

KEBUTUHAN RISET PENGELOLAAN SUMBERDAYA AIR (SDA) DI MASA DEPAN : SEBUAH GAGASAN AWAL¹

Need For The Next Research on Water Resources Management: A Rough Idea

Sigit Supadmo Arif¹⁾

ABSTRACT

During some later years, several calamities had occurred several times in the country. Landslides and floods come during wet season and in the opposite drought happened in dry season. Just wet season end, drought comes and threat all activities of human life in most region in the country. In some places all of these conditions change very quickly. Mostly, all those occurred due to inappropriate management of water resources. This paper aims at discussing some prospects of water resources research in the future.

One knows that the existence of water resources in the earth is a complex system and satisfies some certain natural laws to form an natural equilibrium, so, it more easily if management of water resources research is approached by applying system analysis. The paper also discussed application of new paradigm as well as several new research methods in social, economical and engineering aspects in water resources management.

Key words: *water resources, system analysis, new paradigm, and new method*

PENDAHULUAN

Setiap memasuki pergantian musim baik dari musim kemarau ke musim hujan atau sebaliknya, dari musim hujan ke musim kemarau, maka banyak sekali berita tentang bencana alam yang berkaitan dengan sumberdaya air. Banjir, tanah longsor, angin puyuh, kekeringan terjadi silih berganti. Bahkan kejadian ekstrim, banjir dan kekeringan dapat terjadi secara bersamaan di dalam suatu provinsi (Arif, 2003, 2004).

Bencana alam baik tanah longsor, banjir, kekeringan merupakan tanda-tanda alam bagi manusia bahwa sebetulnya unsur-unsur alam bergerak mengikuti kaidah-kaidah tertentu yang membentuk suatu tata keseimbangan alami. Apabila kaidah-kaidah tersebut terusik maka keseimbangan yang telah tersusun menjadi rapuh. Suatu eksplorasi dan eksploitasi unsur-unsur alami secara berlebihan akan menyebabkan keseimbangan tersebut terusik dan membutuhkan waktu lama untuk membentuk keseimbangan baru atau bahkan mungkin tidak akan pernah terjadi suatu keseimbangan baru lagi oleh karena begitu cepatnya perubahan-perubahan yang terus menerus terjadi.

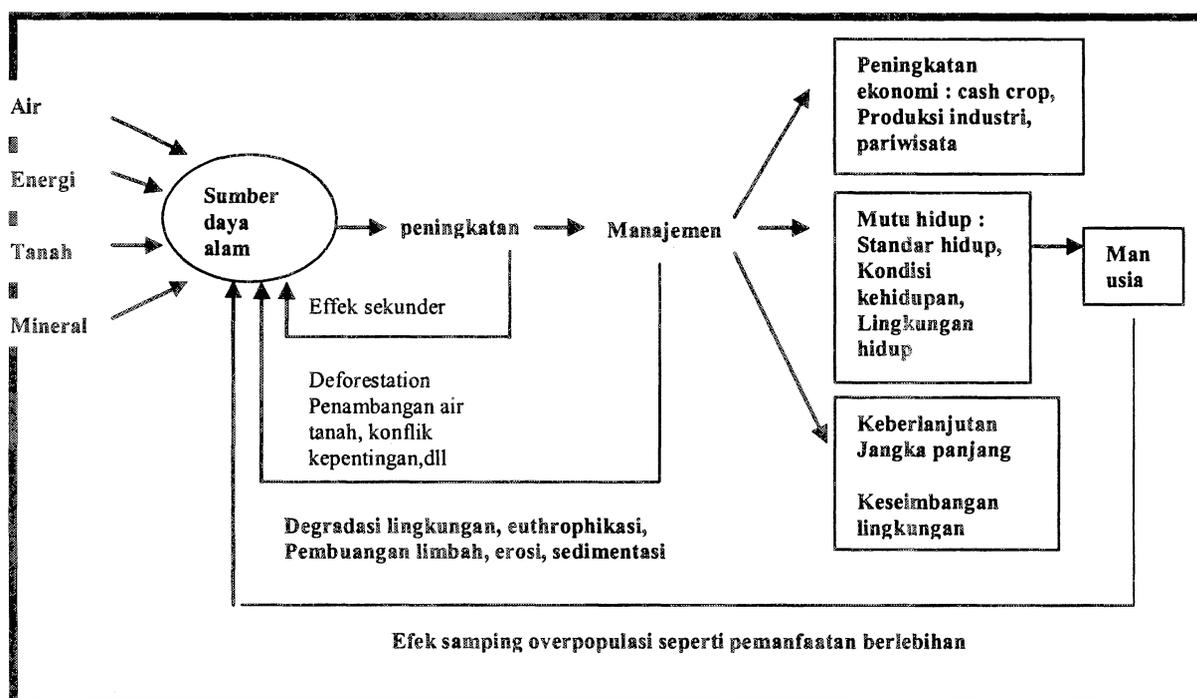
Mensikapi permasalahan-permasalahan tersebut, maka akan timbul dua pertanyaan yang sangat gayut dari kalangan peneliti terutama yang berasal dari universitas, yaitu : pertama, apakah para pengambil kebijakan dan keputusan mampu untuk

dapat mengambil keputusan tentang pembangunan dan pengelolaan SDA secara jitu dan memuaskan semua pihak terkait, dan pertanyaan kedua adalah apakah peran dan sumbangan universitas serta lembaga riset lainnya sebagai satu bagian masyarakat yang bersifat netral untuk dapat menyelesaikan masalah yang sangat kompleks ini? Makalah ini mencoba untuk memberikan suatu bahan renungan dan pengantar diskusi bagi para pelaku riset tentang kebutuhan riset di bidang sumberdaya air di Indonesia masa depan sehingga para periset di universitas dan lembaga-lembaga riset dapat berperan aktif untuk mewujudkan suatu keadaan sumberdaya air berkelanjutan di Indonesia.

PERMASALAHAN YANG KOMPLEKS

Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia menggunakan sumberdaya alam dalam bentuk air, tanah, mineral, energi, kayu-kayuan dan serat. Di antara sumber-sumber daya alam tersebut sumberdaya air merupakan sesuatu yang sangat kompleks dan sangat berperan dalam pengembangan gatra sosial-ekonomi. Kompleksitas tersebut digambarkan dalam Gambar 1 (Falkenmark et al., 1987).

¹⁾ Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Sosio Yustisia, Yogyakarta 55281.



Gambar 1 Kompleksitas air sebagai sumberdaya alam dalam pengembangan sosial-ekonomi manusia (Falkenmark et al,1987)

Gambar 1 menerangkan bahwa terdapat tiga perspektif kerumitan air sebagai sumberdaya yang dipakai dalam pengembangan aspek sosial-ekonomi oleh manusia, yaitu : (i) air selalu berperan dalam setiap tindakan pengembangan sosial, misalnya sebagai salah satu unsur penentu dalam produktifitas tanah, proses industri, merupakan sumber energi, peningkatan mutu kesehatan dan lain-lain; (ii) air selalu berperan dalam sektor-sektor kehidupan sosial baik sebagai sumberdaya dibutuhkan maupun sebagai unsur pengganggu; dan (iii) karakteristik keberadaan air dapat menimbulkan efek samping yang negatif pada kehidupan manusia, misalnya sebagai zat alir, erosititas maupun sifat-sifat khemisnya yang dapat berbentuk dan berperan sebagai polutan.

Seperti dijelaskan dalam Gambar 1, maka bahasan tentang permasalahan sumberdaya air dapat ditinjau dari beberapa sudut. Salah satu sudut pandang adalah dari keberadaan air itu sendiri di bumi. Dalam suatu sistem masyarakat keberadaan air ini menjadi sesuatu yang mendasar dan rumit (*complex*).

Secara umum sekitar satu dasawarsa sebelumnya, Falkenmark et al (1987) telah meramalkan persoalan mendasar keberadaan air di seluruh dunia pada abad ke 21 ini adalah : (i) adanya kenaikan kebutuhan air karena meningkatnya arus urbanisasi, industrialisasi, peningkatan luas layanan dan perbaikan sistem irigasi, kenaikan jumlah penduduk serta kenaikan standar hidup masyarakat; (ii) pelaksanaan manajemen sumberdaya air yang kurang sepadan akibat beberapa kepentingan yang menunculkan; dan (iii) adanya bias

klimatik secara global yang sangat berpengaruh terhadap keadaan hidrologis suatu wilayah.

Tiga permasalahan dasar tersebut kemudian memicu munculnya banyak sekali masalah-masalah ikutan yaitu : (i) peningkatan jumlah aliran polutan baik ke aquifer maupun tubuh air permukaan; (ii) penggundulan hutan (*deforestation*), (iii) penambangan air tanah, (iv) degradasi lingkungan, (v) kenaikan erosi dan sedimentasi serta (vi) masalah-masalah sosial berupa konflik horisontal antar pemakai, maupun secara vertikal antar pemakai dengan pihak pengatur manajemen. Peningkatan jumlah polutan diakibatkan oleh adanya peningkatan industrialisasi, urbanisasi dan kenaikan jumlah penduduk. Industrilisasi terutama terjadi di kota-kota besar Sedangkan di perdesaan peningkatan polutan diakibatkan oleh adanya perlakuan biologis dalam bidang pertanian, penggunaan pupuk anorganik dan obat-obatan kimikawi. Prediksi Falkenmark et al (1987) ini telah menjadi kenyataan di Indonesia terutama di Jawa.

Pengaruh global terhadap karakteristik klimatik seperti adanya fenomena El-Nino dan La Nina juga sangat mempengaruhi karakteristik wilayah baik secara global maupun regional. Salah satu di antaranya adalah pengaruh terhadap ketersediaan pangan yang mengakibatkan menurunnya produksi pangan. Tabel 1 memberikan data tentang pengaruh penyimpanan klimat El-Nino terhadap kerusakan areal tanaman padi selama dekade 90'an.

Permasalahan yang kompleks ini menjadi lebih kompleks

Tabel 1 Pengaruh penyimpangan klimat El-Nino terhadap kerusakan areal padi

Tahun terjadinya El-Nino	Luas lahan terpengaruh (ha)	Luas lahan puso (ha)
1991	867.997	192.347
1994	544.422	161.144
1997	504.021	88.467

Sumber : Suprpto, 2003

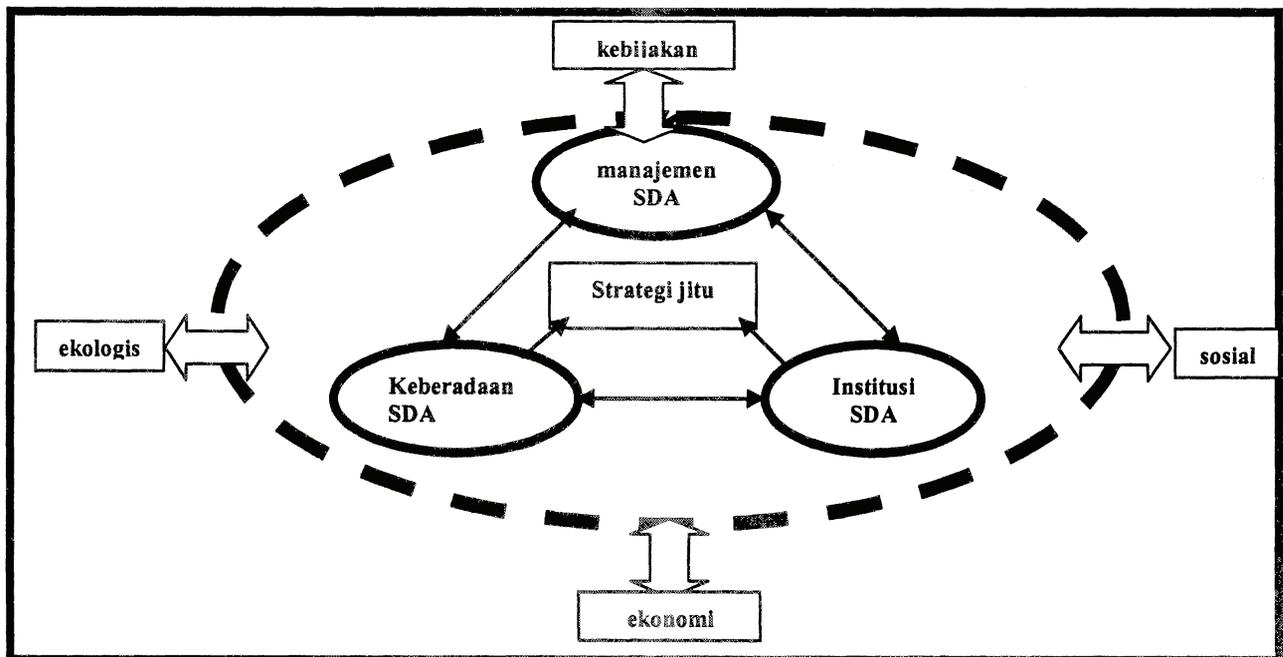
apabila aturan perundangan yang diharapkan dapat mengatur manajemen sumberdaya alam termasuk sumberdaya air belum dapat diimplementasikan secara sepadan. Di satu pihak, masalah yang sangat kompleks tersebut membutuhkan suatu pemecahan masalah yang bersifat segera dan sangat komprehensif. Pengambilan keputusan tersebut haruslah dapat diambil secara jitu.

ANALISIS SISTEM UNTUK PEMECAHAN MASALAH

Pengambilan keputusan jitu dapat dilakukan secara sepadan apabila pihak pengambil keputusan dapat mengetahui secara jitu permasalahan yang terjadi, dan semuanya itu dapat dilakukan mudah apabila dilakukan suatu analisis dengan memakai hampiran sistem. Analisis sistem dalam SDA dapat dilakukan melalui tiga tahapan penting, yaitu : (i) identifikasi

sistem, (ii) prediksi karakteristik sistem, dan (iii) manajemen sistem untuk mencapai objektif sistem (Falkenmark, 1987). Identifikasi sistem dapat dilakukan dengan cara mengenali komponen-komponen sistem.

Dari Gambar 1 dapat dimengerti bahwa permasalahan dalam sistem sumberdaya air dapat dipilahkan menjadi tiga komponen atau subsistem, yaitu : (i) keberadaan sumberdaya air dalam satu wilayah, (ii) manajemen sumberdaya, dan (iii) keberadaan institusi (termasuk organisasi dan peraturan perundangan). Dalam operasinya maka sistem sumberdaya air tersebut akan selalu dalam keadaan berkesetimbangan dengan lingkungannya, yaitu lingkungan kebijakan, sosial ekonomi dan ekologisnya. Kesetimbangan sistem sumberdaya air untuk pengambilan keputusan dan penetapan strategi jitu pemecahan masalah tersebut digambarkan dalam Gambar 2.



Gambar 2 . Sistem pengelolaan sumberdaya air dan lingkungan strategisnya.

Identifikasi sistem dapat dilakukan dengan mengenali lebih lanjut komponen-komponen pendukung subsistem beserta hubungannya. Sebagai contoh subsistem keberadaan SDA mempunyai komponen-komponen : (i) sumber air, (ii) tataguna lahan, (iii) aliran sungai, (iv) vegetasi, (v) jenis tanah, (vi) topografi, (vii) pemanfaatan, dan (viii) komponen-komponen lain. Hal serupa juga dapat dilakukan untuk subsistem manajemen SDA yang mempunyai komponen-komponen : (i) pemanfaatan SDA, (ii) teknologi, (iii) pendanaan, dan (iv) sumberdaya manusia. Proses identifikasi selanjutnya dapat dilakukan pada setiap subsistem institusi SDA. Langkah ke dua dan ketiga dilakukan dengan cara memprediksi karakteristik masing-masing komponen serta menentukan hubungan antar komponen serta proses terjadinya hubungan dan peran masing-masing komponen dalam proses operasi.

PARADIGMA BARU DALAM PENGEMBANGAN SUMBERDAYAAIR

Banyak takrif tentang paradigma, dan itu semua disesuaikan dengan kepentingan masing-masing. Suriasumantri (1994) mentakrifkan bahwa paradigma dapat diartikan sebagai : *konsep dasar yang dianut oleh suatu masyarakat ilmu, bukan merupakan ilmu melainkan sarana berpikir secara ilmiah*. Takrif ini sesuai dengan pendapat Marilyn Ferguson dalam bukunya *The Aquarian Conspiracy* yang menyatakan bahwa *paradigma adalah kerangka kerja dari pikiran ... skema untuk memahami dan menjelaskan aspek tertentu dalam kehidupan ini* (Barker, 1999).

Munculnya suatu paradigma atau konsep dasar baru dalam pembangunan dimulai sebagai luaran (*output*) berupa hasil penalaran intelektual terhadap suatu fenomena empiris yang muncul karena adanya ketidak serasian hasil dalam pelaksanaan pembangunan yang dilakukan dengan memakai paradigma lama. Pertanyaannya adalah fenomena empiris apakah yang muncul sehingga diinginkan adanya paradigma baru ?

Fenomena pertama adalah munculnya reformasi sosial-politik yang dimulai pada tahun 1998. Gerakan reformasi ini merupakan tanggapan terhadap kegagalan hampiran pembangunan yang dilakukan selama pemerintahan orde baru. Seperti telah diketahui bersama bahwa gerakan reformasi tersebut mengagendakan tiga hal pokok, yaitu : (i) pengakuan terhadap hak azasi manusia, (ii) penegakan supremasi hukum, dan (iii) dilakukannya konsep desentralisasi dan otonomi sebagai suatu proses devolusi pemerintahan.

Fenomena kedua adalah keinginan masyarakat dunia untuk mempunyai lingkungan berkelanjutan dan kemudian diwujudkan dalam kesepakatan-kesepakatan internasional. Dua fenomena yang muncul secara bersamaan ini tidak dapat lepas dari munculnya fenomena ketiga yaitu adanya proses globalisasi. Proses globalisasi ini tidak dapat dihentikan bahkan

berlangsung lebih cepat dengan dipicu kemajuan teknologi informasi dan elektronika. Proses ini memberikan pengaruh sangat besar dalam kehidupan masyarakat dunia baik positif maupun negatif. Proses ini juga menghasilkan sejumlah paradoksial (Gibson, 1997; Pusposutardjo dan Arif, 1999; von Weizsacker, 2002; Stiglitz, 2002) Salah satu pengaruh negatif adalah bahwa jurang antara orang miskin dan kaya semakin lebar. Demikian pula proses globalisasi ini menghasilkan orang-orang yang menang dan yang kalah. Orang yang kalah kebanyakan adalah kaum miskin di belahan dunia ketiga (von Weizsacker, 2002; Stiglitz, 2002)

Sesuai dengan munculnya fenomena-fenomena baru tersebut maka telah memicu terjadinya paradigma baru dalam pelaksanaan pembangunan yang juga berlangsung secara global dan untuk pengelolaan sumberdaya air paradigma baru tersebut dicirikan dengan karakteristik sebagai berikut : dilakukan dengan hampiran holistik, mengacu pada kemanusiaan, demokratisasi dan partisipatif, menghormati teknologi dan pengetahuan lokal, serta harus dilakukan untuk menuju suatu kehidupan berkelanjutan (Biswas dan El-Habr, 1993; IWRA, 2000).

Kekhawatiran masyarakat dunia terhadap pembangunan tak berkelanjutan diwujudkan dengan melakukan beberapa perjanjian-perjanjian internasional. Untuk pengelolaan sumberdaya air maka beberapa perjanjian yang gayut untuk dilaksanakan adalah konvensi Dublin 1992, Fresh Water Conference di Bonn tahun 2001, Rio de Janeiro 1992, World Water Forum di Den Haag tahun 2000 dan Kyoto tahun 2003, serta yang terakhir adalah Earth Summit di Johannesburg tahun 2004.

Dalam konvensi Dublin 1992 itu terdapat empat prinsip yang sangat terkenal untuk dipahami bersama, yaitu bahwa air merupakan suatu sumberdaya yang rawan dan penting untuk keberlanjutan demi keberlangsungan hidup manusia, membutuhkan partisipasi masyarakat luas termasuk kaum perempuan dalam pengelolaannya serta air merupakan kimah ekonomi (*economic good*). Karena khawatir bahwa apabila air hanya dinyatakan sebagai kimah ekonomi akan memarjinalkan kaum miskin maka dalam Agenda 21 air diartikan sebagai kimah ekonomi yang mempunyai fungsi sosial, sehingga prinsip Dublin menjadi lebih terkenal dengan kesepakatan Dublin-Rio, 1992 (GWP, 2000; Solanes dan Gonzales-Villarreal, 1999).

Salah satu keputusan yang muncul dalam konvensi-konvensi internasional tersebut adalah keinginan masyarakat internasional untuk melakukan suatu upaya pengelolaan sumberdaya air secara terpadu atau lebih dikenal dengan konsep *Integrated Water Resources Management* (IWRM). Keputusan ini diambil agar dapat mewujudkan keinginan masyarakat dunia terhadap adanya *efektif water governance* yang menekankan pada tercapainya pelaksanaan *good governance* dalam wawasan global (GWP, 2000).

Oleh sebab itu tiga tuntutan reformasi yang saat ini terus menerus dilakukan juga mengacu pada perubahan paradigma

baru tentang pelaksanaan pembangunan. Dengan demikian gerakan reformasi juga akan memberikan suatu kesempatan kepada masyarakat untuk melakukan proses demokratisasi dan pelaksanaan partisipasi masyarakat dalam pelaksanaan pembangunan. Proses ini akan membawa masyarakat untuk melaksanakan penyelenggaraan negara serta kehidupan bermasyarakat yang bersifat sebagai *good governance*.

Adanya tuntutan pelaksanaan demokratisasi dan partisipasi dalam pelaksanaan *good governance* akan memberikan makna bahwa suatu proses *good governance* juga akan mempunyai ciri tentang adanya prinsip-prinsip polisentrisme (*polycentricity*) yang didefinisikan sebagai : *a pattern of organization where many independent elements are capable of mutual adjustment for ordering their relationships with one another within a general system of rules* (Ostrom, 1999). Prinsip polisentrisme ini merupakan suatu prinsip yang harus dipakai dalam pengelolaan SDA sebagai suatu *common pool resources* (CPR). Prinsip polisentrisme ini merupakan suatu kenyataan bahwa sebetulnya masyarakat itu terdiri atas beberapa *center* atau arena yang saling bertumpang tindih, bertanggung jawab dan mandiri.

Dengan konsep polisentrisme ini maka konsep penyelenggaraan negara di bidang SDA sebagai suatu sistem *governance* juga akan bergeser. Sistem pemerintahan tidak lagi memakai konsep monosentrisme dan pemerintah bukan lagi bertindak sebagai *single authority* tetapi sebagian perannya sudah dialihkan kepada masyarakat.

Dari uraian di atas maka terdapat tiga kata kunci yang harus diperhatikan dalam pengembangan sumberdaya air, yaitu polisentrisme, pengelolaan sumberdaya air terpadu (*integrated water resources management, IWRM*), dan *good governance*. Selanjutnya tiga kata kunci tersebut harus merupakan acuan dalam pengelolaan sumberdaya air di Indonesia. Undang-undang no 7/2004 tentang Sumberdaya air sangat mengapresiasi pelaksanaan *good water governances* seperti telah disebutkan dalam Pasal 2.

PELAKSANAAN RISET DI BIDANG SUMBERDAYA AIR DENGAN PARADIGMA BARU

Mengingat UU tentang Sumberdaya Air (UU no 7/2004) tersebut baru saja dilahirkan dan sangat tidaklah mudah untuk dapat melakukan pengelolaan SDA berdasarkan pasal 2 UU no 7/2004 tersebut. Hal ini disebabkan oleh karena dua hal, yaitu : (i) dijumpainya banyak sekali permasalahan-permasalahan dalam bidang sumberdaya air beserta akibat-akibat kegagalan pembangunan masa lampau. Persoalan-persoalan tersebut dalam banyak hal terus berubah dan berkembang serta berlangsung sangat cepat dan kompleks (FTP-UGM, 2006a), dan (ii) adanya kebutuhan untuk melakukan percepatan kesetimbangan sistem agar dapat memulai suatu pengelolaan

sumberdaya air dengan memakai paradigma baru. Selain kedua hal tersebut di atas, penentuan kebutuhan riset juga dapat ditelusuri dengan memakai acuan empat prinsip kesepakatan Dublin-Rio tahun 1992 sebagai dasar pemakaian IWRM yang telah disepakati masyarakat global. Apakah keempat azas pengelolaan yang dinyatakan dalam kesepakatan Dublin-Rio itu telah sesuai dengan kondisi kita dan bagaimana kebijakan pemerintah untuk mensikapi dan mengimplementasikannya ?

Atas dasar acuan-acuan tersebut dan kebidangan telaaahnya maka kebutuhan riset dapat dipilah menjadi dua kelompok besar riset, yaitu kelompok riset dengan telaaah kerakyasan dan teknologi, serta telaaah riset sosial budaya-ekonomi termasuk manajemen.

Telaah kerakyasan dan teknologi

Dalam beberapa kasus telaaah kerakyasan dibedakan dengan telaaah teknologi (Gie, 1984). Dalam kasus manajemen sumberdaya air riset kerakyasan dan teknologi akan berhubungan dengan permasalahan fisik, ekologi, dan kerakyasan keberadaan sumberdaya air. Telaah ini akan berkaitan dengan prinsip pertama Dublin-Rio 1992 yang mengatakan bahwa air adalah sumberdaya yang terbatas (*finite*) dan rentan (*vulnerable*) keberadaannya. Prinsip ini menekankan pada kebutuhan terhadap teknologi manajemen sumberdaya air terpadu dengan tujuan akhir keberlanjutan dalam pemanfaatan dan pengembangan sumberdaya. Makna kata terpadu di sini adalah dengan menekankan pelaksanaan pengembangan sumberdaya yang komprehensif dan memadukan secara teknikal manajemen sumberdaya air permukaan dan air bawah permukaan, keterpaduan air dan lahan, kualitas dan kuantitas air serta bentuk-bentuk keterpaduan antar faktor lainnya. Prinsip ini juga menekankan terhadap pemanfaatan kerakyasan dan teknologi yang berkaitan dengan ke tiga prinsip lainnya, yaitu kerakyasan dan teknologi yang partisipatif, ekonomis, serta akrab dengan peran kaum perempuan.

Teknologi pemanenan dan pengalihan air yang efisien dan efektif, teknologi hemat air dalam irigasi serta teknologi pengolahan limbah yang murah perlu dikembangkan secara seksama. Satu teknologi masa depan yang akan mempengaruhi manajemen sumberdaya air adalah bioteknologi. Melalui pemuliaan tanaman dilakukan tanaman pertanian yang membutuhkan air sedikit dan toleran terhadap kekeringan. Di beberapa tempat telah mulai dikembangkan bioteknologi dalam irigasi dan keterkaitannya dengan pemanfaatan air bawah permukaan, penggunaan biodrainase dan beberapa produk lainnya (Arabiyat et al, 1999; IWRA, 2000). Sampai saat ini yang belum banyak diketahui efek dan dampaknya terhadap lingkungan yaitu penggunaan bio-diesel serta pertanian organik. Penggunaan bio-diesel di satu sisi akan menjadikan suatu alternatif dalam pemanfaatan energi tetapi di sisi lain

akan menjadikan konversi lahan secara besar-besaran untuk perkebunan tanaman kelapa sawit serta tanaman lain. Perubahan iklim mikro dan kerusakan *bio-diversity* suatu wilayah perlu dipertimbangkan secara seksama. Dalam pertanian organik mungkin perlu dikaji secara mendalam fungsi air sebagai zat alir dan air sebagai satu faktor kehidupan sehingga dapat menghantarkan dan membiakkan jamur dan mikroorganisme lain yang tak terpakai dan merugikan ke wilayah lain.

Telaah kerekayasaan ini juga berkaitan dengan peran pemerintah dalam manajemen sumberdaya air, termasuk peran negara sebagai pengembal amanat konstitusi, agar air dapat dimanfaatkan bagi sebesar-besarnya kemakmuran rakyat. Salah satu bentuk teknologi dan kerekayasaan yang dapat dikembangkan adalah teknologi informasi sumberdaya air. Teknologi informasi manajemen sumberdaya ini merupakan satu bentuk teknologi yang berkembang dan sangat dibutuhkan saat ini. Pengembangan teknologi ini ditopang dengan kemajuan yang sangat pesat di bidang elektronika, teknologi digital, komputer dan multi media.

Telaah sosial-ekonomi dan manajemen

Telaah sosial ekonomi dan manajemen sumberdaya saat ini dilakukan dengan mengacu pada kebijakan kedua, ketiga dan keempat kesepakatan Dublin 1992. Telaah ini akan berkenaan dengan aspek manajemen, pendanaan, pemberdayaan manusia sebagai pelaku manajemen, hak air (*water right*) yang berkeadilan, pengembangan institusi sumberdaya air dalam kerangka desentralisasi dan otonomi, serta bentuk-bentuk telaah riset sosial-ekonomi lainnya. Sejalan dengan menurunnya ketersediaan air untuk manusia, masalah hak air ini di kemudian hari akan menjadi suatu masalah yang serius dan akan menjadi suatu kebutuhan riset yang sangat mendesak. Selain itu riset manajemen sumberdaya air berbasis kemanusiaan juga akan menjadi suatu kebutuhan karena penduduk miskin selalu dikalahkan dalam distribusi dan kompetisi antar sektor dan antar pengguna sumberdaya air yang semakin kuat (The World Bank, 1993)

Beberapa kajian menginginkan diimplementasikannya pemakaian prinsip-prinsip ekonomi dalam manajemen sumberdaya air (Arabiyat et al, 1999; IWRA, 2000; The World Bank, 1993). Tetapi untuk Indonesia perlu dilakukan kajian atau riset secara seksama mengingat bahwa persoalan sumberdaya air lebih berkaitan dengan kerusakan alam sehingga menimbulkan kelangkaan secara temporal. FTP-UGM (2006a) menelusuri permasalahan manajemen sumberdaya air dengan mengambil cuplikan di Jawa Timur memperoleh fakta bahwa terdapat empat masalah utama yang perlu diwaspadai dalam pelaksanaan Undang-undang no 7/2004 tentang sumberdaya air. Keempat masalah tersebut adalah bentuk institusi, sumberdaya manusia, teknologi dan sumber pendanaan.

Satu hal juga sangat mendesak untuk dilakukan adalah pelaksanaan riset tentang pengembangan sistem pendukung pengambilan keputusan (*decision support system*, DSS) yang murah, mudah dan handal. Pengembangan DSS saat ini sangat dimudahkan dengan berkembangnya teknologi informatika dan multi media. Dengan demikian pengambil keputusan di aras menengah (Kabupaten atau Daerah aliran sungai) dapat mengimplementasikannya secara lebih sepadan. Selama ini pengelolaan SDA selalu berkonotasi pada pelaksanaan manajemen dan pembangunan yang dihiperir dengan kerekayasaan dan bukan pada kerekayasaan sebagai salah satu unsur budaya.

METODOLOGI RISET SUMBERDAYA AIR TERKINI

Karakteristik manajemen sumberdaya air yang semakin rumit telah memaksa para periset untuk melakukan upaya-upaya penyerdehanaan dan pemudahan tanpa meninggalkan akurasi dan kejituan dalam implementasi. Salah satu cara adalah dengan memakai analisis sistem (Falkenmark et al, 1987). Dengan adanya kemajuan dibidang digital dan teknologi komputer maka berkembang pula penggunaan model, baik model fisik, model matematika maupun model statistika.

Penggunaan model fisik di bidang rancang bangun hidrolika telah dikenal sejak lama. Bahkan dalam penetapan rancang bangun sistem irigasi dan sungai di Indonesia telah dikenal sejak akhir abad 19 atau paling tidak awal abad 20 (van Maanen, 1978). Model matematika sangat maju sejak dekade tahun 60'an dan bertambah pesat pada dekade 80'an seiring dengan penemuan komputer pribadi. Persamaan-persamaan matematika yang tadinya sukar diselesaikan secara manual atau alat hitung menjadi sangat mudah apabila dilakukan dengan program-program komputer. Persoalan-persoalan yang semula diselesaikan secara empiris telah dapat diselesaikan dengan memakai model-model analitis. Sesuai dengan kebutuhan terhadap keberlanjutan lingkungan maka berkembang juga teori-teori tentang *eco-hydraulics*, yaitu kajian hidrolika yang berhubungan dengan ekologi.

Dengan berkembangnya kehidupan manusia serta efek bias klimatik maka persoalan-persoalan pengembangan sumberdaya tidak dapat lagi atau paling tidak menjadi kurang akurasinya apabila diselesaikan dengan menggunakan model-model matematika konvensional. Paling tidak sejak beberapa dekade terakhir telah berkembang penggunaan teori chaos, fuzzy set, fraktal, dan inverensi analogi. Teori chaos berkembang karena adanya kenyataan bahwa fungsi-fungsi hidrologi sangat beragam baik secara temporal maupun spasial. Munculnya keragaman ini dipercayai disebabkan oleh variable bebas non linear yang menimbulkan struktur sangat rumit dan sensitif terhadap keadaan awal (*deterministic chaos*). Dengan demikian dipercayai bahwa untuk menganalisis

struktur dan proses hidrologi yang dinamis lebih mudah digunakan dengan menggunakan model deterministic chaos dari pada penggunaan model-model stokastik (Sivakumar, 2001). Teori chaos sebetulnya muncul sejak tahun 1961 dikenalkan oleh Edward Lorenz yang meneliti tentang kejadian yang chaotik pada penggunaan model-model cuaca. Teori ini kemudian berkembang sangat cepat dan sejak tahun 80'an model-model hidrologi telah banyak mengembangkan teori chaos ini (Sivakumar, 2001).

Penggunaan *fuzzy set teory* berkembang dengan melihat adanya kelemahan terhadap penggunaan model matematika yang dikotomi. Kehidupan manusia saat ini diwarnai dengan variable-variable yang kabur. Oleh sebab itu maka digunakanlah teori kekaburan atau teori fuzzy ini. Penggunaan teori *fuzzy* dalam manajemen irigasi telah dilakukan oleh Arif, et al (1998, 1999, 2000) untuk mengukur keberlanjutan irigasi di Indonesia; Windya (2002) menggunakan *fuzzy set* untuk mengukur kemungkinan transferibilitas karakteristik subak secara spasial dan antar komunitas, Bahadury et al. (2004) menggunakan logika fuzzy untuk menelaah keberlanjutan daerah irigasi pasca penyerahan pengelolaan irigasi kepada petani, serta Yong, et al, (1999) memakai fuzzy untuk menentukan optimasi luas dan pola tanam suatu daerah irigasi dengan karakteristik fisik sawah termasuk kesuburannya yang berbeda-beda. Teori fuzzy juga berkembang dalam peralatan sistem kontrol dan robotik.

Fractal adalah bentuk geometris yang rumit dan secara rinci tak berhingga. Setiap bagian dari bentuk fractal selalu mempunyai karakteristik yang sama dengan bentuk yang lain. Penggunaan teori fractal selalu hampir bersamaan dilakukan dengan penggunaan teori chaos. Pada dekade terakhir ini juga berkembang suatu hampiran yang dinamakan Hydroformatics. Sistem hydroformatics ini banyak dikembangkan oleh IHE Delf. Sistem ini menggabungkan teknik-teknik telekomunikasi, komputasi, model-model komputer, *artificial intelegence*, analisis data dan prosesing, optimisasi dan *decision support system*. Dalam sistem hydroformatics ini telah berkembang suatu penggunaan model yang didasarkan tidak lagi pada model-model berbasis fisik (*physically-based models*) tetapi lebih pada *data-driven models*. Apabila pada *physically-based model* disyaratkan bagi pengembang model untuk memahami kejadian fisik maka dalam *data-driven model* tidak diperlukan lagi. Analisis hanya dibutuhkan dari *data driven* yang dilakukan dengan menggunakan metode-metode *artificial intelegence*, *artificial neural network* (ANN), dan logika fuzzy. Model ini merupakan model turunan (*hybrid model*) (IHF-Delf Stowa, 2000). Penggunaan model-model ini sangat sesuai untuk *decision support model* karena dapat dilakukan simulasi-simulasi yang cukup akurat.

Untuk kasus manajerial berkembang penggunaan model-model inferensi analogi (Li, Nichols dan Terry, 2005). Model ini banyak dipakai untuk menyusun cara penemuan pengetahu-

an baru melalui penurunan suatu hipotesis baru (*novel hypotheses*). Di bidang irigasi model inferensi mulai dikembangkan oleh Yahya (2006).

KESENJANGAN PELAKSANAAN ANTARA PERISET DENGAN PRAKTIKI

Dengan diketahuinya kebutuhan riset di Indonesia maka pertanyaan selanjutnya adalah apakah kalangan periset di Indonesia ini mampu untuk melakukan riset-riset terkini di bidang sumberdaya air ?. Dengan memetakan kekuatan dan kelemahan terhadap pelaku-pelaku riset yang ada di universitas maupun lembaga-lembaga riset di departemen-departemen teknis beserta fasilitas-fasilitasnya di Indonesia maka tidak ada alasan lagi bagi kalangan periset untuk tidak menjawab tantangan melakukan riset-riset terkini. Dengan adanya fasilitas-fasilitas komputer yang relatif murah beserta jejaring internet maupun teknologi digital yang tersedia sudahlah cukup untuk dapat melakukan riset-riset terkini. Tetapi kendala yang terjadi adalah seberapa jauh hasil-hasil riset kalangan universitas dan lembaga-lembaga riset lainnya ini dapat dimanfaatkan oleh kaum praktisi. Nampaknya ada satu kesenjangan yang muncul di kalangan kaum praktisi. Kesenjangan tersebut terutama dipicu oleh tidak adanya suatu budaya untuk melakukan inovasi bagi pelayanan umum sebagaimana yang terjadi dalam bidang pengembangan manajemen sumberdaya air ini (FTP-UGM,2006b).

CATATAN PENUTUP

Dari pembicaraan ini dapat disimpulkan beberapa butir kesimpulan sebagai berikut :

1. Adanya pelaksanaan manajemen yang tak sepadan dan perkembangan sosio-kultural masyarakat yang dinamis serta ditambah lagi dengan kerumitan watak air sebagai sumberdaya yang bersifat zat alir telah menimbulkan kerumitan permasalahan yang mengancam keberlanjutan beberapa aspek kehidupan manusia baik secara sosial-ekonomi, ekologis maupun fisik. Untuk mengatasi masalah maka telah disepakati secara global untuk melakukan suatu tindakan pelaksanaan manajemen sumberdaya air dengan mengacu pada prinsip-prinsip keberlanjutan secara holistic dan terpadu serta menghormati kearifan pengetahuan dan teknologi lokal.
2. Dengan memahami permasalahan yang timbul maka dapat ditentukan kebutuhan riset yang pada intinya dapat dipilah menjadi dua kelompok, yaitu telaah teknologi -kerekayasaan serta telaah sosial-sekonomi dan kebijakan manajemen. Semuanya itu harus dilakukan dengan mengacu pada perkembangan metodologi riset terbaru untuk memperoleh akurasi penyelesaian masalah sesuai

dengan perkembangan sosio-kultural masyarakat baik regional maupun global.

3. Untuk menghindari adanya kesenjangan antara pelaku riset dengan praktisi maka diperlukan suatu pengenalan hasil riset dalam bentuk dialog, gelar teknologi atau bentuk temu muka lainnya.

ACUAN

- Arabiyat, T.S, E. Segarra. D.B Willis. 1999. Sophisticated irrigation technology and biotechnology adoption : Impacts on ground water conservation. AgBioForum. The Journal of Agrobiotechnology Management & Economics. 2 (2) 132-136. <http://www.agbioforum.org>. Retrieved 22 January 2006.
- Arif, S.S.Susetiawan dan Bayudono, 1998,1999,.2000. Laporan akhir : Keberlanjutan Irigasi di Jawa dan Bali pada masa PJP II, Riset Unggulan Terpadu (RUT) VI, Dewan Riset Nasional, LIPI, 1998/1999-2000/2001(tidak dipublikasikan).
- Arif, S. S. 2003. Merenungkan kembali pengelolaan sumberdaya air berkelanjutan berbasis budaya lokal. Prosiding Seminar BAPPENAS-FAO. TCP/INS/2802.
- Arif. S.S. 2004 Pengelolaan Sumberdaya air (PSDA) berbasis budaya : sebuah renungan. Makalah disampaikan kepada BAPPENAS sebagai resume seminar BAPPENAS - Departemen Pekerjaan Umum tentang Pengelolaan Sumberdaya Air berbasis budaya di Yogyakarta dan Makasar (tidak dipublikasikan)
- Bahadury. T, M.J. Jabir; S.S.Arif. 2003. Analisis kesiapan daerah irigasi dalam proses penyerahan pengelolaan irigasi (PPI) dengan memakai logika kekaburan (*fuzzy logic*). Makalah disampaikan dalam Seminar Penelitian Jurusan TEP, FTP-UGM. 27 November 2004.
- Barker. J.A. 1999. Paradigma. Terjemahan. Paradigm. Interaksara
- Biswas. A.K and H.N. El-Habr. 1993. Environment and water resources management : The need for a new holistic approach. Water resources development, vol9. No. 2. 1993.
- Falkenmark, M., L.da Cunha, L. David. 1987. New water management strategies needed for the 21st century. Water international, 12 (1987) 94-101.
- FTP-UGM.2006a. Penelusuran permasalahan manajemen sumberdaya air di Provinsi Jawa Timur. Laporan disampaikan pada Pelaksana Satuan Kerja Irigasi Andalan Jawa Timur (Tidak dipublikasikan)
- FTP-UGM.2006b. Evaluasi pelaksanaan Perencanaan Manajemen Aset Irigasi di Daerah Istimewa Yogyakarta. Laporan disampaikan kepada Pelaksana Satuan Kerja Irigasi Andalan Daerah Istimewa Yogyakarta. (Tidak dipublikasikan).
- Gibson. R. 1997. Rethinking bussiness. Dalam *Rethinking the future*. Gibson. R. ed Nicholas Brealy Publishing. London.
- Gie. T.L. 1984. Konsepsi tentang teknologi. Seri Studi ilmu dan teknologi SSIT-2. Yayasan Studi Ilmu dan Teknologi. Yogyakarta. 80 p.
- Global Water partnership, GWP. 2000. Integrated water resources management. TAC Background Papers. No 4. GWP.
- IHE-Delf dan Stowa. Use of artificial neural networks and fuzzy logic for integrated water management. review of application. A project report.
- IWRA,2000. A report of the World Commission on water for the 21st Century. Water International, vol 25 (2) 284-302. June 2000
- Li. J, D.Nichols and A Terry. 2005. Analogy, deduction and learning. Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences. 2005
- Ostrom,V.1999. Polycentricity. Dalam *Polycentricity and Local public Economies* (ed: MD McGinnis), The Univ.of Michigan Press, USA.
- Pusposutardjo, S. dan S.S. Arif. 1999. Asas donat (*the doughnut principle*) dalam implementasi kebijakan operasi dan pemeliharaan sistem irigasi kecil 1987 : kasus proyek Penyerahan Irigasi Kecil (PIK). Dalam. Rochdiyanto dan Arif (editor) *Kajian evaluatif Program Penyerahan Irigasi Kecil*. Fakultas Teknologi Pertanian, UGM dan International Management Institute, Srilanka.
- Solanes. M. dan F. Gonzales-villarreal. 1999. The Dublin Principles for water as reflected in a comparative assessment of institutional and legal arrangement for integrated water resources management. TAC Background Papers. No 3. GWP.
- Suprpto. A. 2003. Air dan Ketahanan pangan. Makalah disampaikan dalam Workshop persiapan kegiatan Third World Water Forum. Hotel Hyatt Resort. Bali. 31 Januari-1 Pebruari 2003.
- Sivakumar.B. 2001 Chaos theory in Hydrology: important issues and interpretations. Journal of Hydrology 227 (2001) 1-20
- Stiglitz. J.E. 2002. Globalization and its discontent.. Deutzland. Vol (4)/2002.
- The World Bank. 1993. Water Resources management. A World Bank Policy Paper. International Bank for Reconstruction and Development/the World Bank. Washington. D.C.
- Van Maanen. 1978. Irigasi di Hindia Belanda (terjemahan). Prosida. Jakarta.
- Von Weizsackker.E.U. 2002. Democracy and globalization. Deutzland. Vol (4)/2002.
- Windya. I. W. 2002. Transformasi sistem irigasi yang berlandaskan Tri Hita Karana. Disertasi (untuk memenuhi sebagian syarat guna memperoleh gelar Doktor pada Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, tidak dipublikasikan.
- Yahya. H. 2006. Sintesis penyempurnaan manajemen sistem

irigasi dengan perbaikan variabel-variabel sosio teknis dan penalaran analogi. Draft. Disertasi (untuk memenuhi sebagian syarat guna memperoleh gelar Doktor pada Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, tidak dipublikasikan).

Yong, Mu. Et al.1999. Fuzzy method in planting scheme for harms. Dalam Proceeding of 99 International conference on Agricultural Engineering. Beijing, China, December 1999.