jenis insektisida untuk padi sawah dilarang, kemudian diikuti oleh pencabutan subsidi insektisida. Pelarangan itu pasti membuat konsentrasi residu insektisida di air sawah saat ini jauh lebih rendah daripada saat analisis pada tahun 1985. Jika konsentrasi residu insektisida akan dipantau terus disarankan agar contoh air dimasukkan ke dalam botol gelas dan disimpan dalam *ice box* sebelum dan pada saat dibawa ke laboratorium untuk analisis.

Intensifikasi padi sawah telah berhasil meningkatkan produksi padi nasional sampai tingkat swasembada beras. Akan tetapi penerapan teknologi intensif itu telah mendorong kenaikan konsumsi pupuk buatan dan insektisida. Dikhawatirkan, penggunaan insektisida secara berlebihan, selain akan membunuh musuh alami hama dan menyebabkan kekebalan hama, juga akan mencemari air limbah sawah. Air limbah sawah yang tercemar itu akan tercampur di sungai-sungai, tertuang di saluran pembuangan dan ada pula yang tertampung di sumur-sumur dan kolam-kolam ikan air tawar. Kekhawatiran komunitas internasional terhadap penggunaan insektisida secara berlebihan diwujudkan dengan dicanangkannya konsep pengendalian hama terpadu (PHT) pada tahun 1976. Di Indonesia konsep PHT mulai diperkenalkan pada tahun 1979 (Fagi *et al.* 2000).

Bersamaan dengan penelitian-penelitian tentang komponen PHT, *International Rice Research Institute* (IRRI) pada tahun 1970-an dan 1980-an menginisiasi jaringan penelitian kerja sama internasional berjudul INFER

¹ Ahli Peneliti Utama Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian dan Anggota Board of Trustees, *International Rice Research Institute*

(*International Network on Fertilizer Evaluation in Rice*), disempurnakan menjadi INSFFER (*International Network on Soil Fertility and Fertilizer Evaluation in Rice*), kemudian menjadi INSURF (*International Network on Sustainable Rice Farming*). Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan ikut aktif berpartisipasi pada berbagai penelitian IRRI tersebut. Jejaring penelitian kerja sama ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, khususnya pupuk nitrogen (urea) dengan cara mengurangi kehilangan nitrogen oleh nitrifikasi dan denitrifikasi melalui *deep placement concept*, dan dengan mengurangi takaran pupuk urea melalui pemanfaatan bahan organik (kompos atau pupuk hijau) dengan *integrated nutrient management concept*. Pengurangan takaran dan pembenaman pupuk urea ke lapisan perakaran diharapkan dapat menekan konsentrasi nitrit dan nitrat di air sawah.

Di wilayah pengairan Jatiluhur air limbah sawah yang tertampung di sungai-sungai dan saluran-saluran pembuangan mengalir ke pantai utara Kabupaten Bekasi, Karawang, Subang, dan Indramayu. Pemanfaatan air limbah sawah di kabupaten-kabupaten tersebut untuk ekstensifikasi tanaman pangan dan perikanan air tawar adalah bagian dari upaya meningkatkan daya guna air, tetapi dapat merugikan apabila tingkat pencemaran air limbah tersebut berada di atas ambang yang membahayakan kesehatan manusia dan hewan. Selain dari itu, terganggunya keseimbangan ekologi.

Berdasarkan masalah tersebut, evaluasi kualitas sumber daya air masuk ke dalam agenda kerja sama antara Program Nasional Penelitian Tataguna Air, Balai Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi dengan Perum Otorita Jatiluhur (POJ) (Fagi *et al.* 1987).

Dasar Pertimbangan

Peningkatan produksi sumber protein hewani termasuk program utama pembangunan pertanian dalam rangka meningkatkan nilai gizi makanan penduduk. Dalam ekosistem sawah, upaya itu dapat berupa mina-padi, pertambakan ikan air tawar dan pertambakan udang windu. Udang windu mendapat perhatian khusus untuk meningkatkan devisa negara melalui ekspor.

Pantai utara wilayah pengairan Jatiluhur adalah daerah sasaran intensifikasi dan ekstensifikasi pertumbuhan udang windu pada Pembangunan Lima Tahun ke Empat (1983-1987). Masalah utama yang dihadapi dalam budi daya udang windu ialah salinitas air tambak harus berada pada kisaran 12-30‰. Ini berarti air laut harus dicampur dengan air tawar yang berasal dari sistem irigasi Jatiluhur.

Air irigasi di wilayah pengairan Jatiluhur berasal dari waduk Jatiluhur dan dari sungai-sungai lokal. Berdasarkan asal sumber air, wilayah pengairan Jatiluhur dibagi menjadi tiga subwilayah, yaitu:

- daerah yang menerima air langsung dari waduk Jatiluhur,
- daerah yang menerima air langsung dari sungai-sungai lokal, dan
- daerah yang menerima air campuran dari waduk Jatiluhur dan sungai melalui saluran induk Tarum Timur, Tarum Tengah, dan Tarum Barat.

Sungai-sungai yang dibendung pada bagian tertentu berfungsi sebagai saluran pembuangan ke bagian pantai utara wilayah pengairan, tetapi di bagian utara saluran pembuangan berfungsi pula sebagai pendistribusi air.

Sistem pendistribusian air mengalir (*continuous flow distribution*) yang dipakai oleh POJ memfasilitasi teknik pengairan tergenang mengalir (*flooded flowing*) dari satu petak ke petak lainnya. Kelebihan air di petakan paling ujung (air limbah sawah) ditampung di saluran pembuangan seperti telah diuraikan. Jadi, dari manapun air tawar itu berasal, yang digunakan untuk mencapai salinitas optimal di tambak udang windu, ada kemungkinan akan mengandung residu insektisida yang umumnya dari jenis carbamat dan organofosfat, dan residu pupuk nitrogen dalam bentuk NO_2 , NO_3 , dan NO_4 .

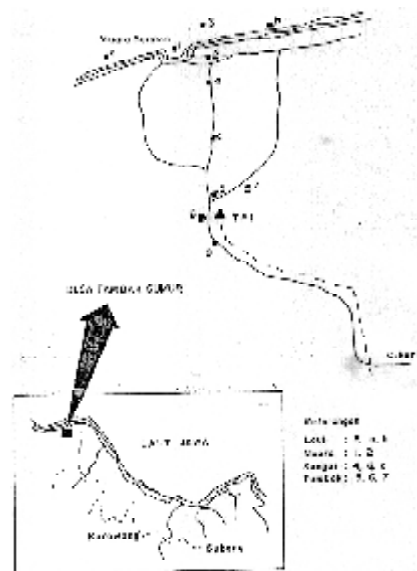
Konsentrasi residu insektisida dan pupuk nitrogen diduga rendah pada musim hujan (MH), karena pengenceran oleh air hujan, tetapi pada musim kemarau (MK) residu tersebut akan tinggi. Sebab itu keadaan lebih kritis pada MK, terutama pada saat penyemprotan insektisida.

Prosedur Standar Analisis Air

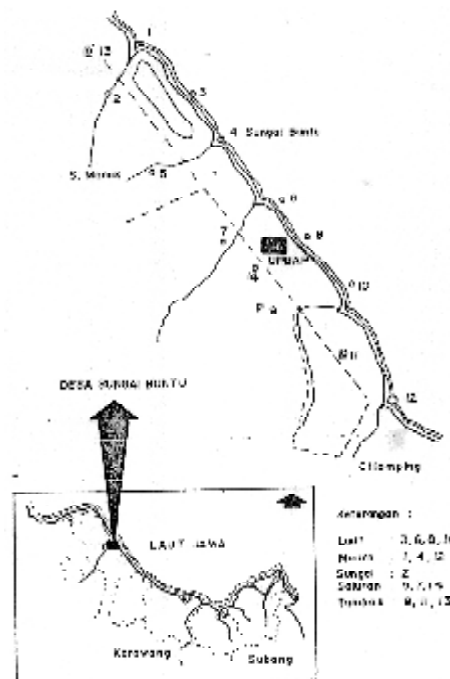
Lokasi Pengambilan Contoh Air

Daerah pantai utara Kabupaten Karawang dan Bekasi yang potensial bagi budi daya udang windu dipilih sebagai tempat pengambilan contoh air. Di Kabupaten Karawang dipilih Desa Tanjung Bungin, Tambak Sumur, Sedari, Cemara Jaya, Sungai Buntu, Pusaka Jaya Utara, Sumber Jaya, Ciparage, dan Muara Baru; di Kabupaten Subang dipilih desa, yaitu Muara Ciasem, Tanjung Tiga, dan Petimban.

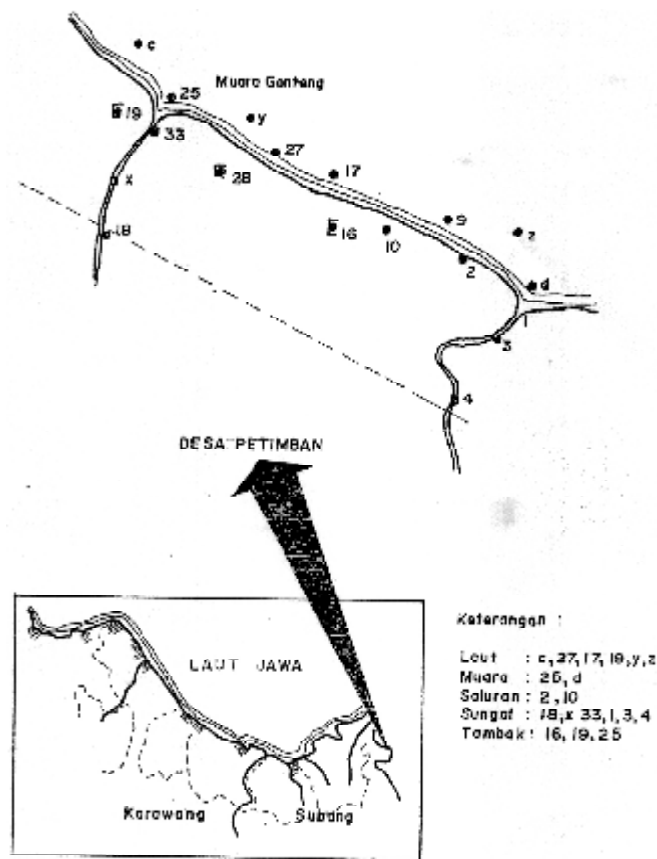
Di masing-masing desa contoh, air yang diambil adalah: air laut, air di muara sungai, di saluran, di sungai dan/atau di tambak jika telah ada tambak. Tempat-tempat pengambilan contoh di tiap desa antara lain ditunjukkan dalam Gambar 1, 2 dan 3.



Gambar 1. Lokasi pengambilan contoh air di Desa Tambak Sumur, Kec. Batu Jaya, Pantai Utara Kabupaten Karawang.



Gambar 2. Lokasi pengambilan contoh air di Desa Sungai Buntu, Kecamatan Pedes, Pantai Utara Kabupaten Karawang.



Gambar 3. Lokasi pengambilan contoh air di Desa Patimban, Kecamatan Pusaka Negara, Pantai Utara Kabupaten Subang.

Metode Analisis

Parameter kualitas air yang dianalisis adalah: suhu, pH, kandungan oksigen, salinitas, kandungan NO_2 , NO_3 , dan NO_4 . Contoh air diambil pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober 1985. Residu insektisida (*Fenitrothion*, *Fenthion*, *Fenthoat*, *Monocrotophos*, *Chlopyriphos*, *Quinalphos*, *Diazinon*, *Carbofuran*, dan *Carbaryl*) dianalisis dari contoh air yang diambil bulan Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober.

Suhu, pH, kandungan air dan salinitas dianalisis langsung di lapang, masing-masing dengan termometer, pH meter, DO meter, dan salinometer. Untuk analisis NO_2 , NO_3 , dan NO_4 , contoh air dimasukkan ke dalam jerigen

plastik dan dianalisis di Laboratorium Prosijat (Proyek Irigasi Jatiluhur) dengan menggunakan metode colorimeter.

Contoh air di jerigen plastik volume 1 liter dibawa ke Laboratorium Balittan Sukamandi untuk analisis residu insektisida dengan modifikasi metode AOAC (1985). Tahap-tahap analisis adalah sebagai berikut:

Persiapan. Contoh air dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian untuk analisis multiresidu organofosfat, bagian untuk analisis multiresidu organofosfat dan bagian untuk analisis multiresidu karbamat (residu insektisida organoklor tidak dianalisis, karena jenis ini tidak dipakai oleh petani).

Proses dalam tahap persiapan analisis residu insektisida organofosfat meliputi ekstraksi, pembersihan (*clean-up*) dan evaporasi. Sebanyak 200 ml contoh air diekstraksi dalam labu pemisah volume 1000 ml dengan 75 ml pelarut (15% dikhlometan dalam petroleum benzene) sebanyak tiga kali. Eluat ditampung dalam labu bundar/erlenmeyer yang sebelumnya dilewatkan melalui Na_2SO_4 anhidris. Selanjutnya eluat dipekatkan dengan *rotary evaporator* sampai menjelang kering. Residu yang tertinggal dalam labu erlenmeyer diekstraksi dengan 10 ml n-Hexane dan dipindahkan ke dalam *test tube*. Eluat ini siap diinjeksikan ke dalam khromatografi-gas.

Contoh air untuk analisis residu insektisida karbamat diperlakukan sama dengan contoh air untuk analisis residu insektisida organofosfat sampai proses ekstraksi. Eluat (dari contoh 250 ml) ditampung dalam labu Erlenmeyer yang sebelumnya dilewatkan melalui Na_2SO_4 anhidris. Kemudian eluat dipekatkan dengan *rotary evaporator* sampai kering. Residu yang tertinggal diekstraksi dengan acetone 1 ml; kemudian ke dalam labu erlenmeyer ditambahkan 75 ml air destilasi, 2 ml KOH 0,5 N dan 1 ml 2,4 Dinitro-1-fluorobenzene 1%, dan dikocok selama 20 menit. Selanjutnya ditambahkan 10 ml larutan borax 5%, dipanaskan di atas pemanas air pada suhu 80°C selama 20 menit; didinginkan, dan ekstrak dengan pelarut (campuran n-Hexan + Eter (1+2) sebanyak 10 ml). Pelarut campuran tersebut ditampung di dalam *test tube*, untuk dianalisis lebih lanjut dengan khromatografi-gas.

Recovery test digunakan untuk menguji ketepatan metode dan perlakuan itu dan dilaksanakan dengan menambahkan sejumlah tertentu pestisida standar, yaitu Diazinon 0,5 ppm dan Carbofuran 0,5 ppm ke dalam air yang bebas insektisida. Proses *recovery test* ini berlangsung sesuai dengan proses seperti tersebut di atas.

Analisa Khromatografi Gas. Alat yang digunakan adalah khromatografi gas varian 3700 yang dilengkapi dengan detektor ionisasi nyata (FID) dan detektor penangkap elektron (ECD) Nikel-63.

Untuk analisis residu pestisida organofosfat digunakan detektor FID dengan suhu kolom 2000°C dan suhu injektor dan detektor 250°C. Gas pem-

bakar H₂ dengan kecepatan 30 ml/menit, O₂ dengan kecepatan 400 ml/menit. Kisaran attenuasinya 10 x 32.

Kolom stainless-steel panjang 2 m, diameter dalam 3 mm, dan berisi 10% OV-101 Chromosorb W (HP) 80/100 mesh. Sedangkan untuk analisis residu insektisida karbamat digunakan detektor ECD-Ni 63 dengan suhu kolom 200°C dan suhu injektor serta detektor 230°C. Gas pembawa adalah N₂ kering dengan kecepatan 40 ml/menit. Kisaran attenuasi detektor 10 x 16. Kolom stainless steel panjang 2 m, diameter dalam 3 mm berisi 3% OV-17 Chromosorb W (HP) 80/100 mesh.

Kandungan residu insektisida dalam contoh air dihitung berdasarkan tinggi puncak khromatogram dan dibandingkan dengan kurva standar insektisida yang terdeteksi.

Recovery test. Uji ini perlu untuk mengetahui apakah metode analisis seperti di atas tepat. Ternyata dari uji ini diperoleh temuan residu insektisida di atas 70% yang berarti metode yang dipakai cukup baik untuk digunakan lebih lanjut dalam analisis residu insektisida di dalam contoh air.

Sintesis Hasil Evaluasi

Residu Insektisida

Hasil analisis contoh air limbah yang diambil pada bulan Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober 1985 menunjukkan bahwa residu insektisida Fenitrothion, Fenthion, Fenthoat, Monocrotophos, Chlopyrifos, dan Quinalphos umumnya tidak terdeteksi dengan alat khromatografi-gas (Tabel 1). Hal ini tidak berarti di dalam contoh air tidak terkandung residu insektisida tersebut, tetapi mungkin konsentrasi residu lebih rendah dari kemampuan minimum alat (0,5 nanogram). Jika memang benar demikian konsentrasi residu insektisida jauh berada di bawah batas yang membahayakan.

Di dalam contoh air limbah sawah yang diambil di Sungai Buntu, Pusaka Jaya Utara, dan Patrol pada bulan September, dan di Sedari pada bulan Oktober, terdeteksi residu Diazinon setelah detektor photometer nyala (FDP) diganti dengan FDP yang dilengkapi filter fosfor 526 nm. Namun demikian konsentrasi yang terdeteksi berada pada batas aman.

Khromatografi gas tidak mendeteksi nyala residu insektisida golongan karbamat (Carbaryl dan Carbofuran). Hal ini terjadi karena insektisida golongan karbamat cepat terurai. Maka golongan ini tidak membahayakan, apalagi dalam konsentrasi yang sangat rendah.

Tabel 1. Kandungan residu insektisida Organophosphat dan Karbamat dalam air irigasi.

Pestisida	Residu (ppb)				
	Juni 1234567891011	Juli 356711	Agustus 356711	September 356711	Oktober 356711
Fenitrothion	nd	nd	nd	nd	nd
Fenthion	nd	nd	nd	nd	nd
Fenthoat	nd	nd	nd	nd	nd
Monocrotophos	nd	nd	nd	nd	nd
Chlopyriphos	nd	nd	nd	nd	nd
Quinalphos	nd	nd	nd	nd	nd
Diazinon	nd	nd	nd	trace	trace
Carbofuran	nd	nd	nd	nd	nd
Carbaryl	nd	nd	nd	nd	nd

*) nd = tidak terdeteksi

trace = terdeteksi tetapi dalam jumlah yang sangat kecil

1. Tanjung Bungin	- saluran	17	7. Sumber Jaya	- saluran	22
2. Tambak Sumur	- sungai	8	8. Ciparage	- sungai	6
3. Sedari	- saluran	5	9. Tanjung Tiga	- saluran	19
4. Cemara Jaya	- saluran	4	10. Muara Sevc	- sungai	18
5. Sungai Buntu	- saluran	14	11. Patrol	- saluran	5
6. Pusaka Jaya Utara	- saluran	14			

Beberapa hal yang dapat mempengaruhi akurasi hasil analisis contoh air, dan sebab itu perlu perhatian untuk analisis berikutnya:

- Contoh air harus segera dikirim ke laboratorium. Batas maksimum penyimpanan contoh air untuk dianalisis residu pestisida golongan organofosfat adalah 7 hari; contoh air ini harus disimpan di ruang dingin. Untuk golongan carbamat, setelah contoh air diambil segera dianalisis.
- Gambaran umum penggunaan insektisida – jenis, takaran, dan waktu pemberian – disertakan dalam pengiriman contoh air. Informasi yang lengkap diperlukan untuk mempercepat proses analisis dan menghemat bahan kimia.

Parameter Kualitas Air Lainnya

Hasil rata-rata analisis suhu air, pH, kandungan oksigen, salinitas, NO_2 , NO_3 dan NO_4 dari air limbah sawah, muara, laut, dan air tambak di semua lokasi ditunjukkan dalam Tabel 2-11.

Tabel 2. Rata-rata suhu, pH, DO, dan salinitas air di Kecamatan Batu Jaya, Pantai Utara Karawang, Jawa Barat pada bulan Mei-Oktober 1985.

Deskripsi	Suhu (°C)					pH					DO (ppm)					Salinitas (‰)				
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10		
Tanjung Bungin																				
Laut	30	30	29	29	29	29	7,3	7,4	7,3	7,3	7,3	7,3	4,9	5,1	4,9	4,8	5,4	4,6	32	28
Muara	30	31	29	29	30	29	7,2	7,1	7,3	7,5	7,4	4,3	4,2	4,6	4,3	5,4	4,8	22	15	28
SLaluran	31	31	30	29	30	29	7,2	7,2	7,4	7,4	7,5	7,3	4,7	4,8	4,7	5,1	4,7	23	25	26
Tambak	31	31	30	29	29	29	7,2	8,0	7,3	7,3	7,3	4,5	4,5	4,6	5,1	5,6	4,8	30	22	28
Tambak Sumur																				
Laut	28	31	29	28	28	25	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3	7,2	5,0	6,3	5,2	4,3	5,4	4,7	35	34
Muara	28	31	30	28	29	29	7,0	7,3	6,9	7,5	7,1	4,9	5,7	5,0	4,5	5,3	4,7	19	1	21
Sungai	29	30	30	30	29	28	7,0	7,5	7,6	7,2	7,1	7,5	5,0	6,1	5,5	4,9	5,3	4,6	29	19
Tambak	29	30	29	28	29	28	7,1	7,1	7,3	7,2	7,3	7,1	5,1	5,9	5,2	4,9	5,2	5,1	26	10

Tabel 3. Kandungan NO₂, NO₃ dan NO₄ air di Batu Jaya, Pantai Utara Karawang, Jawa Barat pada bulan Mei-Oktober 1985.

Deskripsi	NO ₂ (mg/l)					NO ₃ (mg/l)					NO ₄ (mg/l)							
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10
Tanjung Bungin																		
Laut	0,00	0,02	0,05	0,19	0,03	0,02	0,84	1,17	1,03	3,62	0,64	0,42	0,10	0,54	0,29	0,32	0,10	5,64
Muara	0,02	0,06	0,09	0,10	0,01	0,04	0,72	0,80	0,95	1,88	0,45	0,45	0,00	1,70	0,40	0,00	0,15	3,05
Saluran	0,09	0,11	0,10	0,24	0,06	0,08	2,23	1,75	1,13	3,05	1,95	0,85	0,05	1,13	1,00	0,38	0,00	3,13
Tambak	0,06	0,09	0,09	0,16	0,07	0,08	2,87	2,33	2,50	3,75	3,47	0,52	0,13	1,18	0,30	0,32	0,03	3,08
Tambak Sumur																		
Laut	0,07	0,00	0,01	0,03	0,03	0,03	0,00	1,30	1,40	3,02	0,00	0,45	4,10	0,20	0,03	0,07	7,50	5,90
Muara	0,04	0,03	0,02	0,22	0,04	0,05	0,35	2,15	3,65	7,95	0,40	0,93	3,30	0,63	0,35	0,63	3,83	2,78
Saluran	0,13	0,08	0,07	0,64	0,08	0,11	1,45	2,85	3,73	7,18	1,73	0,00	2,71	0,39	0,36	0,31	4,09	3,43
Tambak	0,07	0,08	0,04	0,30	0,06	0,03	0,43	2,01	1,79	4,86	0,66	0,73	2,43	0,15	0,16	0,10	3,55	3,08

5 = Mei ; 6 = Juni; 7 = Juli; 8 = Agustus; 9 = September; 10 = Oktober

Tabel 4. Rata-rata suhu, pH, DO, dan salinitas air di Kecamatan Pedes, Pantai Utara Karawang, Jawa Barat pada bulan Mei-Oktober 1985.

Deskripsi	Suhu (°C)					pH					DO (ppm)					Salinitas (‰)								
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10						
Sedari	30	29	29	28	28	29	7,6	7,6	7,7	7,8	7,7	7,6	5,9	5,3	5,3	5,8	5,1	4,8	33	26	31	33	36	34
	30	29	29	28	28	29	7,5	7,4	7,5	7,4	7,4	7,2	5,4	4,8	4,8	4,4	5,4	4,7	11	12	10	10	27	15
	31	31	30	29	30	29	7,2	7,2	7,4	7,4	7,5	7,3	4,7	4,8	4,7	4,7	5,1	4,7	23	25	26	18	21	15
	30	29	28	28	27	29	7,4	7,3	7,3	7,5	7,5	7,3	5,2	4,6	4,6	4,4	5,8	4,0	8	8	8	10	25	11
	30	30	29	28	27	29	7,5	7,5	7,6	7,6	7,0	7,7	4,5	4,5	4,6	5,1	5,6	4,8	30	22	28	31	32	40
Cemara Jaya	30	29	29	30	29	31	7,7	7,6	7,7	7,6	7,6	7,6	5,9	5,3	6,1	6,5	5,0	4,4	33	32	32	34	36	33
	30	29	29	30	29	31	7,3	7,2	7,1	7,2	7,5	7,3	6,1	5,6	6,0	6,7	4,9	4,3	30	23	25	30	32	34
	31	30	30	30	29	31	7,6	7,7	7,5	7,5	7,3	7,4	6,2	4,7	5,2	6,0	5,0	4,3	19	24	19	23	26	34
	30	29	29	29	25	31	7,3	7,3	7,3	7,5	7,3	7,3	6,2	5,3	5,9	6,6	4,7	4,3	21	20	19	22	28	33
	31	30	30	30	28	32	7,2	7,4	7,3	7,4	7,5	7,4	6,4	5,8	5,8	6,9	5,0	4,0	28	29	25	25	23	35
Sungai Buntu	30	30	31	32	30	31	7,7	7,6	7,6	7,7	7,4	7,7	5,7	6,0	5,3	6,3	4,7	4,3	33	32	32	31	35	33
	30	30	30	31	30	29	7,3	7,3	7,4	7,3	7,2	7,4	5,9	5,3	5,7	7,1	5,1	4,3	21	23	22	26	29	28
	29	30	31	32	30	30	7,3	7,4	7,4	7,4	7,1	7,4	5,9	4,9	5,1	6,5	4,9	4,4	26	27	19	28	28	21
	30	31	31	32	31	30	7,5	7,8	7,6	7,8	7,3	7,6	6,1	5,0	4,9	6,5	5,8	4,5	23	30	27	33	30	26
	Pusaka Jaya Utara	31	29	30	30	29	29	8,0	7,7	7,9	8,1	7,5	7,5	5,8	5,8	4,9	6,6	4,3	4,4	31	31	32	31	31
32		30	29	29	30	30	7,8	7,6	7,7	7,7	7,4	7,4	5,5	5,0	5,2	6,3	4,0	4,1	11	12	13	12	15	14
30		30	30	30	29	29	7,7	7,8	7,7	7,7	7,0	7,1	6,2	6,0	5,5	6,4	4,5	4,6	3	11	13	12	9	9
31		29	29	29	29	28	7,5	7,5	7,4	7,4	7,1	7,1	5,3	5,5	5,6	6,7	4,1	4,1	5	6	6	6	1	0

5 = Mei ; 6 = Juni; 7 = Juli; 8 = Agustus; 9 = September; 10 = Oktober

Tabel 5. Kandungan NO₂, NO₃ dan NO₄ air di Kecamatan Pedes, Pantai Utara Karawang, Jawa Barat pada bulan Mei-Oktober 1985.

Deskripsi	NO ₂ (mg/l)					NO ₃ (mg/l)					NO ₄ (mg/l)							
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10
Sedari																		
Laut	0,00	0,08	0,02	0,00	0,02	0,11	4,88	5,08	3,04	6,04	0,0	0,40	0,10	0,18	0,16	0,13	0,05	5,63
Muara	0,15	0,08	0,10	0,20	0,04	0,08	3,10	7,20	2,70	8,70	1,60	0,60	0,15	0,25	0,35	0,25	0,00	2,85
Saluran	0,10	0,06	0,06	0,00	0,06	0,14	4,10	4,40	3,83	6,50	2,23	0,05	0,15	0,16	0,20	0,08	0,00	3,27
Sungai	0,10	0,09	0,10	0,16	0,10	0,12	2,40	6,80	5,60	8,38	0,60	0,10	0,20	0,30	0,40	0,30	0,15	2,70
Tambak	0,06	0,09	0,09	0,16	0,07	0,08	2,87	2,33	2,50	3,75	3,47	0,52	0,13	1,18	0,30	0,32	0,03	3,08
Cemara Jaya																		
Laut	0,06	0,02	0,02	0,04	0,11	0,27	2,50	2,48	2,47	4,08	2,52	0,00	0,39	1,16	0,73	0,94	0,22	0,61
Muara	0,14	0,06	0,08	0,10	0,10	0,38	2,83	2,00	2,53	3,67	0,23	0,48	1,45	1,35	1,80	2,20	0,40	0,50
Saluran	0,15	0,07	0,09	0,12	0,18	0,22	2,33	3,88	2,75	6,83	0,83	0,00	0,25	0,13	0,05	0,10	0,43	0,25
Sungai	0,09	0,07	0,08	0,11	0,08	0,13	2,93	3,32	2,80	5,12	2,90	0,10	1,62	1,90	1,00	2,23	0,58	0,60
Tambak	0,06	0,08	0,09	0,08	0,11	0,29	3,67	2,68	2,08	6,03	2,52	2,23	0,28	0,38	0,48	0,58	0,33	1,37
Pusaka Jaya Utara																		
Laut	0,00	0,01	0,05	0,02	0,10	0,15	5,21	2,96	3,37	5,33	4,32	4,82	0,47	0,11	0,23	0,37	3,40	4,77
Muara	0,22	0,08	0,62	0,22	0,15	0,16	3,00	1,48	2,03	3,18	4,35	4,75	0,50	0,60	0,15	0,18	2,30	2,35
Saluran	0,58	0,12	0,13	0,29	0,15	0,24	4,23	2,64	2,91	4,29	4,65	5,13	0,00	6,51	0,55	0,33	2,14	2,46
Sungai	0,07	0,04	0,05	0,05	0,20	0,55	4,2	1,81	1,84	4,19	4,69	5,49	0,64	0,16	0,5	0,19	1,46	2,44

5 = Mei ; 6 = Juni; 7 = Juli; 8 = Agustus; 9 = September; 10 = Oktober

Tabel 6. Rata-rata suhu, pH, DO dan salinitas air di Kecamatan Tempuran, Pantai Utara Karawang, Jawa Barat pada bulan Mei-Oktober 1985.

Deskripsi	Suhu (°C)					pH					DO (ppm)					Salinitas (‰)								
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10						
Sumber Jaya																								
Laut	31	27	30	30	32	30	7,6	7,3	7,5	7,9	7,7	7,5	5,0	6,4	4,9	6,2	5,2	4,3	34	17	31	32	36	36
Muara	30	26	30	30	30	29	7,6	7,7	7,5	7,6	7,9	7,4	4,9	6,9	5,0	6,0	5,7	4,3	30	0	22	30	34	5
Saluran	30	26	29	26	30	29	7,4	7,4	7,5	7,4	7,7	7,5	4,8	6,0	4,7	6,3	5,5	4,1	26	0	13	15	28	3
Tambak	30	31	30	29	29	29	7,7	7,5	7,5	7,4	7,6	7,4	4,9	7,5	5,2	6,0	5,7	4,2	28	14	29	34	27	49
Ciparage																								
Laut	30	30	30	29	31	28	7,3	7,6	7,5	7,6	7,5	7,3	4,8	5,8	5,5	6,5	5,1	4,3	32	31	31	31	35	32
Muara	30	30	29	29	30	28	7,4	7,5	7,4	7,6	7,6	7,5	5,0	5,7	5,9	6,0	5,0	4,2	30	20	18	20	33	25
Sungai																								
Tambak	31	31	30	31	31	30	7,8	7,9	7,7	7,6	7,9	7,8	5,1	5,4	5,3	5,3	5,1	4,2	30	33	31	36	28	33

Tabel 7. Kandungan NO₂, NO₃ dan NO₄ air di Kecamatan Tempuran, Pantai Utara Karawang, Jawa Barat pada bulan Mei-Oktober 1985.

Deskripsi	NO ₂ (mg/l)					NO ₃ (mg/l)					NO ₄ (mg/l)							
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10
Sumber Jaya																		
Laut	0,05	0,07	0,09	0,13	0,07	0,03	0,27	2,26	2,43	3,47	0,09	1,59	1,25	0,41	0,38	0,13	1,63	4,53
Muara	0,04	0,10	0,12	0,08	0,04	0,16	1,00	1,60	2,30	3,30	0,00	2,35	4,00	0,03	0,15	0,05	6,10	2,65
Saluran	0,11	0,15	0,11	0,17	0,15	0,19	0,80	3,62	2,55	5,03	0,08	2,67	0,67	0,30	0,20	0,22	0,53	2,37
Tambak	0,15	0,16	0,15	0,40	0,14	0,15	1,25	2,03	2,29	3,48	0,38	1,89	0,34	0,83	0,43	0,41	0,24	2,66
Ciparage																		
Laut	0,06	0,07	0,07	0,12	0,12	0,25	1,34	2,18	2,14	3,01	0,03	0,01	1,10	0,09	0,06	0,03	1,03	4,21
Muara	0,08	0,20	0,15	0,20	0,08	0,44	1,20	2,40	2,40	4,20	0,45	0,10	0,50	0,15	0,05	0,05	0,10	2,85
Sungai	0,09	0,15	0,11	0,19	0,07	0,39	2,60	2,95	3,63	6,60	0,20	0,15	0,78	0,15	0,15	0,13	0,17	2,93
Tambak	0,09	0,17	0,16	0,18	0,10	0,15	1,60	3,10	2,20	4,90	0,53	0,07	0,25	0,38	0,28	0,33	0,23	2,83

5 = Mei ; 6 = Juni; 7 = Juli; 8 = Agustus; 9 = September; 10 = Oktober

Tabel 8. Rata-rata suhu, pH, DO dan salinitas air di Kecamatan Cilamaya, Pantai Utara Karawang, Jawa Barat pada bulan Mei-Oktober 1985.

Deskripsi	Suhu (°C)					pH					DO (ppm)					Salinitas (‰)								
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10						
Muara Baru																								
Laut	29	32	29	26	30	29	7,5	7,4	7,4	7,4	7,8	7,3	4,9	4,8	5,0	5,4	5,1	4,1	27	31	31	28	30	
Muara	29	32	29	29	29	29	7,5	7,5	7,4	7,5	7,7	7,5	4,9	5,2	5,6	5,2	5,3	4,2	20	23	18	22	8	10
Sungai	29	31	28	27	31	29	7,7	7,7	7,7	7,8	7,8	7,6	4,9	4,0	5,6	6,1	5,3	4,3	4	6	5	5	4	0
Tambak	30	32	29	29	31	30	7,9	7,7	7,9	7,8	7,8	7,5	5,1	4,8	5,3	5,7	5,6	4,4	27	28	25	23	34	21

Tabel 9. Kandungan NO₂, NO₃ dan NO₄ air di Kecamatan Cilamaya, Pantai Utara Karawang, Jawa Barat pada bulan Mei-Oktober 1985.

Deskripsi	NO ₂ (mg/l)					NO ₃ (mg/l)					NO ₄ (mg/l)							
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10
Muara Baru																		
Laut	0,03	0,05	0,05	0,07	0,03	2,12	1,62	2,00	2,55	4,38	1,37	6,00	0,17	1,33	1,02	2,47	0,33	0,57
Muara	0,07	0,04	0,02	0,00	0,00	0,20	1,25	2,10	3,10	0,05	4,30	7,15	0,10	0,40	0,40	0,60	0,05	0,50
Sungai	0,09	0,05	0,06	0,03	0,04	0,85	1,58	3,33	3,33	5,58	2,83	6,30	0,28	0,13	0,13	0,00	0,18	1,33
Tambak	0,07	0,01	0,09	0,06	0,08	0,16	2,38	3,73	2,93	6,13	2,08	7,05	0,23	0,25	0,63	0,28	0,15	0,35

5 = Mei ; 6 = Juni; 7 = Juli; 8 = Agustus; 9 = September; 10 = Oktober

Tabel 10. Rata-rata suhu, pH, DO, dan salinitas air di Kecamatan Ciasem (Muara Tanjung Tiga) Pusakanegara, Pantai Utara Subang, Jawa Barat pada bulan Mei-Oktober 1985.

Deskripsi	Suhu (°C)					pH					DO (ppm)					Salinitas (‰)				
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10		
Muara																				
Laut	30	30	29	29	30	30	7,3	7,2	7,4	7,2	7,8	7,2	5,9	5,2	5,5	5,8	5,2	4,7	26	31
Muara	30	29	29	28	31	30	7,0	7,6	7,6	7,8	7,8	7,5	5,2	5,2	5,6	5,8	5,3	4,2	2	3
Sungai	28	28	29	28	28	30	7,4	7,6	7,8	7,7	7,9	7,5	5,9	5,7	6,0	5,9	5,7	4,1	1	1
Tambak	30	30	30	28	30	30	7,3	7,8	7,6	7,7	7,9	7,8	5,9	5,7	5,9	6,6	5,5	6,9	23	19
Tanjung Tiga																				
Laut	32	28	29	27	30	30	7,6	7,3	7,3	7,2	7,9	7,2	5,5	5,9	5,9	6,1	6,5	4,4	20	31
Saluran	31	29	29	27	29	29	8,0	7,1	7,3	7,1	8,0	7,3	6,3	5,9	5,6	6,4	5,8	4,4	13	28
Tambak	31	28	29	27	29	31	7,3	7,4	7,5	7,5	7,9	7,4	5,6	5,5	5,5	5,3	6,0	4,4	20	32
Petimban																				
Laut	29	29	29	29	29	28	7,6	7,5	7,6	7,6	7,9	7,6	5,0	5,8	4,5	6,0	4,5	5,7	32	31
Muara	30	29	29	28	29	28	7,7	7,5	7,7	7,6	7,9	7,5	4,6	5,7	4,6	6,1	4,5	5,6	21	15
Saluran	30	30	29	27	28	28	7,7	7,8	7,4	8,1	7,6	8,0	4,4	5,6	4,3	5,8	4,3	5,3	20	3
Sungai	29	29	28	27	28	28	7,4	7,4	7,5	7,4	7,6	7,4	4,9	5,6	4,5	5,8	4,4	5,3	18	5
Tambak	30	29	29	27	29	28	7,8	7,6	7,7	7,8	7,9	7,8	4,5	5,5	4,5	5,9	4,6	5,7	29	22

5 = Mei ; 6 = Juni; 7 = Juli; 8 = Agustus; 9 = September; 10 = Oktober

Tabel 11. Kandungan NO₂, NO₃ dan NO₄ air di Kecamatan Cilasem (Muara dan Tanjung Tiga) dan Kecamatan Pusakanegara (Petimban), Pantai Utara Karawang, Jawa Barat pada bulan Mei-Oktober 1985.

Deskripsi	NO ₂ (mg/l)					NO ₃ (mg/l)					NO ₄ (mg/l)							
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10
Muara																		
Laut	0,05	0,02	0,04	0,04	0,08	0,14	5,31	4,05	3,65	5,15	1,38	2,83	1,07	1,08	1,38	1,95	0,15	5,68
Muara	0,00	0,08	0,08	0,06	0,04	0,12	4,62	3,55	3,80	4,65	3,30	6,95	0,00	0,10	0,10	0,00	0,15	2,45
Sungai	0,00	0,04	0,09	0,04	0,06	0,24	4,92	2,95	3,75	4,95	2,05	6,75	0,35	0,45	0,36	0,35	0,03	2,73
Tambak	0,15	0,09	0,08	0,16	0,04	0,18	3,43	2,35	3,65	2,38	2,08	6,70	0,43	0,50	1,38	0,43	0,05	2,45
Tanjung Tiga																		
Laut	0,14	0,09	0,09	0,12	0,00	0,04	6,84	3,73	5,03	6,83	0,20	6,60	1,64	1,00	1,35	1,65	0,65	4,55
Saluran	0,43	0,18	0,19	0,36	0,08	0,12	4,65	3,80	4,10	4,55	5,65	3,45	0,43	0,30	0,45	0,45	0,55	2,40
Tambak	0,29	0,17	0,18	0,34	0,12	0,22	5,08	4,18	3,90	5,00	1,95	5,25	0,63	0,30	0,48	0,58	0,23	5,75
Petimban																		
Laut	0,01	0,05	0,04	0,09	0,04	0,04	0,05	1,76	0,05	3,67	0,08	2,00	1,50	1,35	2,70	2,17	1,76	1,17
Muara	0,07	0,06	0,05	0,10	0,08	0,09	1,70	2,10	2,00	3,93	2,30	2,30	3,10	0,60	2,70	0,68	2,40	0,40
Saluran	0,07	0,13	0,06	0,68	0,06	0,16	1,23	3,65	3,65	7,76	2,18	4,65	1,88	0,55	2,45	0,83	2,35	0,00
Sungai	0,05	0,09	0,03	0,12	0,09	0,25	1,63	4,38	1,85	5,88	2,32	4,79	1,75	0,55	2,75	0,50	2,61	0,10
Tambak	0,05	0,07	0,08	0,24	0,08	0,16	1,72	3,00	2,12	5,47	3,08	3,97	1,77	0,57	2,43	1,15	2,48	1,17

5 = Mei ; 6 = Juni; 7 = Juli; 8 = Agustus; 9 = September; 10 = Oktober

Tambak tradisional telah ada di Tanjung Bungin, Tambak Sumur, Sedari, Cemara Jaya, Sungai Buntu, Sumber Jaya, Ciparage, Muara Baru, Muara Ciasem, Tanjung Tiga, dan Petimban, walaupun masih belum ekstensif dan umumnya belum dikelola secara intensif. Berlanjutnya usaha tambak menandakan kualitas air tambak cukup baik dan menunjang keberhasilan usaha tambak. Kualitas air tambak dapat dijadikan pembandingan terhadap kualitas air laut dan muara, khususnya kualitas air limbah sawah di saluran-saluran. Tampak dalam Tabel 2, 4, 6 (kecuali Pusaka Jaya Utara), 8 dan 10, bahwa suhu air, pH, kandungan oksigen, salinitas, NO_2 , NO_3 dan NO_4 dari air laut, muara, dan air limbah di saluran tidak banyak berbeda dengan apa yang dianalisis dalam air tambak. Jadi, kualitas sumber daya air di pantai utara Karawang dan Subang cukup baik untuk pertambakan.

Salinitas air laut paling tinggi; umumnya berada di atas $30^{\circ}/_{00}$, kecuali pada bulan-bulan tertentu di beberapa lokasi: Sedari, Juni, $8^{\circ}/_{00}$; Sungai Buntu, Agustus, $20^{\circ}/_{00}$; Pusaka Jaya Utara, September-Oktober, 27, $29^{\circ}/_{00}$; Sumber Jaya, Juni-Oktober, 9, 10, 11, 24, $27^{\circ}/_{00}$; Muara Baru, September, 20, $29^{\circ}/_{00}$; Muara Ciasem, Mei, Agustus, Oktober, 16, 26, 27, $29^{\circ}/_{00}$; Tanjung Tiga, Mei, Agustus, 20, $27^{\circ}/_{00}$; Petimban, Agustus, $26^{\circ}/_{00}$. Dari hasil analisis juga tampak bahwa tidak ada hubungan yang jelas antara salinitas air laut dengan bulan pengamatan.

Salinitas air sungai adalah yang paling rendah; sedangkan salinitas air muara dan air di saluran-saluran tidak berbeda dengan salinitas air tambak. Dengan kata lain, saluran-saluran berfungsi sebagai pencampur air laut dan air sungai, dan campuran ini menghasilkan salinitas yang cocok buat pertambakan. Kriteria kualitas air di saluran sesuai dengan kriteria kualitas air buat pertambakan udang windu (pH 7-8.5; Salinitas $5\text{-}30^{\circ}/_{00}$), kecuali suhu yang berada di atas suhu optimum ($25\text{-}28^{\circ}\text{C}$).

Sejauh ini ada dua pendapat tentang cara pengisian air ke tambak. Satu pihak menghendaki pembangunan saluran tersendiri yang dilengkapi bak pencampur air laut dan air tawar sebelum air dimasukkan ke dalam tambak. Cara demikian mungkin dapat diterapkan dalam usaha pertambakan intensif, tetapi memerlukan investasi lebih besar. Cara alami yang dievaluasi dalam penelitian ini cocok untuk usaha pertambakan tradisional. Hasil tambak memang tidak maksimal dengan cara tradisional tetapi terjangkau oleh kemampuan modal petani.

Relevansi dengan Kondisi Sekarang

Landasan teknik dan landasan politik digunakan dalam pembahasan tentang relevansi hasil penelitian analisis kualitas air di pantai utara wilayah pengairan Jatiluhur pada MT 1985 dengan kondisi sekarang. Landasan politik menyangkut masyarakat internasional dan masuk ke dalam agenda pembangunan berkelanjutan.

Landasan teknik

Walaupun PHT telah disosialisasikan di Indonesia pada tahun 1979, kalangan penentu kebijakan, penyuluh, dan petani masih memandang PHT sebagai wacana. Masyarakat petani, khususnya petani padi, saat itu telah terbiasa menggunakan insektisida secara rutin, ada atau tidak ada gejala serangan hama. Kelompok-kelompok penyemprot insektisida dibentuk di mana-mana, bahkan di beberapa sentra produksi padi penyemprotan dilakukan dengan pesawat terbang.

PHT mulai dilaksanakan setelah 57 jenis insektisida dilarang digunakan untuk padi sawah pada tahun 1987. Sejak PHT dicanangkan dan diimplementasikan, konsumsi insektisida menurun drastis, dan serangan hama relatif dapat ditekan. Sekolah Lapang PHT (SLPHT) sangat efektif dalam diseminasi penerapan strategi PHT. Jadi, hasil penelitian ini masih relevan untuk diacu sebagai pembandingan dengan kondisi saat ini, berdasarkan argumen:

- pada saat penelitian ini diselenggarakan, 57 jenis insektisida masih belum ditarik dari peredaran, dan PHT belum diimplementasikan; karena harga insektisida disubsidi, maka harga insektisida murah dan insektisida digunakan secara berlebihan,
- pada kondisi sekarang, PHT telah diterapkan secara luas dan harga insektisida cukup mahal karena tidak disubsidi.

Dengan argumentasi di atas, konsentrasi residu insektisida di air sawah saat ini dapat dipastikan jauh lebih rendah dari konsentrasi residu insektisida saat penelitian (MK 1985). Konsentrasi nitrit dan nitrat akan lebih tinggi, karena makin tingginya penggunaan pupuk urea, sebagai kompensasi dari menurunnya penggunaan pupuk fosfat (Kasryno 2006). Namun demikian konsentrasi nitrit dan nitrat masih rendah (di bawah konsentrasi kritis). Artinya nitrit dan nitrat dalam air sawah tidak membahayakan.

Landasan politik

Penurunan kesehatan tanah dan kualitas air pada sistem produksi berbasis padi, karena intensifikasi terus-menerus dengan teknologi Revolusi Hijau menjadi isu utama global. Maka, rehabilitasi lingkungan menjadi prioritas (FAO, 1996; Rai, 2006). PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa) dalam *goal 7* dari *the Millenium Development Goals* (UN, 2004), menetapkan *target 10* yaitu sampai akhir tahun 2025 separuh penduduk dunia mempunyai akses ke air minum dan sanitasi dasar yang bersih dan aman.

Status kualitas air dipelajari dan kesimpulan dari evaluasi tersebut (UN 2004), adalah bahwa baik kualitas maupun kuantitas sumber air utama telah mengalami deteriorasi, karena:

- faktor yang mempengaruhi kualitas sumber air adalah pertumbuhan industri di perkotaan, polusi dari rumah tangga, pertambangan, limbah industri dan pestisida (sebagai limbah dari pertanian),
- degradasi lingkungan berpengaruh negatif terhadap kuantitas dan kualitas sumber air,
- desentralisasi memperparah pencemaran sumber daya air.

Desentralisasi berpengaruh negatif terhadap pengelolaan daerah aliran sungai (DAS). Kalau pemerintah daerah memfasilitasi tanaman hortikultura (sayuran) yang bernilai ekonomi tinggi, agar pendapatan asli daerah (PAD) naik, tanpa perhatian serius terhadap kaidah-kaidah konservasi, erosi akan semakin parah. Aliran air permukaan bersama butiran-butiran tanah akan menyangkut residu insektisida, nitrit dan nitrat ke perairan di DAS hilir yang menjadi sumber kehidupan dan penghidupan masyarakat di DAS hilir. Pencemaran air dari DAS hulu dan tengah lebih mengkhawatirkan dari pencemaran yang disebabkan oleh intensifikasi padi sawah di DAS hilir. Penelitian ini membuktikan hal tersebut.

Ditingkatkannya status instalasi Kebun Percobaan Jakenan (Pati, Jawa Tengah) menjadi Loka Penelitian Lingkungan Pertanian, kemudian menjadi Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, merupakan langkah yang strategis untuk mengantisipasi isu-isu internasional tersebut.

Kesimpulan

Sumber daya air di pantai utara wilayah pengairan Jatiluhur sampai tahun 1987 berkualitas cukup baik dan dapat dipakai untuk usaha pertambakan, khususnya pertambakan udang windu.

Residu insektisida sangat rendah, bahkan residu insektisida dari golongan organofosfat tidak terdeteksi dengan alat khromatografi gas yang sensitivitas minimum analisisnya adalah 0,5 nanogram atau 0,5 ppb (*part per billion*). Residu insektisida dari golongan carbamat juga sangat rendah. Insektisida golongan carbamat cepat sekali terurai sehingga menjadi senyawa-senyawa sederhana yang tidak membahayakan.

Derajat kemasam (pH) air, kandungan oksigen, NO_2 , NO_3 , dan NO_4 dari air laut, air di muara, sungai, dan saluran-saluran tidak berbeda dengan apa yang diamati di tambak-tambak tradisional yang telah ada. Jadi, sumber daya air tersebut cocok dipakai dalam pertambakan, khususnya pertambakan udang windu.

Suhu air umumnya berada di atas suhu optimum bagi pertambakan udang windu. Maka disarankan agar menanam pohon-pohon pelindung di sepanjang galengan tambak udang windu untuk mengurangi suhu air.

Jika konsentrasi residu insektisida akan dipantau terus disarankan agar contoh air dimasukkan ke dalam botol gelas dan botol disimpan di dalam *ice box* dalam pengangkutannya ke laboratorium.

Pustaka

- Fagi, A.M., I. Syamsiah, D. Setyobudi, I Yuliardi, A. Ruhwahyudin dan S. Tarniti. 1987. Hasil-Hasil Penelitian Optimalisasi Air untuk Irigasi, dan Kualitas Air untuk Irigasi Pantai/Pertambakan. Laporan Kerja sama Penelitian antara Perum Otorita Jatiluhur (Direktorat Pengairan dengan Program Penelitian Tataguna Air (Badan Litbang Pertanian). 164 hal. (tidak dicetak).
- Fagi, A.M., I. Las, dan M. Syam. 2002. Penelitian Padi: Menjawab Tantangan Ketahanan Pangan Nasional. Balai Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi. 29 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1996. Synthesis of the Technical Background Documents. The World Food Summit, Rome (Italy), 13-17 November 1996.
- Kasryno, F. 2006. Pemberdayaan Petani dan Kearifan Lokal pada Sistem Budi Daya Pertanian Ekologis Berbasis Padi. Prosiding Seminar Membalik Arus, Menuai Revitalisasi Pedesaan YAPADI ~ Yayasan Padi Indonesia (*in press*).
- Rai, M. 2006. Rice Culture in Agriculture: An Indian Perspective. Paper presented at the International Rice Congress, 9-13 October, 2006, New Delhi, India.
- UN (United Nation). 2004. Indonesia Progress Report on the Millenium Development Goals. United Nation, New York.