



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Profesor Iwan Kridasantausa Hadihardaja

**ANALISIS SISTEM DAN HIDROINFORMATIKS
DALAM MENDUKUNG
PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR
BERBASIS WILAYAH SUNGAI:
PELUANG DAN TANTANGAN**

30 Januari 2015
Balai Pertemuan Ilmiah ITB

**Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**
30 Januari 2015

Profesor Iwan Kridasantausa Hadihardaja

**ANALISIS SISTEM DAN HIDROINFORMATIKS
DALAM MENDUKUNG
PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR
BERBASIS WILAYAH SUNGAI:
PELUANG DAN TANTANGAN**



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Hak cipta ada pada penulis

Judul: ANALISIS SISTEM DAN HIDROINFORMATIKS DALAM
MENDUKUNG PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR BERBASIS
WILAYAH SUNGAI: PELUANG DAN TANTANGAN
Disampaikan pada sidang terbuka Forum Guru Besar ITB,
tanggal 30 Januari 2015.

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama **7 (tujuh) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)**.
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama **5 (lima) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)**.

Hak Cipta ada pada penulis
Data katalog dalam terbitan

Iwan Kridasantausa Hadihardaja
ANALISIS SISTEM DAN HIDROINFORMATIKS DALAM MENDUKUNG
PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR BERBASIS
WILAYAH SUNGAI: PELUANG DAN TANTANGAN
Disunting oleh Iwan Kridasantausa Hadihardaja
Bandung: Forum Guru Besar ITB, 2015
vi+62 h., 17,5 x 25 cm
ISBN 978-602-8468-74-9
1. Rekayasa Teknologi 1. Iwan Kridasantausa Hadihardaja

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, bahwasanya atas berkat dan rahmatNya, saya dapat menyelesaikan naskah orasi ilmiah ini. Penghargaan dan rasa hormat serta terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pimpinan dan anggota Forum Guru Besar Institut Teknologi Bandung, atas perkenannya saya menyampaikan orasi ilmiah ini pada Sidang Terbuka Forum Guru Besar pada tanggal 30 Januari 2015.

Orasi ilmiah ini berjudul “**Analisis Sistem dan Hidroinformatiks Dalam Mendukung Pengelolaan Sumber Daya Air Berbasis Wilayah Sungai: Peluang dan Tantangan**”, yang disusun berdasarkan rangkaian kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi. Materi ini berisi tentang 4 pokok pembahasan, yakni, (i) kebijakan pengelolaan sumber daya air dan kompleksitas permasalahannya, (ii) pendekatan analisis sistem dan hidroinformatiks, (iii) rangkaian kegiatan penelitian terkait, (iv) peluang dan tantangannya di masa mendatang.

Semoga tulisan ini dapat memberikan wawasan, dan inspirasi yang bermanfaat bagi para pembaca.

Bandung, 30 Januari 2015

Iwan Kridasantausa Hadihardaja

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
1. PENDAHULUAN	1
2. PENGELOLAAN SDA	3
2.1. Siklus Hidrologi dan Proses Pengelolaan SDA	5
2.2. Pengelolaan SDA Berbasis Wilayah Sungai	6
2.3. Permasalahan Pengelolaan SDA dan Wilayah Sungai	8
2.3.1. Lahan Kritis, Laju Erosi dan Sedimentasi	9
2.3.2. Potensi Ketersediaan Air dan Kekeringan	10
2.3.3. Pengendalian Banjir, Perkembangan Perkotaan dan Regulasi	13
3. PENDEKATAN ANALISIS SISTEM DAN HIDROINFORMATIKS DALAM PENGELOLAAN SDA	17
3.1. Analisis Sistem dan Daerah Aliran Sungai	18
3.2. Hidroinformatiks Pendukung Keputusan	20
4. IMPLEMENTASI ANALISIS SISTEM DAN HIDROINFORMATIKS DALAM PENGELOLAAN SDA	22
4.1. Pemodelan Waduk Berkelanjutan Mendukung Pendaya- gunaan SDA	22
4.2. Pendekatan Hidro Sosio Ekonomi Mendukung Proses Perencanaan SDA	26
4.3. Pengembangan Basis Data Pendukung Peringatan Dini	34

Allah, Dialah yang mengirim angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendaki-Nya, dan menjadikannya bergumpal-gumpal; lalu kamu lihat hujan keluar dari celah-celahnya, maka apabila hujan itu turun mengenai hamba-hamba-Nya yang dikehendaki-Nya, tiba-tiba mereka menjadi gembira (Ar-Room, 48)

Dialah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira dekat sebelum kedatangan rahmatnya (hujan); dan Kami turunkan dari langit air yang amat bersih (Al-Furqon, 48).

Agar Kami menghidupkan dengan air itu negeri (tanah) yang mati, dan agar Kami memberi minum dengan air itu sebagian besar dari makhluk Kami, binatang-binatang ternak dan manusia yang banyak (Al-Furqon, 49).

5. PELUANG DAN TANTANGAN DIMASA MENDATANG	37
5.1. Pengintegrasian Sistem Hidrologi dan Kota/Wilayah	37
5.2. Pengintegrasian Analisis Sistem dan Hidroinformatiks Sebagai Pendukung Pengelolaan SDA	40
5.3. Instrumentasi, Hardware, Software, dan Sistem Informasi SDA	41
6. PENUTUP	42
7. UCAPAN TERIMA KASIH	43
DAFTAR PUSTAKA	46
CURRICULUM VITAE	53

ANALISIS SISTEM DAN HIDROINFORMATIKS DALAM MENDUKUNG PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR BERBASIS WILAYAH SUNGAI: PELUANG DAN TANTANGAN

1. PENDAHULUAN

Air merupakan karunia dari Allah SWT sebagai sumber kehidupan dan penghidupan serta anugerah bagi makhluk hidup di Bumi ciptaanNya. Dalam UUD 1945 pasal 33 ayat 3 yang berbunyi: “Bumi, air dan kekayaan alam yang terkandung didalamnya dikuasai oleh Negara dan dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat”. Oleh karena itu, mengingat pentingnya mengelola air agar dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin, maka Undang-Undang No. 7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (SDA) mengamanatkan tiga pilar utama yakni konservasi SDA, pendayagunaan SDA dan pengendalian daya rusak air. Ketiga pilar utama tersebut diharapkan dapat mengedepankan keberlanjutan kelestarian dan kesehatan lingkungan sungai, berikut lahan hidrotopografi yang mempengaruhinya di daerah aliran sungai.

Menurut Undang-Undang No. 7 tahun 2004, Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih

terpengaruh aktivitas daratan. Kesatuan wilayah pengelolaan SDA dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km² disebut wilayah sungai.

Peraturan Presiden RI No. 33 Tahun 2011 menetapkan arahan pengelolaan SDA melalui Kebijakan Nasional SDA. Kebijakan tersebut meliputi kebijakan peningkatan konservasi SDA diupayakan secara terus menerus, pendayagunaan SDA untuk keadilan dan kesejahteraan masyarakat, dan pengendalian daya rusak air dan pengurangan dampak, peningkatan peran masyarakat dan dunia usaha dalam pengelolaan sumber daya air, serta pengembangan jaringan sistem informasi SDA dalam pengelolaan SDA nasional terpadu. Penerapan Sistem informasi SDA (SISDA) memegang peranan penting sebagai pendukung pengambilan keputusan, dalam rangka mengimplementasikan arahan Kebijakan Nasional, yang ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Pilar Pengelolaan SDA dalam Konteks Kebijakan Nasional

2. PENGELOLAAN SDA

Pada awalnya terminologi pengelolaan SDA dimulai dengan istilah pengembangan SDA (*water resources development*) yang berkaitan erat dengan kegiatan fisik pembangunan infrastruktur SDA untuk meningkatkan pemanfaatan air minum, irigasi, pengendalian banjir, produksi energi listrik tenaga air, transportasi air, rekreasi atau wisata air, dan perikanan. Kemudian oleh karena semakin tingginya kebutuhan air akibat laju pertumbuhan penduduk dan perkembangan wilayah perkotaan, maupun perdesaan muncul istilah perencanaan SDA (*water resources planning*). Terminologi perencanaan SDA berhubungan dengan alokasi sumber daya air yang mulai langka (sektoral dan lintas sektoral), dengan menyelaraskan ketersediaan dan kebutuhan air, mempertimbangkan tujuan dan kendala nasional, serta mengedepankan kepentingan pemangku kepentingan. Dalam perjalanannya, dengan semakin kompleksnya permasalahan dan tantangannya, maka muncul istilah pengelolaan SDA (*water resources management*). Yakni, seluruh rangkaian kegiatan teknis, kelembagaan, manajerial, hukum, dan operasional yang diperlukan untuk merencanakan, mengembangkan, mengoperasikan dan mendayagunakan sumber daya air (Grigg, 1996).

Namun demikian, untuk lebih menekankan secara komprehensif komponen-komponen sistem SDA terutama berkaitan dengan pengambilan keputusan, maka dikemukakan istilah pengelolaan sumber daya air terpadu (*integrated water resources management, IWRM*). Pengelolaan SDA

terpadu yang juga termuat dalam Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 mencakup pemahaman yang meliputi:

- Semua aspek alami dari sistem sumber daya air: air permukaan, air tanah dan kualitas air.
- Semua sektor perekonomian nasional yang bergantung pada air untuk air baku terutama irigasi, air minum, industri dan perkotaan, pembangkit listrik tenaga air dan transportasi air.
- Aspek kebijakan SDA nasional yang relevan dalam konteks ekonomi, sosial, keuangan dan lingkungan.
- Aspek hirarki dan perangkat kelembagaan SDA baik di tingkat nasional, provinsi, maupun kabupaten/kota.
- Karakteristik spasial dan temporal sistem SDA, kebutuhan basis data dalam lingkup DAS, dan aplikasi pemodelannya.

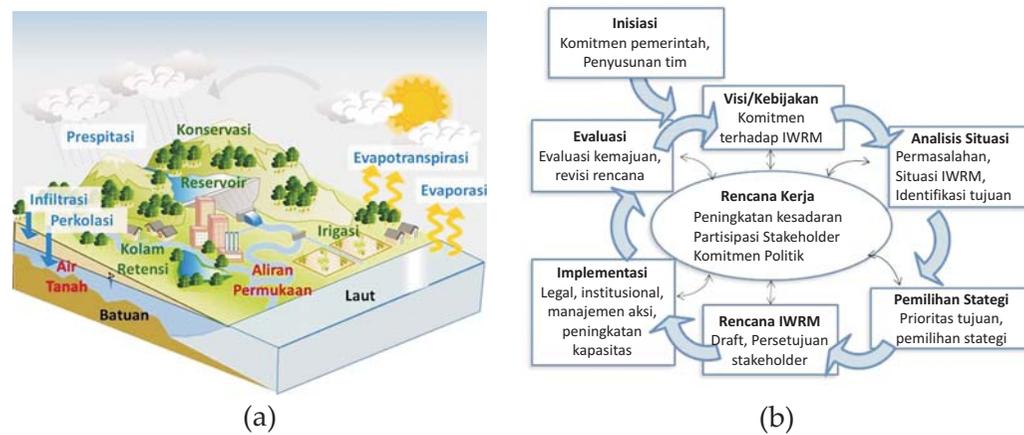
Global Water Partnership mengisyaratkan bahwa pengelolaan SDA terpadu merupakan suatu proses yang mengedepankan pengelolaan koordinatif berhubungan dengan pengelolaan air, lahan dan sumber daya terkait, untuk memaksimalkan resultan ekonomi dan kesejahteraan sosial secara berkeadilan tanpa mengganggu ekosistem-ekosistem penting secara keberlanjutan (GWP, 2001; Kodoatie dan Sjarief, 2008). Pendekatan ini mengindikasikan perlunya keterpaduan pembangunan untuk memberikan manfaat yang luas, dan pengelolaan berkelanjutan terhadap konservasi SDA, pendayagunaan SDA dan pengendalian daya rusak air.

Sasaran pengelolaan SDA terpadu mencakup meningkatkan pengentasan kemiskinan, mendorong peningkatan ketahanan pangan, mengedepankan pertumbuhan dan pemerataan ekonomi serta memberikan perlindungan ekosistem SDA. Disisi lain, Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air juga telah mengisyaratkan bahwa intervensi pembangunan dalam bentuk apapun berkaitan dengan pengembangan wilayah, hendaknya selaras dan adaptif dengan daya dukung hidrologi, sungai dan lingkungannya. Sehingga dengan demikian, *output* dan *outcome* pengembangan *hard infrastructure* dan *soft infrastructure* dalam pengelolaan SDA terpadu, hendaknya dapat memenuhi tuntutan sasaran tersebut.

2.1. Siklus Hidrologi dan Proses Pengelolaan SDA

Perilaku siklus hidrologi terdiri dari komponen hujan, evaporasi dan evapotranspirasi, dan infiltrasi, merupakan fenomena alam yang sudah seharusnya menjadi pemahaman dasar dalam pengelolaan sumber daya air pada suatu DAS. Disisi lain, perkembangan wilayah dan penataan lahan memiliki interaksi yang kuat dan dapat merubah keseimbangan siklus hidrologi, sehingga diperlukan suatu mekanisme proses pengelolaan sumber daya air terpadu (PSDAT). Sinergitas siklus hidrologi dan proses PSDAT berbasis DAS dan atau wilayah sungai merupakan pendekatan sistemik, spasial dan temporal, sehingga perlu diupayakan secara adaptif, optimal, berkesinambungan untuk menedu-

kung pembangunan berkelanjutan. Proses PSDAT, mulai dari inisiasi pemerintah, visi kebijakan, analisis situasi, pemilihan strategi hingga implementasi rencana PSDAT (IWRM), dan Evaluasi, merupakan upaya untuk mempertahankan daya dukung hidrologi dan SDA di DAS, dengan menyelaraskan pembangunan untuk kepentingan kesejahteraan masyarakat. Hal ini disajikan seperti pada Gambar 2(a) dan (b).



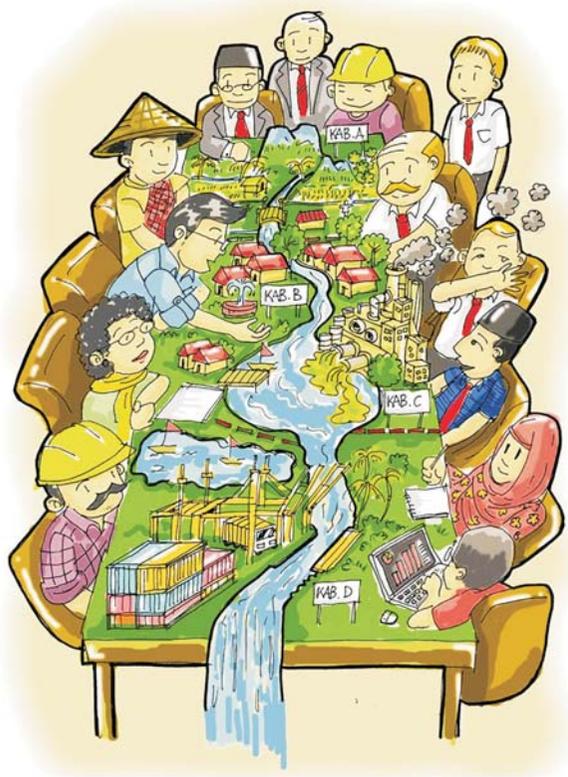
Gambar 2. (a) Siklus Hidrologi di DAS dan (b) Siklus Proses PSDAT (Capnet, 2005)

2.2. Pengelolaan SDA Berbasis Wilayah Sungai

Proses PSDAT memerlukan dukungan kesamaan persepsi dari para penyelenggara pembangunan dan penerima manfaat. Oleh karena itu, dalam pengembangan dan penatagunaan DAS dan atau wilayah sungai, tidak hanya cukup dengan memahami perilaku hidrologis saja, namun yang terpenting adalah adanya sinergitas kerangka pemikiran dan aspirasi para pemangku kepentingan melalui *Sharing Vision*. Sehingga,

diperlukan komitmen yang tinggi dari para pemangku kepentingan, terutama para pemimpin (nasional, daerah), *water manager* serta *policy maker*, dalam upaya mengimplementasikan seluruh tahapan proses PSDAT untuk mendukung pembangunan wilayah sungai berkelanjutan.

Hal tersebut diatas dapat dicapai melalui kerja sama terbuka dan kesepakatan, baik dalam kerangka teknis dan manajemen, secara sistemik, melalui tahapan proses PSDAT yang partisipatif dan adaptif. Dengan cara tersebut akan menjamin ketercapaian sasaran memberikan kenyamanan lingkungan bagi masyarakat dan solusi yang dapat dipertanggungjawabkan secara bersama. Kesepakatan dalam *Sharing Vision* seperti yang disajikan pada Gambar 3, mengisyaratkan bahwa, kelompok pemangku kepentingan dalam suatu DAS atau Wilayah Sungai mampu bekerja sama dalam menilai solusi permasalahan untuk mengenali aspirasi semua kepentingan yang signifikan. Inisiatif pembangunan yang dihasilkan berdasarkan kesepakatan tersebut harus menjamin tanggung jawab untuk mengedepankan ketahanan sumber daya air, dalam usaha untuk mendukung penyediaan air minum, bahan pokok pangan, dan energi bagi generasi mendatang. Kerja sama tersebut harus mempertimbangkan berbagai strategi dalam mencapai solusi optimal, yang perlu didukung oleh *soft* dan *hard infrastructure* SDA yang berkelanjutan.



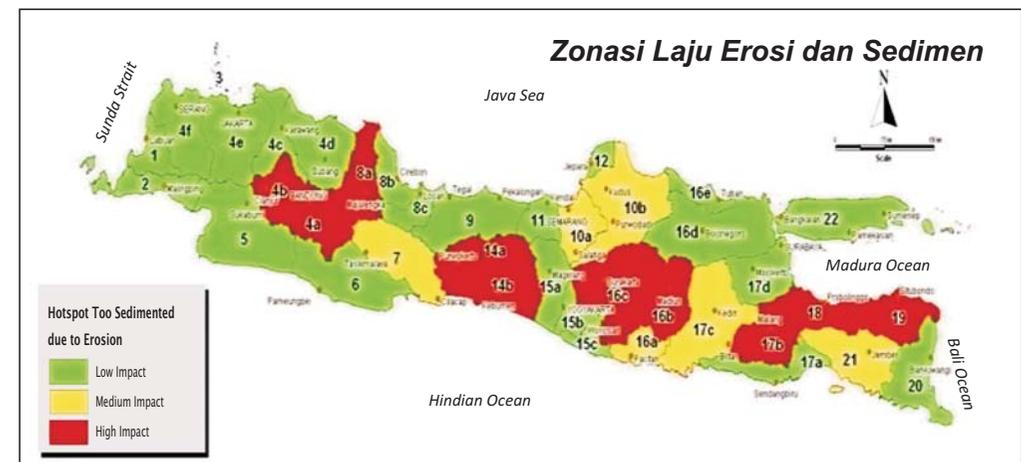
Gambar 3. *Sharing Vision* Pemangku Kepentingan dalam Pengelolaan SDA Berbasis Wilayah Sungai

2.3. Kompleksitas Pengelolaan SDA dan Wilayah Sungai

Pengelolaan SDA yang tidak optimal mengakibatkan turunnya ketahanan sumber daya air untuk mendukung pemenuhan air baku terutama untuk air minum dan irigasi tanaman pangan, serta pemenuhan energi pembangkit listrik tenaga air. Beberapa hal terkait dengan penurunan daya dukung DAS dan ketahanan sumber daya air dapat diakibatkan oleh kompleksitas baik hidroklimatologi (perubahan iklim) ataupun intervensi perkembangan di DAS dalam rangka pembangunan.

2.3.1. Lahan Kritis, Laju Erosi dan Sedimentasi

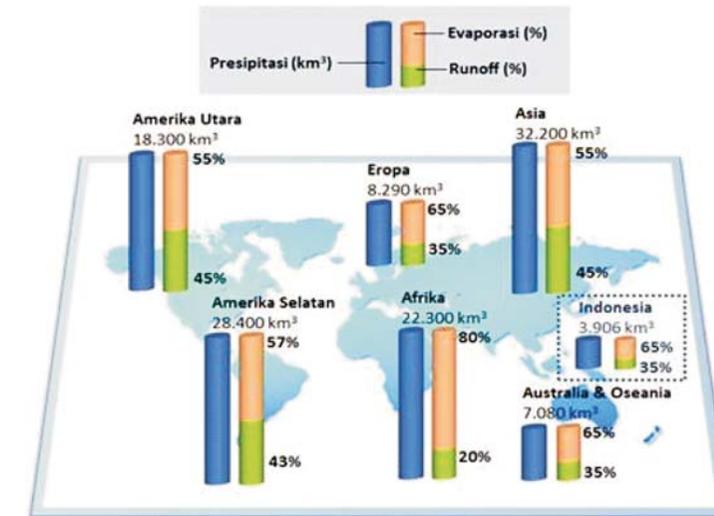
Kompleksitas pengelolaan SDA salah satunya adalah keberadaan lahan kritis akibat deforestasi ataupun konversi lahan. Lahan yang seharusnya berfungsi sebagai kawasan resapan air (hutan, ruang terbuka hijau), telah berubah menjadi kawasan permukiman, industri ataupun lainnya. Keberadaan lahan kritis tersebut akan menyebabkan laju erosi lahan yang berlebihan, kemudian berimplikasi terjadinya sedimentasi sungai dan di waduk apabila di hilir DAS pada sungai tersebut terdapat waduk. Sedimentasi sungai mengakibatkan menurunnya kapasitas sungai yang dapat mengakibatkan banjir. Fungsi waduk juga akan mengalami penurunan untuk dapat memenuhi kebutuhan air baku untuk irigasi, air minum, industri bahkan energi listrik dan pengendali banjir. Zonasi laju erosi dan sedimen di Pulau Jawa disajikan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Zonasi Laju Erosi dan Sedimen di Pulau Jawa, (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2014)

2.3.2. Potensi Ketersediaan Air dan Kekeringan

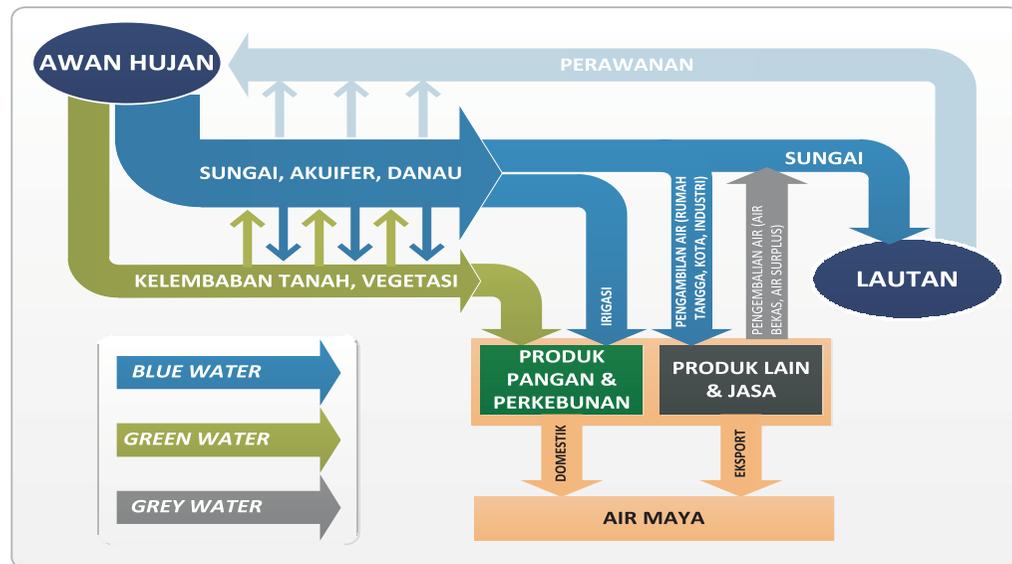
Potensi dan daya dukung SDA belum sepenuhnya dipandang sebagai konsep pemerataan pembangunan yang dapat menyelaraskan keseimbangan antara penyebaran penduduk, pemerataan ekonomi wilayah, dan kesejahteraan sosial kemasyarakatan untuk tujuan pembangunan nasional berbasis daya dukung DAS. Paparan potensi SDA disajikan seperti pada Gambar 5, potensi air hujan di Indonesia sekitar 12% di Asia dan sekitar 35% nya adalah aliran permukaan. Sekitar 80% penduduk Indonesia bertempat tinggal di Pulau Jawa yang total luas lahannya sekitar 20%, dari luas Indonesia. Sebaliknya, sekitar 20% penduduk Indonesia bertempat tinggal di luar Pulau Jawa yang total luas lahannya sekitar 80% dari luas Indonesia. Hal ini mengisyaratkan bahwa daya dukung DAS di Pulau Jawa semakin tidak memadai, sedangkan daya dukung DAS di luar Pulau Jawa masih sangat memadai.



Gambar 5. (atas) Potensi Ketersediaan SDA di Dunia (Gleick, 1993; Rekacewicz, 2002), dan (bawah) Indonesia (Pusat Penelitian Sumber Daya Air, 2011)

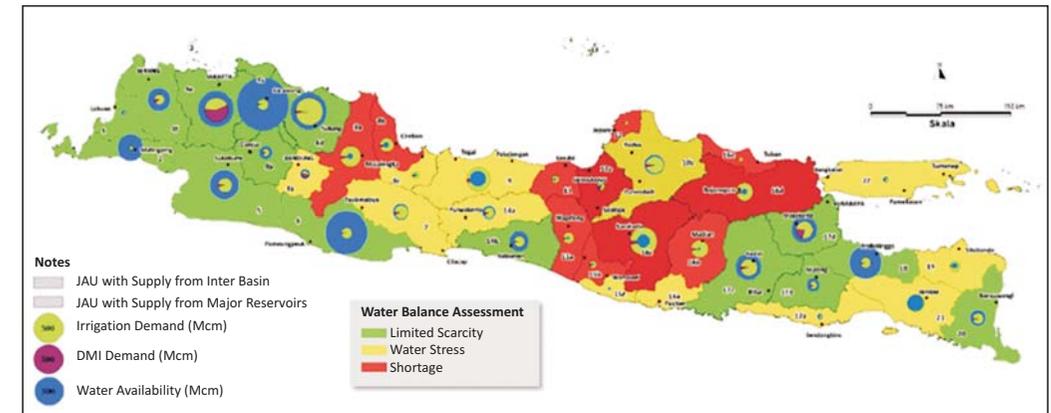
Merujuk salah satu pilar dalam pengelolaan SDA dalam hal pendayagunaan SDA, bahwa air sebagai sumber kehidupan tidak hanya dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari untuk air minum saja. Air digunakan juga untuk memproduksi bahan pokok pangan, sandang dan perumahan. Siklus hidrologi dan pendayagunaan SDA dalam konteks tapak air (*water footprint*), mencakup pemahaman *green water*, *blue water*

dan *grey water*, yang erat kaitannya dengan pendayagunaan SDA dalam pemanfaatan air untuk proses produksi. Tapak air (Gambar 6) adalah jumlah air yang dibutuhkan untuk menghasilkan barang dan jasa untuk memenuhi konsumsi seseorang atau kelompok orang di suatu kawasan atau negara, sebagai analogi dari konsep tapak atau jejak ekologi atau *ecological footprint* (Hoekstra, 2006; Hoekstra and Chapagain, 2007). Tapak air hijau dan biru adalah air yang dikonsumsi oleh seseorang atau kelompok masyarakat di suatu kawasan domestik ataupun untuk diekspor. Dalam konteks penggunaan air untuk menghasilkan air untuk bahan pangan ataupun barang hasil produksi disebut dengan air maya (*virtual water*) (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013).



Gambar 6. Skema Pendayagunaan SDA dalam Konteks Tapak Air di Wilayah Sungai

Dalam konteks tapak air hijau dan tapak air biru, pemanfaatan air permukaan (berasal dari sungai dan waduk), dan air tanah menjadi sangat penting dan krusial. Oleh karena itu, keseimbangan pemanfaatannya berkaitan dengan tapak air, perlu secara sinergi diupayakan seoptimal mungkin dengan tidak memberikan dampak degradasi kualitas DAS, atau wilayah sungai dan ekosistemnya termasuk kesehatan sungainya. Potensi SDA dan kondisi neraca air yang dapat mempengaruhi keberlanjutan sistem tapak air khususnya di Pulau Jawa disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kajian Neraca Air dari bulan Juni-Oktober untuk Aliran Rendah di Pulau Jawa (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2014)

2.3.3. Fenomena Banjir, Perkembangan Perkotaan dan Regulasi

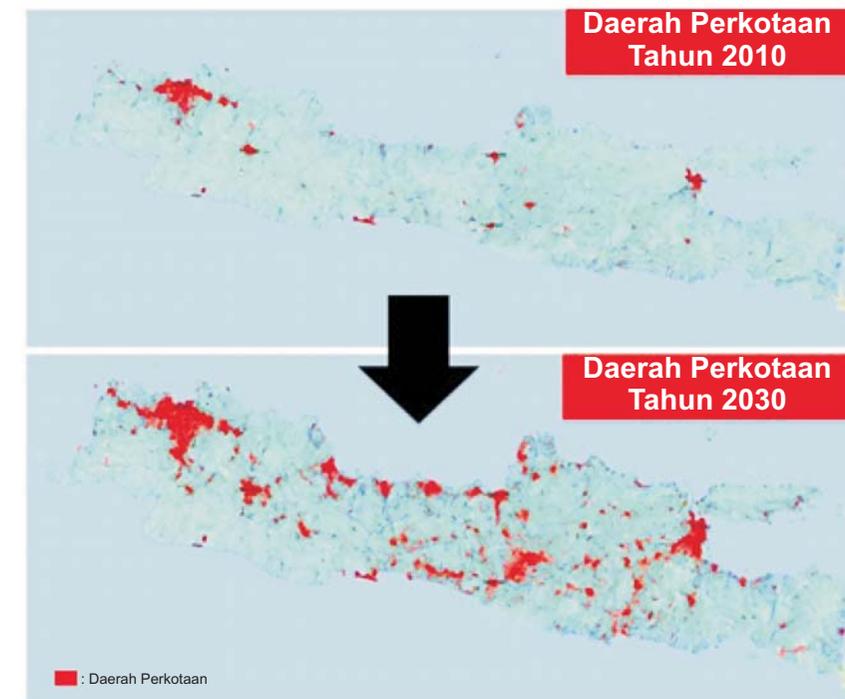
Konversi lahan hijau menjadi kawasan permukiman dan industri yang berlebihan, akan mengurangi kemampuan resapan air kedalam tanah dan mengakibatkan peningkatan debit aliran permukaan, sehingga menyebabkan banjir. Fenomena banjir, genangan dan rob yang

merupakan fenomena daya rusak air, sudah perlu mendapatkan perhatian khusus terutama pada DAS yang telah berkembang pesat akibat keberadaan kota dan wilayah. Kota-kota tersebut pada hakekatnya merupakan bagian DAS atau lintas DAS dalam suatu wilayah sungai, yang memiliki pertumbuhan ekonomi dan perkembangan wilayah tersentralistik, yang berpotensi membebani sistem SDA dan daya dukung DAS.

Kombinasi antara dinamika perkembangan wilayah dan aspek variabilitas hidroklimatologi yang penuh dengan ketidakpastian akibat perubahan iklim global, kecenderungan terjadinya intensitas hujan yang besar dengan durasi lebih pendek, kenaikan muka air laut, membutuhkan analisis pengelolaan SDA yang lebih sistemik, multi aspek dan komprehensif.

Dewasa ini, pengelolaan SDA yang dituangkan dalam master plan air berbasis DAS ataupun wilayah sungai, masih memerlukan keselarasan terhadap rencana tata ruang wilayah. Rencana tata ruang wilayah yang disusun biasanya lebih mempertimbangkan aspek sosial dan ekonomi, sementara kapasitas daya dukung sumber daya air dan lingkungan pada suatu DAS atau wilayah sungainya seringkali terabaikan. Gambar 8 menunjukkan prediksi perubahan penggunaan lahan yang relatif cepat di wilayah perkotaan di pulau Jawa, akibat pertumbuhan penduduk, dan terjadinya perambatan kawasan permukiman. Kondisi ini dapat mengakibatkan ketidakseimbangan antara daya dukung SDA di DAS atau wilayah sungai berkaitan dengan potensi banjir dan kekeringan atau

kelangkaan air. Oleh karena peningkatan aliran permukaan (*debit runoff*) dan berkurangnya resapan ke dalam tanah yang berkontribusi pada aliran dasar (*base flow*) di sungai. Sehingga, perbandingan antara debit ekstrim maksimum (Q_{max}) dan debit ekstrim minimum (Q_{min}) semakin besar.

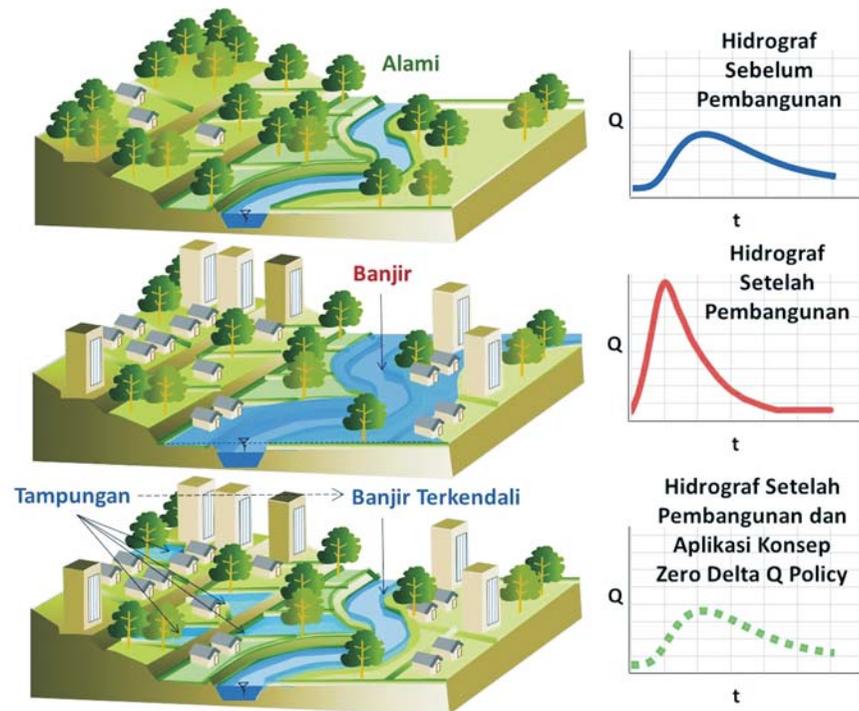


Gambar 8. Prediksi Perambatan Kawasan Perkotaan 2010-2030 (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2014)

Perubahan penggunaan lahan ataupun rencana tata ruang pada suatu DAS dapat berdampak pada bentuk hidrograf. Hujan yang jatuh di atas permukaan DAS mendapat respon dari DAS, yang sangat dipengaruhi hidrotopografi, tutupan dan penggunaan lahan, struktur tanah, dan tipologi DAS. Perubahan penggunaan lahan tersebut akan memberikan

dampak yang sangat berarti terhadap sistem hidrologi dan hidraulika, dan dapat direpresentasikan dengan *hyetograf-hidrograf*, yang merupakan hubungan antara hujan dan limpasan.

Tatanan kawasan seharusnya mengindahkan konsep *zero delta Q policy* sebagaimana diamanatkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 26 Tahun 2008, tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional. Konsep tersebut mengisyaratkan bahwa perubahan tata ruang diharapkan tidak akan memberikan perubahan bentuk hidrograf yang cukup berarti, sehingga memenuhi prinsip *Low Impact Development*. Fenomena tersebut dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Konsep *Zero Delta Q Policy* dan Fenomena Akibat Perkembangan Tata Ruang

Dalam hal lain, fenomena banjir tidak hanya disebabkan oleh faktor hidroklimatologi dan perkembangan DAS yang tidak terkendali. Namun, fenomena banjir juga dapat disebabkan oleh akibat faktor-faktor hidrooseanografi, yang mengancam kota-kota tepi pantai yang berpotensi terjadinya rob dan tsunami. Banjir akibat faktor hidroklimatologi dan hidrooseanografi memiliki risiko yang perlu diantisipasi. Karakteristik banjir yang memiliki rambatan yang cepat dan dampak yang luas memerlukan pengambilan keputusan dalam melakukan tindakan secara cepat dan tepat pula terutama untuk tindakan evakuasi. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang tanggap dan responsif dengan piranti lunak yang dapat diandalkan.

3. PENDEKATAN ANALISIS SISTEM DAN HIDROINFORMATIKS DALAM PENGELOLAAN SDA

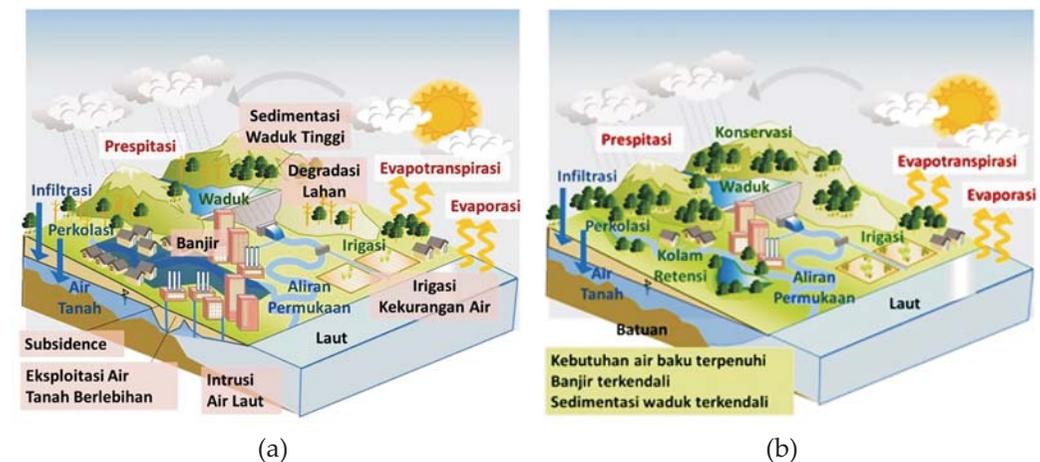
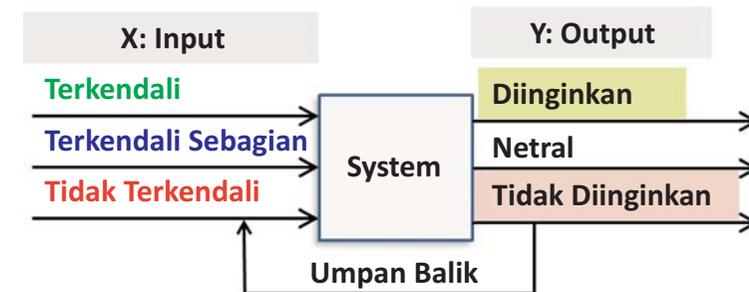
Pengelolaan SDA merupakan sistem yang kompleks, maka diperlukan suatu pendekatan sistem secara komprehensif. Sistem adalah kumpulan dari berbagai elemen struktural dan non-struktural yang terhubung dan diatur sedemikian rupa untuk mencapai beberapa tujuan tertentu melalui pengendalian dan distribusi sumber daya material, energi dan informasi. (Simonovic, 2009). Pengelolaan SDA berbasis wilayah sungai dengan perilaku alamiah siklus hidrologi dan perkembangan wilayahnya memerlukan pendekatan analisis sistem yang memerlukan pendekatan hidrinformatiks untuk mendukung pengambilan keputusan agar lebih efektif.

3.1. Analisis Sistem dan Daerah Aliran Sungai

Pendekatan analisis sistem SDA merupakan upaya pengintegrasian dari seluruh komponen yang berbeda pada suatu sistem DAS dalam rangka mengkaji kinerja dari suatu komponen sistem DAS tersebut secara keseluruhan. Dalam konteks sistem hidrologi dan hidraulika pada suatu DAS, hujan yang jatuh di atas permukaan lahan akan mengalir dan atau meresap akibat respon dinamis dan interaksi fisik hidrotopografi, hidrotopologi, sistem drainase dan sungai, yang memiliki karakteristik berbeda antar DAS. Teknik dasar yang berkaitan dengan analisa sistem SDA tersebut adalah teknik optimasi dan simulasi. Dimana, teknik optimasi memberikan solusi optimum yang global, sedangkan simulasi adalah pendekatan *trial and error* dalam upaya untuk mengidentifikasi solusi terbaik (Loucks et al., 1981).

Pendekatan analisis sistem dalam pengelolaan SDA diupayakan untuk meningkatkan kinerja sistem SDA di setiap DAS maupun wilayah sungai. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan kinerja sistem untuk menjaga optimalitas keberlanjutan pendayagunaan SDA (misalnya: alokasi air, pengoperasian waduk) dan pengendalian daya rusak air (misalnya: banjir, genangan, abrasi pantai dan pendukung peringatan dini). Input dan output pada suatu sistem dan representasinya pada suatu DAS diilustrasikan pada Gambar 10. Input tersebut terdiri dari input yang tidak terkendali (misalnya: hujan), input terkendali (misalnya: air yang dilepas dari waduk) dan input terkendali sebagian (misalnya: aliran pada

sungai di hilir waduk yang bertemu dengan sungai alami). Berbagai macam input yang di respon oleh DAS dan infrasktruktur SDA dapat menghasilkan output sesuai keinginan (misalnya: alokasi air baku untuk irigasi, air minum berasal dari waduk), output yang netral alamiah, dan output yang tidak diinginkan (misalnya: banjir). Output yang tidak diinginkan akan berumpan balik kepada input yang tidak terkendali atau terkendali sebagian, sehingga mencapai titik optimalnya dengan dukungan tahapan proses PSDAT.



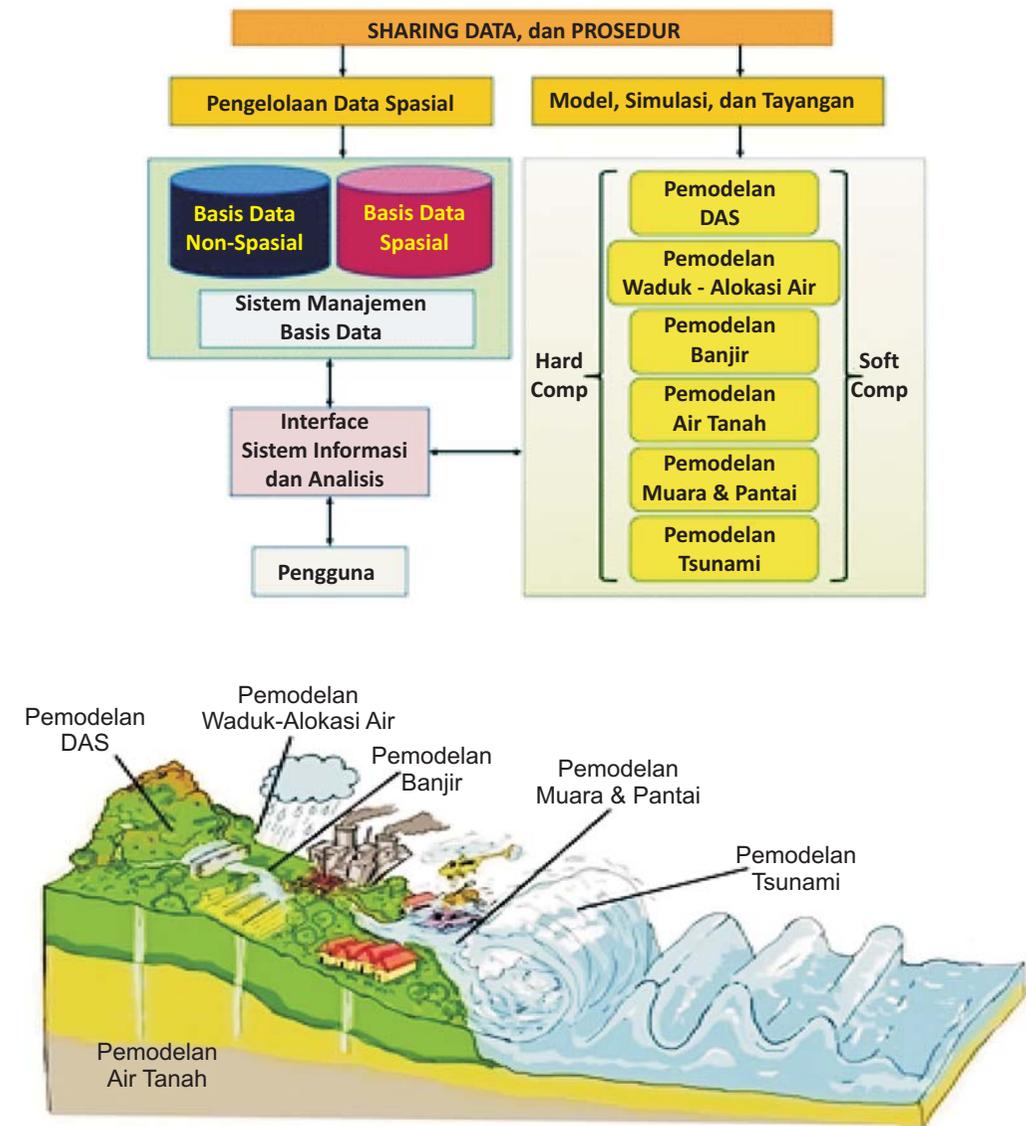
Gambar 10. Skematik Input dan Output (atas) pada suatu Sistem DAS (bawah) dengan Daya Dukung DAS: (a) menurun (tidak sesuai harapan), dan (b) terjaga (sesuai harapan)

3.2. Hidroinformatiks Pendukung Keputusan

Hidroinformatiks adalah sistem informasi dan pemodelan untuk pengelolaan SDA yang dapat digunakan sebagai alat bantu pendukung pengambilan keputusan secara terpadu. Hidroinformatiks memiliki peran tersendiri untuk dapat disinergikan dengan pendekatan sistem secara spasial dan temporal. Bidang hidroinformatiks dewasa ini telah berkembang pesat dengan mengintegrasikan *hard computing* dan *soft computing*. *Hard computing* berkaitan dengan aplikasi model hidrologi-hidraulika (baik *lumped* ataupun *distributed model*), sedangkan *soft computing* berkaitan dengan teknik optimasi, kecerdasan buatan yang salah satunya adalah jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) yang mampu mempelajari perilaku dan interaksi *input-output* sistem pada DAS.

Hidroinformatiks dewasa ini memegang peranan penting di dalam sistem pendukung keputusan SDA secara spasial (*Spatial Water Resources Decision Support System*), terutama berkaitan dengan pengelolaan SDA berbasis Wilayah Sungai. Sistem Pendukung Keputusan tersebut memiliki subsistem Basis Data, Subsistem Model dan Subsistem Dialog (*Grafik User Interface*), seperti disajikan pada Gambar 11. Dengan demikian, pendekatan analisis sistem berbasis hidroinformatiks untuk pemodelan di DAS berkaitan pengambilan keputusan, memerlukan dukungan perangkat lunak dan perangkat keras serta pengguna yang memadai. Bidang hidroinformatiks tidak hanya terbatas pada pemodelan hidrologi dan hidraulik saja, melainkan juga berkaitan dengan aspek sosial dan

ekonomi. Oleh karenanya pemodelan tersebut juga dapat diterapkan untuk pengembangan simulasi potensi risiko sosial ekonomi secara spasial.



Gambar 11. Komponen Sistem Pendukung Keputusan (atas) dan Ilustrasi aplikasi di DAS (bawah)

4. ANALISIS SISTEM DAN HIDROINFORMATIKS DALAM PENGELOLAAN SDA

Kompleksitas pengelolaan SDA mempersyaratkan pendekatan yang sinergi dan terpadu, dengan analisis sistem yang didukung penerapan teknik optimasi dan simulasi, hidroinformatiks dalam proses pengambilan keputusan. Beberapa kajian telah dilakukan dengan pendekatan analisis sistem dan hidroinformatiks, antara lain (i) peningkatan fungsi keberlanjutan sistem infrastruktur waduk, (ii) perubahan rezim aliran akibat dampak pembangunan kota, identifikasi daya rusak air (banjir), penentuan periode ulang berbasis resiko, (iii) pemodelan pendukung peringatan dini bencana tsunami. Kajian tersebut dilakukan dengan menerapkan *soft computing* dan atau *hard computing* sesuai kebutuhan masing-masing kajian. Kajian analisis sistem dan hidroinformatiks pada kasus dibawah ini pada dasarnya untuk mendukung pendayagunaan SDA dalam konteks tapak air, pengendalian daya rusak air, dan peringatan dini (banjir khususnya tsunami), termasuk SISDA.

4.1. Pemodelan Waduk Berkelanjutan Mendukung Pendayagunaan SDA

Waduk mempunyai peranan strategis dalam mendukung pengendalian dan pemanfaatan air dalam rangka mendukung konsep tapak air dengan meningkatkan ketahanan air, ketahanan pangan dan ketahanan energi. Kondisi waduk dapat terganggu akibat sedimentasi akibat keberadaan lahan kritis yang menyebabkan terjadinya erosi lahan

berlebihan, apabila hal ini tidak diatasi akan mengakibatkan kapasitas, umur, dan fungsi waduk menjadi menurun.

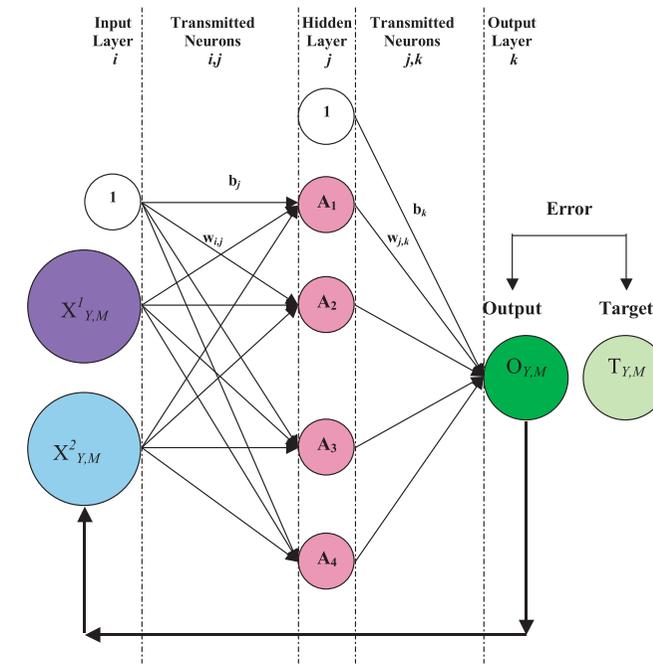
Mengingat pentingnya peranan waduk, dampak lahan kritis yang menyebabkan erosi lahan pada daerah tangkapan waduk perlu diantisipasi secara seksama. Sedimen tersuspensi akibat erosi lahan yang mengalir terbawa aliran sungai akan mengendap di waduk dan suatu saat dapat menyebabkan terjadinya pengurangan kapasitas volume aktif waduk dan hal tersebut akan lebih parah pada saat musim banjir (Morris and Fan, 1998). Oleh karena itu, salah satuantisipasi menghadapi sedimentasi waduk, dapat dilakukan dengan pengoperasian secara hidraulik untuk melepaskan sedimen dari waduk sehingga diperlukan sistem pembuangan sedimen melalui *bottom outlet*, agar daya guna waduk dapat di tingkatkan kembali.

Kasus pelepasan sedimen menggunakan teknik optimasi dan simulasi telah dikaji di waduk Sanmenxia, Tiongkok. Pendekatan pemodelan optimasi dan simulasi pengoperasian waduk tersebut dikembangkan dengan tujuan untuk meminimalkan pengendapan sedimen dan memaksimalkan produksi energi listrik. Pengoperasian waduk dengan melepaskan sedimen akan memberikan dampak penurunan energi listrik yang dihasilkan, karena sebagian air yang seharusnya masuk ke turbin pembangkit listrik, digunakan untuk penggelontoran sedimen melalui *bottom outlet*. Sistem input sedimen yang akan masuk ke waduk diestimasi dengan menerapkan jaringan syaraf

tiruan seperti yang disajikan pada Gambar 12 (Hadihardaja, 2009). Jaringan syaraf tiruan merepresentasikan cara kerja otak manusia yang selalu mencoba melakukan proses pembelajaran. Jaringan syaraf tiruan tersebut diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak yang memiliki kemampuan untuk menyelesaikan algoritma perhitungan berdasarkan proses pembelajaran (Kusumadewi, 2003). Jaringan syaraf tiruan memiliki tiga lapisan (*layer*) yakni *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. Input data ditranmisikan melalui jaringan syaraf dengan bobot tertentu dan ditransformasikan dengan fungsi aktivasi (*logistic function*) ke *hidden layer* hingga ke *output layer*. Hasil keluaran dari output layer dibandingkan dengan data observasi dan apabila terdapat perbedaan error yang cukup besar maka dilakukan optimasi untuk mencari bobot yang dapat meminimalkan error tersebut.

Gambar 12 menunjukkan penerapan jaringan syaraf tiruan sebagai bagian dari pemodelan pengoperasian waduk, dimana debit aliran yang merupakan input data jaringan syaraf tiruan diproses menjadi output laju sedimen yang masuk ke waduk. Sedimen yang keluar dari waduk melalui *bottom outlet* disimulasikan dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Xia pada tahun 1983.

Untuk dapat melakukan penggelontoran sedimen keluar dari waduk maka diperlukan kapasitas *bottom outlet* yang memadai. Oleh karena itu, waduk Sanmenxia tersebut direkonstruksi untuk memperbesar kapasitas *bottom outlet* sebagaimana disajikan pada Gambar 13.



Gambar 12. Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Inflow Sedimen Masuk ke Waduk Sanmenxia, Tiongkok (Hadihardaja, 2009)

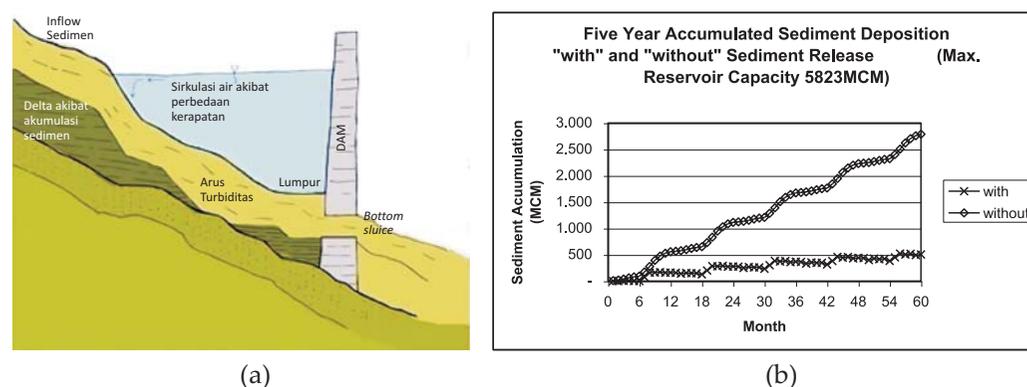
Perbedaan akumulasi sedimen di waduk berdasarkan hasil simulasi dengan melakukan pelepasan sedimen atau tidak, disajikan pada Gambar 14. Kajian ini mengindikasikan bahwa pelepasan sedimen untuk memperpanjang umur fungsi waduk secara hidraulik dapat dilakukan. Walaupun, pendekatan yang lebih efektif adalah dengan tetap melakukan upaya konservasi lahan di hulu waduk untuk mengurangi erosi lahan berlebihan.



(a)

(b)

Gambar 13. (a) Sanmenxia Saat Rekonstruksi (<http://www.chinatechgadget.com>) dan (b) Setelah Rekonstruksi (<http://www.greensos.cn>)



(a)

(b)

Gambar 14. (a) Ilustrasi Penggelontoran Sedimen (reproduksi; Morris and Fan, 1998) dan (b) Akumulasi Sedimen Waduk dengan dan tanpa Penggelontoran Sedimen (Hadihardaja, 2009)

4.2. Pendekatan Spasial Hidro Sosio-Ekonomi Mendukung Pengelolaan SDA

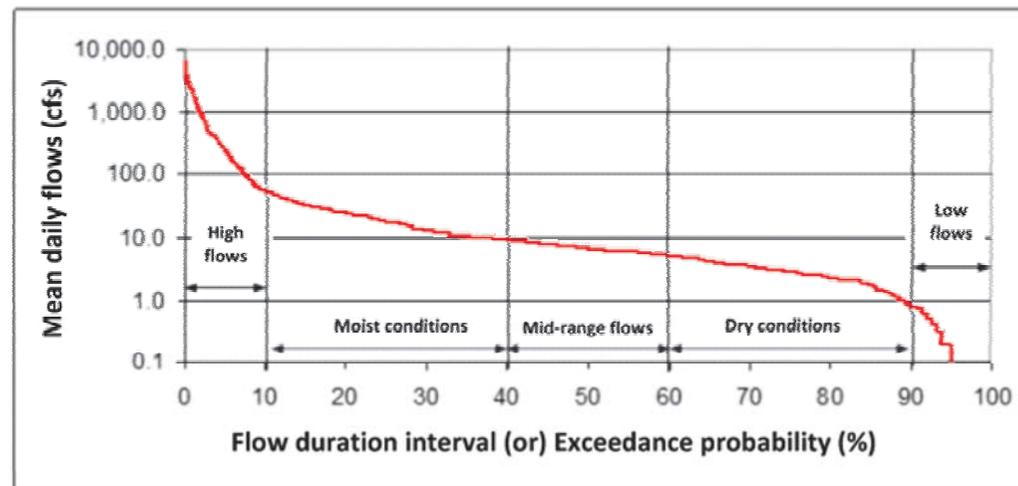
Pendekatan hidro sosio-ekonomi merupakan pendekatan yang menghubungkan sistem hidrologi dan hidraulika dalam konteks dampak sosial ekonomi dan lingkungan. Hal tersebut terkait dengan hubungan

antara DAS dan sistem wilayah secara spasial dan kegiatan sosial ekonomi yang saling berinteraksi. Perkembangan kota atas kebutuhan penduduk dan kegiatan berimplikasi terhadap perubahan tata guna lahan di DAS, menyebabkan perubahan keseimbangan hidrologi yang dapat menimbulkan bencana keairan yang berdampak balik terhadap kota itu sendiri.

Kekritisn DAS dan beban pengembangan kota/wilayah sangat mempengaruhi daya dukung DAS dan kesehatan sungai. Kesehatan aliran sungai tidak hanya di pandang dari kualitas airnya saja, melainkan juga dari sisi kuantitas debit yang mendukung perkembangan kota, DAS dan seluruh lingkungan ekosistem. Bertambahnya penduduk dan perubahan tata guna lahan dapat merubah rezim aliran, mengganggu kesehatan aliran (*stream health*) berefek terhadap kejadian banjir (*high flow*), berkurangnya debit andalan (*low flow*) suplai air.

Salah satu pendekatan untuk mengetahui kondisi rezim aliran dan kesehatan sungai dapat menggunakan kurva durasi aliran. Kurva tersebut adalah representasi grafis, hubungan antara frekuensi dan debit aliran sungai (*stream flow*) dan merupakan analisis penting untuk mengetahui bagaimana respon aliran limpasan pada suatu DAS (Fennessey and Vogel, 1990). Bentuk kurva durasi aliran dipengaruhi oleh pola curah hujan, ukuran & karakteristik fisik DAS, pengembangan sumber daya air dan tipe penggunaan lahan (Smakthi, 1999). Kurva durasi aliran dapat menggambarkan rentang aliran dan bagaimana perubahannya akibat berbagai skenario perkembangan kota dan efek perubahan penggunaan

lahan. Kurva durasi aliran menggambarkan persentase probabilitas suatu aliran akan sama atau terlampaui. Kurva durasi aliran berkaitan *low flow* (aliran rendah) menunjukkan aliran pada musim kering (*base flow*) dan *high flow* (aliran tinggi) yang menunjukkan potensi banjir sebagaimana yang disajikan pada Gambar 15.



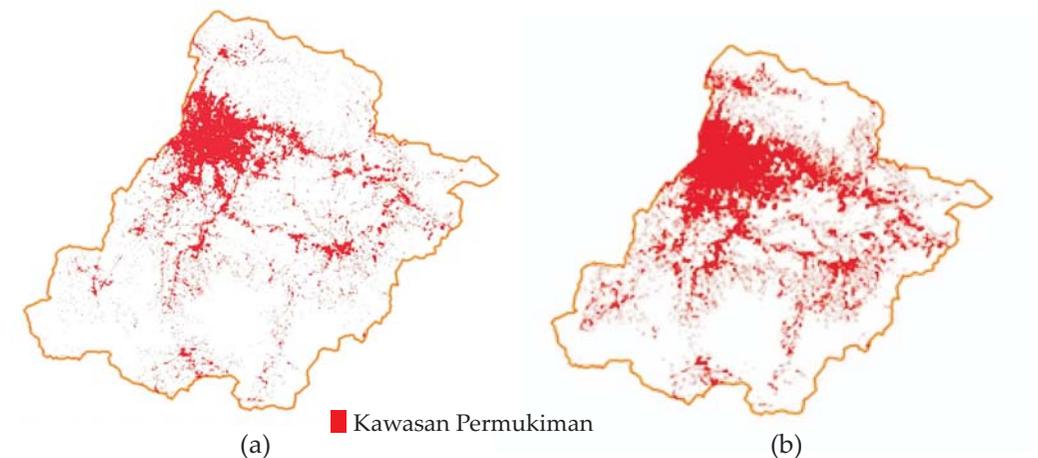
EPA Region 6 Water Quality Division, U.S Environmental Protection Agency

Gambar 15. Kurva Durasi Aliran dan Zona Kondisi Aliran (Debit)

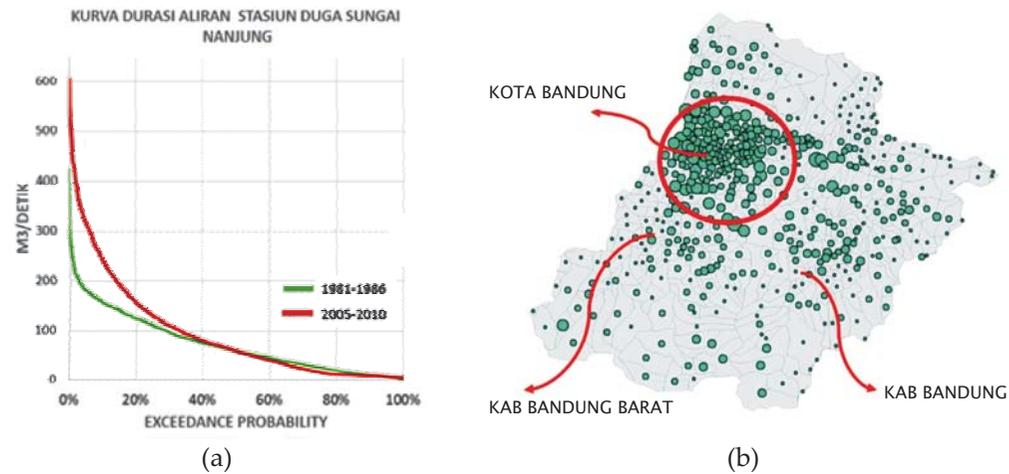
Kajian perubahan perilaku rezim aliran terhadap perkembangan kota/wilayah telah dilakukan di DAS Citarum hulu. DAS Citarum bagian hulu mempunyai beban tinggi akibat berkembangnya kota-kota dalam sistem cekungan Bandung antara lain: Kota Bandung, Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, kota Cimahi dan sebagian kecil Kabupaten Sumedang. Keberadaan kota-kota tersebut mempunyai korelasi yang kuat terhadap kondisi kesehatan aliran sungai yang menjadi

indikator terjadinya penurunan kualitas lingkungan, dan tata air yang bukan saja berdampak negatif terhadap kota-kota di cekungan Bandung, namun juga pada kota dan infrastruktur SDA (waduk) di wilayah hilirnya.

Perubahan tata guna lahan yang disajikan pada Gambar 16 (1986 dan 2010), berdampak pada perubahan rezim aliran sungai yang direpresentasikan dengan kurva durasi aliran periode tahun 1981-1986 dan 2005-2010, seperti yang disajikan pada Gambar 17. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan wilayah dan perubahan penggunaan lahan dapat menyebabkan terjadi pemuncakan pada zona *high flow* dan penurunan pada zona *low flow* (Nurcahyo dan Hadihardaja, 2015).



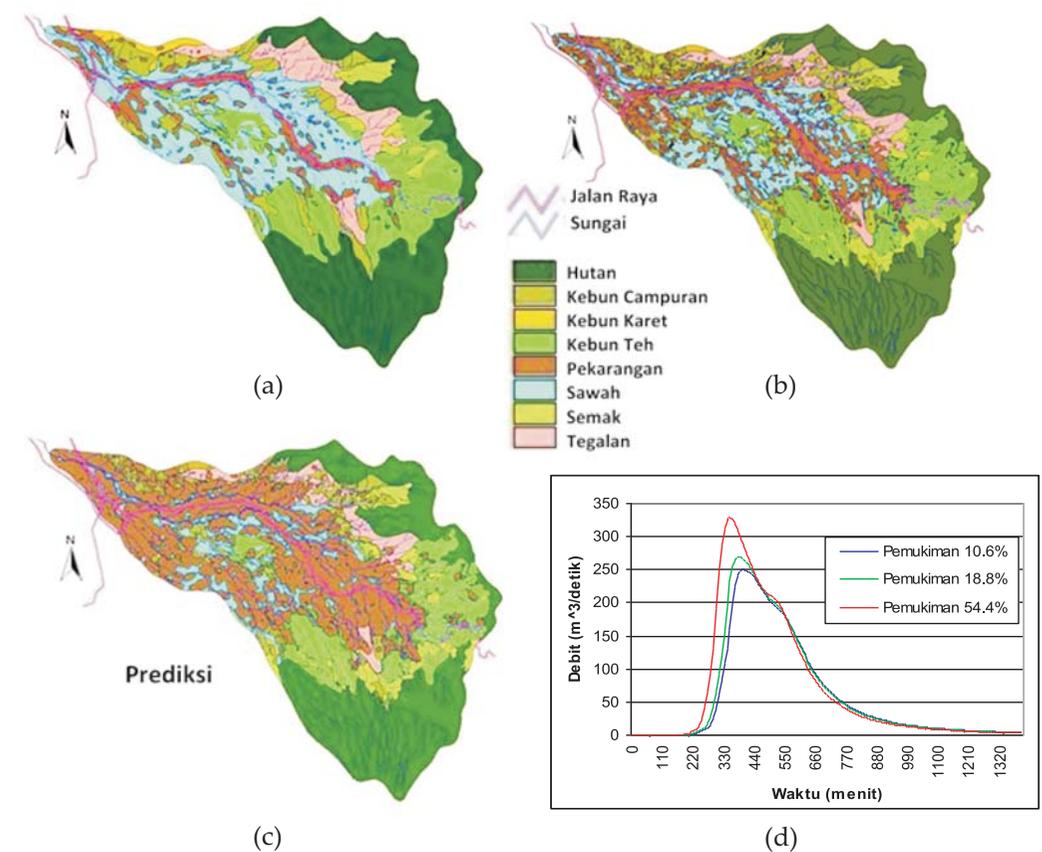
Gambar 16. (a) Perubahan Kawasan Permukiman 1986 dan (b) 2010 (Nurcahyo dan Hadihardaja, 2015)



Gambar 17. (a) Kurva Durasi Aliran, dan (b) Penyebaran Penduduk di DAS Citarum Hulu (Nurchahyo dan Hadihardaja, 2015)

Di sisi yang lain, perubahan penggunaan lahan yang mempengaruhi perilaku sistem hidrologi dan hidraulik dapat direpresentasikan dengan pendekatan hidrograf untuk kasus banjir, seperti yang telah dikaji pada DAS Ciliwung.

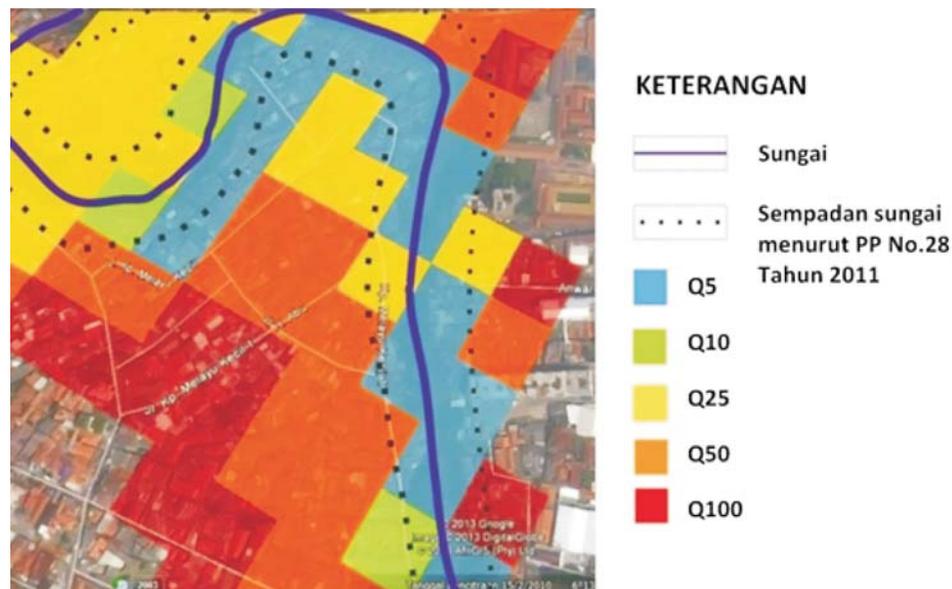
Perubahan penggunaan lahan pada DAS Ciliwung memiliki pengaruh besar pada perubahan debit sungai-sungai yang mengalir ke Jakarta Kota. DAS Ciliwung memiliki luas 337 km² dan panjang sungai 110 km. Berdasarkan kajian dengan perkembangan permukiman hingga 54% akan memberikan kontribusi peningkatan debit puncak yang dapat mengakibatkan potensi meluapnya air sungai di ruas-ruas tertentu di bagian hilirnya. Fenomena tersebut disajikan pada Gambar 18.



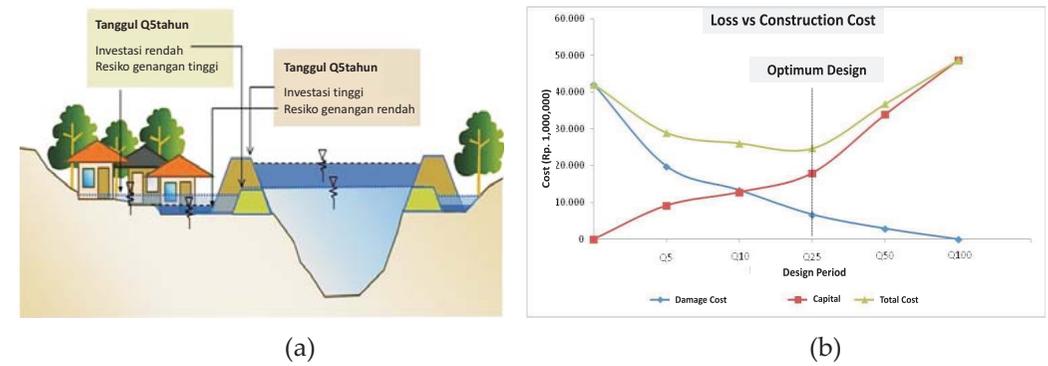
Gambar 18. Penutupan Lahan (a) Tahun 1994, (b) Tahun 2002, (c) Prediksi dan (d) Peningkatan debit puncak hidrograf akibat perubahan penutupan lahan (Hadihardaja dan Haji, 2006)

Pendekatan konvensional dalam penentuan periode ulang (*design period*) tidak mempertimbangkan aspek risiko atau dampak, sehingga diperlukan pendekatan berbasis risiko untuk menentukan periode ulang sebagai parameter design. Dalam hal ini, periode ulang yang seharusnya digunakan adalah yang memberikan indikasi biaya total investasi infrastruktur SDA dan biaya dampak banjir yang paling minimal.

Gambar 19 secara spasial menunjukkan hubungan periode ulang dengan luasan genangan tanpa intervensi, dimana semakin besar periode ulang, maka semakin luas genangannya. Namun apabila dilakukan intervensi perencanaan, maka semakin besar periode ulang yang digunakan, semakin mahal investasinya, tetapi dampak meluapnya air banjir dan genangan akan semakin kecil. Sebaliknya, apabila periode ulang yang digunakan semakin kecil, maka semakin murah investasinya, tetapi dampak meluapnya air banjir dan genangan menjadi semakin besar dan luas (Gambar 20 (a)). Gambar 20(b) menunjukkan periode ulang optimal yang dapat ditentukan berdasarkan total biaya investasi dan biaya dampak banjir yang paling minimal.

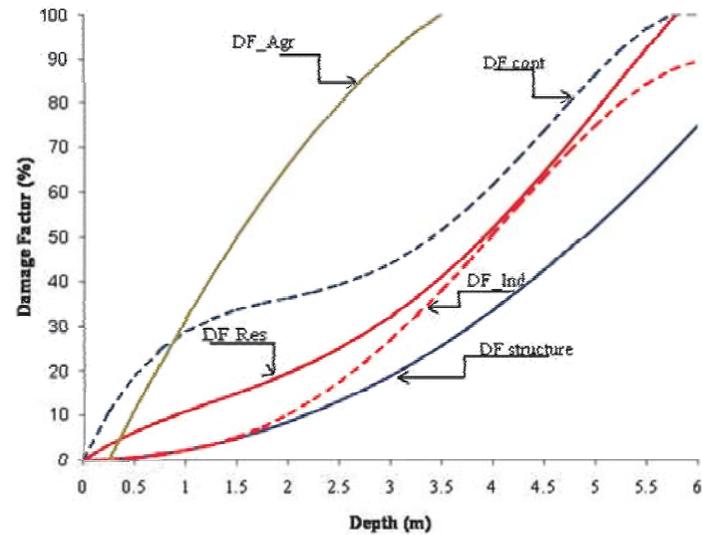


Gambar 19. Karakteristik Genangan Berdasarkan Periode Ulang



Gambar 20. Penentuan Periode Ulang berbasis Resiko Banjir (Pransiska, 2012)

Untuk melengkapi dampak kerugian kerusakan akibat banjir, maka telah dikembangkan model hubungan antara kedalaman genangan dan tingkat kerusakan di DAS Citarum hulu. Hubungan tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 21. Apabila kedalaman genangan diketahui dan jenis kawasan juga diketahui, maka faktor kerusakan dapat ditentukan. Dan apabila diketahui luas genangan masing-masing jenis kawasan secara spasial, harga satuan kerusakan per luas jenis kawasan, dan faktor kerusakan (*damage factor*), maka dapat dihitung total biaya kerusakan jenis kawasan/infrastruktur yang tergenang. Dimana jenis kawasan adalah pertanian (*DF_Agr*), industri (*DF_Ind*) dan hunian (*DF_Res*) yang terdiri dari bangunan (*DF_Structure*) dan isi bangunan (*DF_Cont*) (Sarminingsih et al., 2015). Hasil kajian model hubungan tersebut yang dilakukan di Citarum dapat dikembangkan untuk melengkapi model pada kasus Ciliwung.

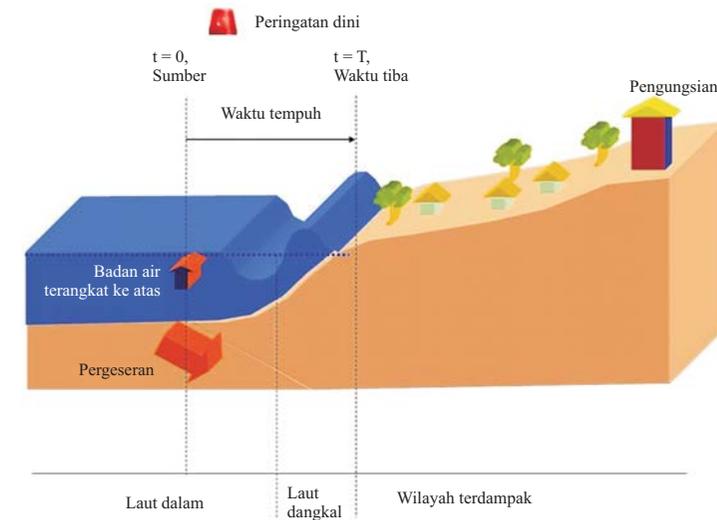


Gambar 21. Kedalaman Genangan dan Faktor Kerusakan (Sarminingsih et al., 2015)

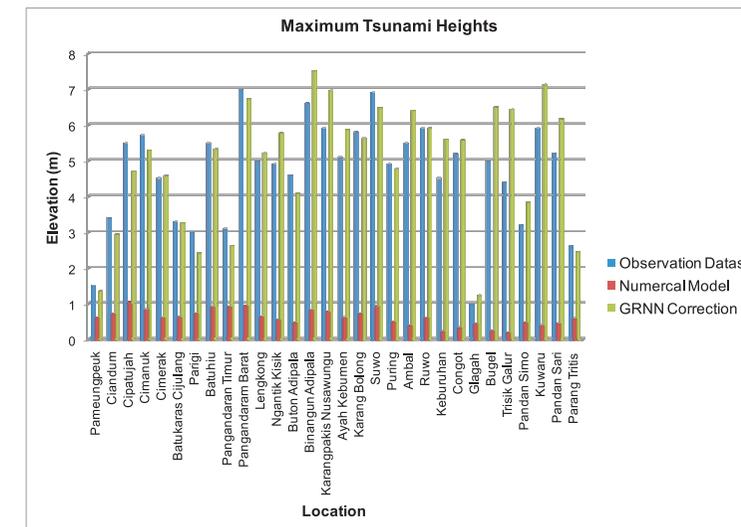
4.3. Pengembangan Basis Data Pendukung Peringatan Dini

Pengintegrasian **soft computing** dan *hard computing* juga dapat dimanfaatkan untuk pengembangan basis data tsunami. Tinggi gelombang tsunami di sekitar pantai dibangkitkan dengan pemodelan *hard computing* (metode numerik) untuk skenario gempa hipotetik yang mungkin terjadi. Model numerik ini digunakan untuk pembangkitan basis data tsunami karena keterbatasan data observasi terjadinya peristiwa tsunami. Basis data yang dibangkitkan tersebut digunakan sebagai proses pembelajaran jaringan syaraf tiruan (*soft computing*). Pada kasus ini, sumber gempa di laut dalam, sebagai input dan tinggi gelombang di lokasi pantai sebagai output, yang dijadikan pembelajaran jaringan syaraf tiruan (ilustrasi seperti pada Gambar 22). Kajian telah dilakukan di pantai selatan Jawa (Gambar 23). Hasil pemodelan jaringan

syaraf tiruan digunakan sebagai pendukung sistem peringatan dini untuk mempercepat pengambilan keputusan evakuasi di kawasan pantai yang berisiko terkena tsunami.

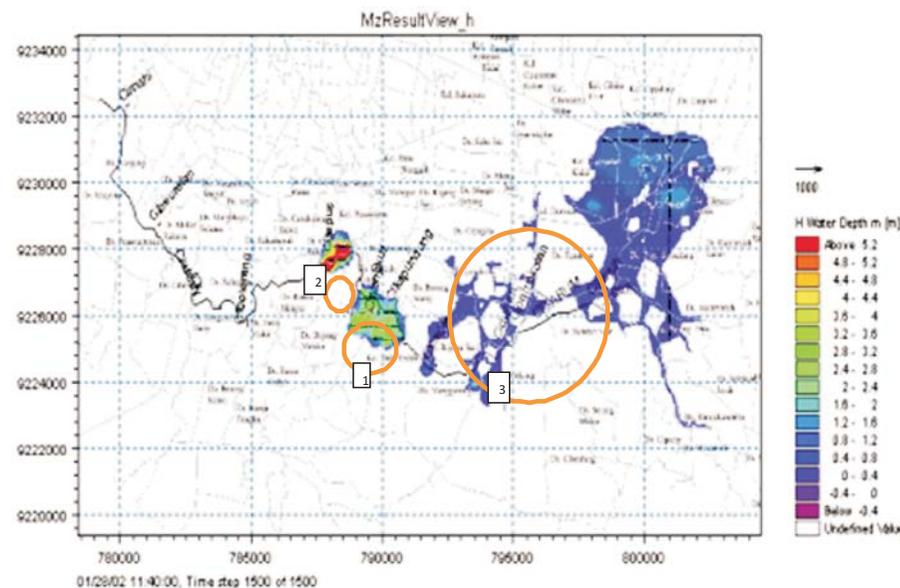


Gambar 22. Ilustrasi Rambatan Tsunami ke Pantai (Adityawan, 2007)



Gambar 23. Hasil Simulasi Tinggi Tsunami Model Numerik Dan Jaringan Syaraf Tiruan di Pantai Selatan Pulau Jawa (Hadihardaja et al., 2011)

Penerapan integrasi pemodelan numerik lainnya dan jaringan syaraf tiruan telah dikaji di DAS Citarum hulu untuk mendukung peringatan dini berkaitan dengan banjir (Hadihardaja et al., 2012). Kajian tersebut memprediksi karakteristik banjir berkaitan dengan luas genangan, kedalaman genangan, dan waktu rambatan pada titik lokasi yang ditinjau (Gambar 24). Prinsip yang sama pada kasus tsunami, digunakan sebagai analogi pembelajaran pada jaringan syaraf tiruan. Berbagai skenario hujan sebagai input, dan luas genangan, kedalaman genangan dan waktu rambatan banjir sebagai output, dapat dibangkitkan dengan menggunakan metode numerik sebagai basis data untuk proses pembelajaran jaringan syaraf tiruan.



Gambar 24. Tipikal Hasil Simulasi Genangan Banjir sebagai proses pembelajaran jaringan syaraf tiruan (Hadihardaja et al., 2012)

5. PELUANG DAN TANTANGAN DIMASA MENDATANG

Pendekatan analisis sistem berbasis hidroinformatiks dalam mendukung pengelolaan sumber daya air dalam konteks wilayah sungai merupakan suatu kebutuhan dimasa mendatang. Permasalahan yang sangat kompleks dalam sistem hidrologi dan hidraulika yang berhubungan dengan aspek sosial dan ekonomi, memunculkan perlunya pemahaman hubungan perkembangan wilayah/kota dan DAS yang saling berumpan balik dalam kerangka hidro sosio-ekonomi.

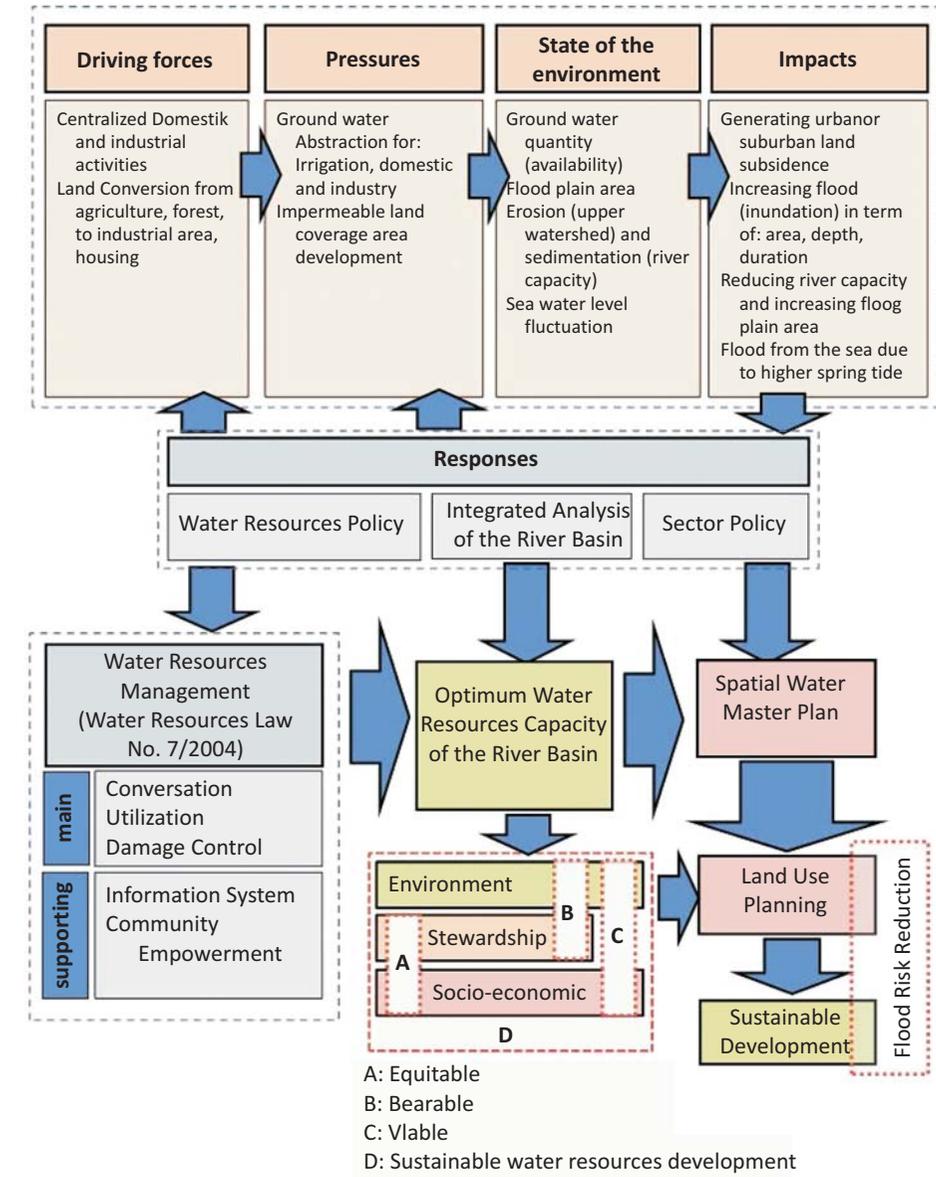
5.1. Pengintegrasian Sistem Hidrologi dan Kota/Wilayah

Kota/wilayah akibat tuntutan pertambahan penduduk dan perkembangan sektor produktif akan membutuhkan ruang yang berimplikasi pada perubahan tata guna lahan. Perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali akan mempengaruhi keseimbangan hidrologis DAS yang pada gilirannya memberikan dampak terhadap kota/wilayah itu sendiri melalui kejadian bencana keairan dalam bentuk banjir, kekurangan air, penurunan muka air tanah, dan penurunan kualitas air.

Tantangan kedepan adalah bagaimana kota tetap berkembang dan tumbuh, sehingga dapat memberikan manfaat dan kesejahteraan sosial ekonomi bagi masyarakatnya, namun tetap dapat mempertahankan daya dukung hidrologis DAS secara berkelanjutan. Untuk itu dibutuhkan pemahaman holistik melalui *sharing vision*, pendekatan analisis sistem, hidroinformatiks, dalam aspek sosio-ekonomi, lingkungan, perkem-

bangun wilayah/kota terhadap sistem fisik dan siklus hidrologi DAS, untuk mencapai hubungan yang optimal antara pencapaian tujuan pembangunan kota dan tujuan pembangunan DAS, dalam konteks proses PSDAT.

Dalam tataran kebijakan dan implementasinya, pemahaman dan pendekatan hubungan sistem hidrologi dengan kota/wilayah dapat menjadi dasar yang kuat dalam menyusun dan menjalankan kebijakan sumber daya air dengan kebijakan sektor lain secara terintegrasi. Rencana tata ruang yang mengatur Kota/wilayah, rencana pengelolaan sumber daya air yang mengatur DAS diharapkan dapat saling terintegrasi, dan tersinkronisasi dengan dukungan sistem basis data spasial, analisis dan permodelan SDA yang mendukungnya. Kota dan tekanannya terhadap lingkungan fisik dan respon kebijakan yang terpadu disajikan pada Gambar 25.



Gambar 25. Permasalahan Perencanaan Pengelolaan Sumber Daya Air Berkelanjutan (Hadihardaja et al., 2014)

5.2. Pengintegrasian Analisis Sistem dan Hidroinformatiks Sebagai Pendukung Pengelolaan SDA

Pengintegrasian analisis sistem dan hidroinformatiks merupakan suatu kebutuhan dalam mengantisipasi permasalahan yang berkaitan dengan pengelolaan sumberdaya air berbasis DAS dan wilayah sungai. Menjadi modal utama untuk mensimulasikan skenario optimal dalam menjawab tantangan yang kompleks berkaitan dengan perilaku sistem hidrologi dan hidraulik akibat perubahan penggunaan lahan dan kegiatan ekonomi dan sosial.

Teknik optimasi dengan model jaringan syaraf tiruan sebagai bagian pendekatan analisis sistem dan hidroinformatik, dapat dimanfaatkan tidak hanya untuk mempelajari perilaku hidrologi dan hidraulik dalam hubungan hujan dan limpasan, prediksi gelombang banjir dan tsunami namun juga dapat diaplikasikan pada sistem perilaku hidrologi dan hidraulik yang lain. Misalnya, pintu pengendali banjir pada suatu sistem drainase, pengendalian pintu di rawa pasang surut, dan pengaturan pintu irigasi dalam rangka modernisasi sistem jaringan infrastruktur tersebut (*smart water gate control*).

Penerapan *zero delta Q policy* dan *low impact development* sebagai konsep dan tolok ukur pembangunan dan dampaknya yang harus tetap menjaga daya dukung SDA. Seyogyanya menjadi prinsip dalam pengendalian banjir dan genangan, sistem pengelolaan drainase akibat intervensi perubahan tata ruang kota/wilayah pada suatu DAS atau wilayah sungai. Penerapan *zero delta Q policy* dan *low impact development* mempunyai

implikasi luas dalam penerapannya, melibatkan teknik dan pendekatan pengukuran dampak, hubungan sebab akibat dampak, memahami perilaku hidrologi dan hidraulika dalam sistem daerah aliran sungai sebagai mekanisme utama. Kesemuanya berkaitan dengan aspek hidro sosio-ekonomi yang membutuhkan pendekatan analisis sistem dan dukungan hidroinformatiks.

5.3. Instrumentasi, Perangkat Keras, Perangkat Lunak, dan Sistem Informasi SDA

Perangkat keras dan lunak, serta sistem informasi SDA menjadi bagian penting dalam sistem teknis pendukung perencanaan pengelolaan SDA. Dewasa ini keterbatasan data dan tingginya biaya mendapatkan data menjadi kendala utama. Padahal data yang akurat dan valid, beserta ketersediaan yang berkesinambungan menjadi prasyarat untuk menjadi data masukan yang memadai untuk kepentingan analisis dan pemodelan, baik untuk kepentingan model numerik hidrologi dan hidraulika (*hard computing*) maupun model pengambilan keputusan (*soft computing*). Di Indonesia jumlah DAS dan Wilayah sungai yang perlu ditangani, karena masalah yang dihadapi, tidak sebanding dengan dukungan dan ketersediaan data untuk kepentingan perencanaan dan analisis. Disisi lain perangkat lunak dan keras mempunyai kebutuhan spesifik terhadap masukan datanya, baik data spasial, maupun temporal. Sehingga dibutuhkan standarisasi pendataan dan standarisasi perangkat keras dan lunak secara terpadu.

Melalui standarisasi dan keterpaduan data, perangkat lunak dan keras, prediksi dan estimasi perilaku hidrologi dan hidraulik akan dapat lebih dipertanggung-jawabkan hasilnya. Lebih efisien dan efektif dalam penggunaan bagi user/pengguna di tingkat Nasional, daerah dan sektor. Data dan perangkat lunak/keras dapat dimanfaatkan bersama, diperbaharui bersama untuk kepentingan semua DAS dan wilayah sungai di Indonesia. Hal ini dapat mendukung proses rencana pengelolaan SDA dan implementasi, serta monitoring dan evaluasinya secara lebih efektif dan dapat dipertanggung jawabkan.

6. PENUTUP

Pengelolaan sumber daya air berbasis wilayah sungai merupakan langkah terencana dalam upaya mencari pencapaian keseimbangan optimal antara tujuan menjaga daya dukung DAS dan wilayah sungai, tujuan memenuhi kebutuhan manusia terhadap air, dan tujuan upaya meminimalkan daya rusak akibat bencana keairan. Subsistem yang dikelola meliputi sub sistem fisik alami, sub sistem kegiatan manusia, dan sub sistem infrastruktur.

Pendekatan analisis sistem dan hidroinformatiks menjadi bagian penting pengelolaan SDA untuk mendukung pencapaian optimal pengelolaan SDA, melalui analisis situasi yang memberi masukan teknis terhadap kebijakan, strategi, perencanaan, dan implementasi agar lebih berkualitas.

Pencapaian optimal pengelolaan SDA membutuhkan perangkat perencanaan sesuai dengan tahapan proses PSDAT, membutuhkan dukungan kerja sama koordinatif dengan memanfaatkan *sharing vision*, penggunaan teknologi informasi dan basis data yang memadai. Basis data sebagai perangkat perencanaan pengelolaan SDA dalam kerangka *One Spatial Data Base Policy for River Basin Decision Making Process*, menjadi pemikiran penting untuk diterapkan dimasa mendatang.

Untuk mendukung hal tersebut diatas, perlunya peningkatan kerja sama antar disiplin ilmu terkait baik di lingkungan ITB, perguruan tinggi mitra dan pemerintah terkait, agar dapat bersinergi untuk dapat bekerja sama dalam pengembangan bidang keilmuan lebih lanjut dan mengaplikasikannya, dalam rangka menuju ketahanan sumber daya air yang berkualitas di wilayah sungai secara nasional.

7. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama saya memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, bahwasannya atas segala karuniaNya yang telah dilimpahkan hingga saat ini. Pada hari yang berbahagia ini, perkenankanlah saya menyampaikan kepada yang terhormat Rektor dan Pimpinan ITB, Pimpinan dan seluruh Anggota Forum Guru Besar ITB, atas kesempatan yang diberikan kepada saya untuk menyampaikan orasi ilmiah di hadapan para hadirin sekalian pada forum yang terhormat ini.

Dengan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga, saya sampaikan kepada kedua orang tua saya, ayahanda Prof. Joetata Hadihardaja dan Ibunda R.A. Enny Keatin Diponegoro; juga kepada kedua mertua saya, Ayahanda H. Mochammad Tuis, BA dan Ibunda Anny Siti Nuraini, atas perhatian, motivasi, doa, dan kasih sayangnya; serta adik-adik dan saudara ipar atas segala dukungannya.

Penghargaan dan terima kasih yang tiada terkira saya sampaikan untuk istri tercinta dr. Lisa Adhia Garina, Msi. Med., SpA.; yang telah bersabar dan setia mendampingi saya dalam suka maupun duka. Demikian juga kedua putri tersayang, Almira Kridarahmanda dan Elita Kridavirmata yang telah menjadi sumber inspirasi.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Dekan FTSL, Prof. Suprihanto Notodarmojo beserta pimpinan dan staf kantor FTSL yang telah memberikan motivasi dan dukungan bantuan proses kenaikan jabatan fungsional.

Ungkapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Prof. Hang Tuah (Alm.), Prof. Bambang Boediono, Prof. Indratmo Soekarno, Prof. Arwin Sabar, Prof. Nur Yuwono (UGM), Prof. Neil S. Grigg (CSU, USA), dan Prof. Suripin (UNDIP), yang telah memberikan rekomendasi dan dukungan kenaikan jabatan saya ke Guru Besar.

Perkenankan juga saya menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Prof. Martono Martodiputro (Alm.), Prof. Wiranto Arismunandar, Prof. Sahari Besari, Prof. Adang

Surachman, dan Dr. Suhardjito Pradoto (Alm.), Prof. Maurice L. Albertson (CSU, USA), Prof. Bao Sheng Wu (Tsing Hua University, China), Mr. Long Yuqian, MSc., (Yellow River Conservancy Commission, Zhengzhou, China) yang telah memberikan motivasi untuk melanjutkan dan dukungan selama studi di Colorado State University, USA.

Penghargaan setinggi-tingginya saya sampaikan kepada Rektor Universitas Gunadarma, Prof. E.S. Margianti, dan Prof. Suryadi sebagai Pembantu Rektor II Universitas Gunadarma yang telah memberikan fasilitas studi lanjut jenjang S2 dan S3 di Colorado State University, USA. Ungkapan yang sama saya sampaikan juga kepada para pimpinan Universitas Gunadarma dan rekan-rekan dosen di lingkungan Universitas Gunadarma, khususnya FTSP jurusan Teknik Sipil dan Teknik Arsitektur.

Ungkapan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada para rekan di lingkungan Direktorat Jenderal Sumber Daya Air dan Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; dan para kolega di asosiasi profesi Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia dan CKNet-INA (*Collaborative Knowledge Network* Indonesia), dan para kolega dari UGM, ITS dan UNDIP, yang telah memberikan kesempatan berbagi pengalaman di bidang sumber daya air.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Dr. Hamzah Latief, Prof. M. Syahril, B.K., Prof. Eelco van Beek (University of Twente, Deltares), Prof. Wil Thiesen (TU-Delft), yang telah bekerja sama dalam

pengembangan penelitian baik dalam skala nasional maupun internasional.

Ucapan terimakasih disampaikan secara khusus Prof. Sugandar Sumawiganda, Ir. Hasan Bachri, M.Eng., Dedy Tjahyadi Dipl H.E, Ir. Mulyana W., M.Eng., pada seluruh anggota KK Teknik Sumber Daya Air, yaitu Ir., Dr. Ir. Sri Legowo, Dr. Edy Anto Soentoro, Dr. M. Cahyono, Dr. Agung Wiyono, Dr. Dance K, Dr. Joko N, Dr. Dhemi H, Ir. Hernawan, M., MT, Dr. Ir. Hadi K, Dr. Yadi S., Dr. Ir. Arno, Dr. Ir. M. Farid, Ana Nurganah, MT, Widyaningtias, Ph.D., Ir., dan Dr. Hendra Achiari (KK-Pantai), dan seluruh Staf Administrasi KK-TSA, Ibu Yuyun Fauzi, Bapak Supardi, Bapak Rahmat Lisau, atas segala dukungan dan bantuannya dalam menjalankan tugas Tri Dharma Perguruan Tinggi.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya juga disampaikan kepada para mahasiswa S2 dan S3 (khususnya alumni: Sugeng Sutikno, Iyan E. Mulia, Dian Indrawati, Yuyus Rudimansah, Aditia Rojali, Azmeri, Anik Sarminingsih, Ariani), dan yang telah banyak bekerja sama dalam pelaksanaan penelitian di lingkungan ITB dan publikasi ilmiah.

Semoga segala kebaikan tersebut mendapat penghargaan yang setinggi-tingginya dari Allah SWT dengan kebaikan yang dilipatgandakan. Dan semoga kita selalu dapat berkarya untuk Nusa dan Bangsa Indonesia yang tercinta ini. Amin.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityawan, M.B., 2007. "Pemodelan Aliran Permukaan 2D Pada Suatu Lahan Akibat Rambatan Tsunami". Tesis, Program Studi Magister Teknik Sipil, ITB, 2007.
- Cap-Net, 2005. "Integrated Water Resources Management Plans". Training Manual and Operational Guide
- EPA Region 6, Water Quality Protection Division, U.S. Environmental Protection Agency
- Fennessey, N., and Vogel, R.M., 1990. "Regional Flow Duration Curves for Ungauged Sites in Massachusetts". *Journal of Water Resources Planning and Management*, 116(4), 530-549.
- Gleick, P.H., 1993. "Water Water in Crisis". New York Oxford University Press
- Global Water Partnership (GWP), 2001. "Integrated Water Resources Management". GWP Box, Stockholm, Sweden
- Grigg, Neil S., 1996. "Water Resources Management: Principles, Regulation, and Cases". McGraw-Hill.
- Hadihardaja I.K., Latief, H., Mulya, I. E., 2011. "Decision Support System For Predicting Tsunami Characteristic along Coastline Area Based On Database Modeling Development". *Journal of Hydroinformatics*, Vol 13 No.1, pp. 96-109, ISSN Print: 1464-7141 - 13.1.2011, International , IWA Publishing, doi 10.2166/hydro 201.001

Hadihardaja, I.K. Haji, T.S., 2006. "Sistem Informasi dan Model Simulasi untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Banjir Perkotaan". Seminar Nasional Keairan, Universitas Diponegoro.

Hadihardaja, I.K., 2009. "Decision support system for optimal reservoir operation modelling within sediment deposition control". *Water Science & Technology-WST* Vol.59 No.3 ISSN Print 0273-1223, pp 479-489, © IWA Publishing, doi: 10.2166/wst.2009.869)

Hadihardaja, I.K., Indrawati, D., Suryadi, Y., & Grigg, N.S., Editor: C.A. Brebbia, 2012. "Decision support system for predicting flood characteristics based on database modelling development (case study: Upper Citarum, West Java, Indonesia)". *Wessex Institute of Technology, UK, Sustainability Today, Section 4: Water resources issues*, pp.375-388. © WIT Press, Printed in Great Britain by Lightning Source, UK. ISBN: 978-1-84564-652-3 eISBN: 978-1-84564-653-0

Hadihardaja, I.K., Kuntoro, A.A., Farid, M., 2014. "Flood Management for Risk Reduction: Case Study of River Basin in Indonesia". *Chuncheon Global Water Forum 2014: Water and International Cooperation, Ladena Resort Chuncheon, Gangwon-do, Korea.*

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., 2007. "Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern". *Water Resour Manage* 21(1):35–48.

Hoekstra, A.Y., 2006. "The global dimension of water governance: nine reasons for global arrangements in order to cope with local water

problems". http://doc.utwente.nl/58371/1/Report_20.pdf.

<http://www.chinatechgadget.com/wp-content/uploads/2011/10/sanmenxia-2.jpg>, Sanmenxia Under Reconstruction

<http://www.greensos.cn/uploadFiles/2010-08/1282212126171.jpg>, Sanmenxia after reconstruction

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2014. "Pengelolaan Sumber Daya Air di Indonesia", Direktorat Jenderal Sumber Daya Air

Kementerian Pekerjaan Umum, 2013. "Tapak Air dan Strategi Penyediaan Air di Indonesia". Direktorat Jenderal Sumber Daya Air

Kodoatie, R.J., and Sjarief, R., 2008. "Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu". Penerbit Andi, Edisi 2

Kusumadewi, S., 2003. "Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)". Graha Ilmu, Cetakan Pertama

Loucks, D.P., Stedinger, J.R., and Haith, D.A., 1981. "Water Resource System Planning and Analysis". Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall

Morris, G.L., and Fan, J., (1998). "Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use". *Reservoir Sedimentation Handbook*, The McGraw-Hill Companies, Inc.

Nurcahyo, H., Hadihardaja, I.K., 2015. "Kajian Perubahan Rezim Aliran Akibat Perubahan Tata Guna Lahan pada Kasus DAS Citarum Hulu". Pusat Pengembangan Sumber Daya Air, Institut Teknologi Bandung.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2011 Tentang Kebijakan Nasional Pengelolaan Sumber Daya Air

Pransiska, H.D., 2012. "Kajian Pemodelan Spasial dan Hidro-Ekonomi untuk Menentukan Debit Banjir Rencana di Sungai Ciliwung DKI Jakarta (*Study of Spatial Modeling and Hydro-Economy for Determining Flood Discharge in Ciliwung River, DKI, Jakarta*)". Tesis, Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, ITB, 2012.

Pusat Penelitian Sumber Daya Air, 2011. "Potensi Ketersediaan Air pada Wilayah Sungai di Indonesia". Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Jakarta.

Rekacewicz, P., 2002. "The World's Surface Water: Precipitation, Evaporation and Runoff by Region". UNEP, March.

Sarminingsih, A., Soekarno, I., Hadihardaja I.K., and Syahril, M., 2015. "Flood Vulnerability Assessment of Upper Citarum River Basin, West Java, Indonesia". International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 9, Number 23 (2014) pp. 22921-22940 ©Research India Publications <http://www.ripublication.com>

Simonovic, S.P., 2009. "Managing Water Resource Methods and Tools for a Systems Approach". UNESCO Publishing

Smakhtin, V.U., 1999. "A concept of pragmatic hydrological time series

modeling and its application in South African context". Ninth South African National Hydrology Symposium: 29-30 November 1999. 1-11.

Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, Asli dan Hasil Amandemen

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air

Xia, M., (Editor), 1983. "Sediment Problems in Design and Operation of Medium and Small Size Reservoirs". Science Press, Beijing, People's Republic of China.

CURRICULUM VITAE



Nama : **IWAN KRIDASANTAUSA
HADIHARDAJA**
Tmpt./Tgl Lahir : Semarang, 2 Juli 1967
Kel. Keahlian : Teknik Sumber Daya Air
Alamat Kantor : Jalan Ganesha 10 Bandung
Nama Istri : Lisa Adhia Garina
Nama Anak : 1. Almira Kridarahmanda
2. Elita Kridavirmata

I. RIWAYAT PENDIDIKAN

- Doctor of Philosophy (Ph.D.), bidang Water Resources Engineering/Management, Colorado State University (CSU), USA, 2000
- Master of Science (MS), bidang Water Resources Engineering/Management, Colorado State University (CSU), USA, 1998
- Sarjana Teknik Sipil (Ir), Institut Teknologi Bandung (ITB), 1992

II. RIWAYAT KERJA di ITB

- Staf Pengajar Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB, 1993-Sekarang
- Ketua Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, 2010-2013

- Ketua Program Studi Sarjana Teknik dan Pengelolaan Sumber Daya Air, 2014-Sekarang

III. RIWAYAT KEPANGKATAN

- CPNS, III/A, 1 Maret 1993
- Penata Muda, III/A, 1 April 1994
- Penata Muda TK 1, III/B, 1 Oktober 1997
- Penata, III/C, 1 Oktober 2003
- Penata TK 1, III/D, 1 Oktober 2006
- Pembina, IV/A, 1 Oktober 2008
- Pembina TK 1, IV/B, 1 Oktober 2010
- Pembina Utama Muda, IV/C, 1 Oktober 2013

IV. RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL

- Asisten Ahli Madya, 1 Desember 1994
- Asisten Ahli, 1 Juni 1997
- Lektor, 1 Maret 2003
- Lektor Kepala, 1 November 2005
- Profesor/Guru Besar, 1 Mei 2013

V. KEGIATAN PENELITIAN

- Wil Thissen (TU-Delft), Eelco Van Beek (University of Twente, Deltares), **Iwan K. Hadihardaja (ITB)**, M. Shah Alam Khan (BUET, Bangladesh), Hans Middelkoop (Utrecht University), Frans Klijn, Maminul Haque Sarker, Bambang Hargono; Adaptive

Delta Management, Urbanising Delta of the World-Integrated Research Project, Case Study in Ciliwung (Jakarta) and Ganges (Bangladesh) Delta, 2014-2018

- **Iwan K. Hadihardaja**, Hamzah Latief, Dhemi Harlan, Yuyus Rudimansah, Aditia Rojali, Dian Indrawati; Pengembangan Basis Data dengan Faktor Koreksi Bergerak untuk Pembelajaran Model ANN dalam Aplikasi Sistem Informasi Tsunami, SKIM STRATEGIS NASIONAL, Penelitian Strategis Nasional untuk pendanaan tahun 2012, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional, 2013
- **Iwan K. Hadihardaja**, Hendra Achiari, Yuyus Rudimansah, Dian Indrawati; Pengembangan Basis Data dengan Faktor Koreksi Bergerak untuk Pembelajaran Model ANN dalam Aplikasi Sistem Informasi Tsunami, SKIM STRATEGIS NASIONAL, Penelitian Strategis Nasional untuk pendanaan tahun 2012, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional, 2012
- M. Syahril B. K., **Iwan K. Hadihardaja**, Hadi Kardhana, Mohammad Farid, Arno Adi Kuntoro, Rasmiaditya Silasari; Evaluasi Sistem Pengelolaan Sumber Daya Air untuk Adaptasi Perubahan Iklim, Penelitian Prioritas Nasional, Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia 2011-2025, 2012
- **Iwan K. Hadihardaja**, Joko Nugroho, Yadi Suryadi, Dian Indrawati; Pemodelan Sistem Informasi Spasial untuk Mitigasi Bencana Banjir menggunakan Jaringan Syaraff Tiruan (JST) dengan Pengembangan Basis Data, Hibah Fundamental,

Direktorat Pendidikan Tinggi, 2011

- **Iwan K. Hadihardaja**, M. Syahril B.K., Dantje Kardana; Estimation of Streamflow and Sediment Rate Based on Point Rainfall Using Artificial Neural Network in Upper Citarum River Basin, Indoneisa, Hibah Kompetisi Jurnal Internasional, Direktorat Pendidikan Tinggi, 2009
- **Iwan K. Hadihardaja**, Dhemi Harlan; Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Hidrograf Banjir Daerah Aliran Sungai terukur dan tidak terukur, Riset Hibah Bersaing Tahap II, Direktorat Pendidikan Tinggi, 2009
- **Iwan K. Hadihardaja**, Dhemi Harlan; Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Hidrograf Banjir Daerah Aliran Sungai terukur dan tidak terukur, Riset Hibah Bersaing Tahap I, Direktorat Pendidikan Tinggi, 2008
- M. Syahril BK., **Iwan K. Hadihardaja**; Kajian Model Matematik Aliran Permukaan Akibat Rambatan Banjir pada suatu lahan, Hibah Pasca, Direktorat Pendidikan Tinggi, 2007 dan 2008

VI. PUBLIKASI

- Sarminingsih, A., Indratmo Soekarno, **Iwan K. Hadihardaja** and Syahril B. Kusuma, 2015. "Flood Vulnerability Assessment of Upper Citarum River Basin, West Java, Indonesia". International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 9, Number 23 (2014) pp. 22921-22940 © Research India Publications <http://www.ripublication.com>
- Nurhayati, Indratmo Soekarno, **Iwan K. Hadihardaja**, and M., Cahyono, 2013. "The Prediction of Graoundwater Level on Tidal

Towlands Reclamation Using Extreme Learning Machine". Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Volume 56 No.1.

- **Iwan K. Hadihardaja**; Decision support system for optimal reservoir operation modelling within sediment deposition control, Water Science & Technology-WST Vol.59 No.3 ISSN Print 0273-1223, pp 479-489, © IWA Publishng 2009 doi: 10.2166/wst.2009.869)
- Sri Legowo, **Iwan K. Hadihardaja** & Azmeri; Estimation of Bank Erosion Due to Reservoir Operation in Cascade (Case Study: Citarum Cascade Reservoir), ITB J. Eng. Sci. Vol. 41, No. 2, 2009, pp.148-166
- **Iwan K. Hadihardaja**, Hamzah Latief, Iyan E. Mulya; Decision Support Sistem For Predicting Tsunami Characteristic along Coastline Area Based On Databse Modelling Development, Journal of Hydroinformatics, Vol 13 No.1, pp. 96-109, ISSN Print: 1464-7141 - 13.1.2011, International , IWA Publishing 2011, doi 10.2166/hydro201.001
- **Iwan K. Hadihardaja**, Neil S. Grigg ; Decision Support System for Irrigation Maintenance in Indonesia: A Multi-Objective Optimization Study, Water Policy Journal, Vol 13 No. 1, (2011) (pp. 18-27), ISSN Print : 1366-7017, International Water Association, doi: 10.2166/wp.2010.051
- Azmeri, **Iwan. K. Hadihardaja**, Sri Legowo ; Determination of the Cascade Reservoir Operation for Optimal Firm-Energy Using Genetic Algorithms , Aceh International Journal of Science and Technology, Vol 2, Iss 2, Pp 44-50 (2013), ISSN(s) : 2088-9860

- Sri Legowo, **Iwan K. Hadihardaja**, Azmeri ; Estimation of Bank Erosion Due To Reservoir Operation in Cascade (Case Study: Citarum Cascade Reservoir), ITB Journal of Engineering Science, Vol 41, Iss 2, Pp 148-166 (2009), ISSN(s): 1978-3051
- **Iwan K. Hadihardaja**, Sri Sangkawati, Joetata Hadihardaja ; Cost Sharing and Water Pricing to Improve River Water Quality, International Journal of Waste Resources, Vol 3, Iss 1, Pp 26-33 (2013), ISSN(s): 2252-5211
- Indra Agus, **Iwan K. Hadihardaja**, Perbandingan Hidrograf Satuan Teoritis Terhadap Hidrograf Satuan Observasi DAS Ciliwung Hulu, Jurnal Teknik Sipil, Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, Vol. 18 No. 1 April 2011, hal. 55-70, ISSN 0853-2982, terkreditasi - SK .No. 83/DIKTI/Kep/2009 , (Akreditasi B)
- Bakhtiar, Joetata Hadihardaja, **Iwan K. Hadihardaja**, Determining The Critical Degree of Reservoir Lifetime for The Saguling Reservoir Based on The Sediment Inflow Simulation, Jurnal Teknik Sipil, Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, Vol. 17 No. 1 April 2010, hal. 47-62, ISSN 0853-2982, terkreditasi - SK .No. 83/DIKTI/Kep/2009 , (Akreditasi B)
- S. Legowo, **Iwan K. Hadihardaja**, Susi Rabuanawati; Pengoperasian dan Umur Guna Waduk (Studi Kasus : Waduk Cimeta Padalarang), Jurnal Teknik Sipil, Vol.13 No.4, Okt ober 2006, No.ISSN 0853-2982, terkreditasi - SK .No. 23a/DIKTI/Kep/2004 (Akreditasi B)
- **Iwan K. Hadihardaja**, Syahril B. Kusuma, Dantje Kardana, Sugeng Sutikno; Pemodelan Curah Hujan - Limpasan - Sedimen

dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan", Berkala Ilmiah Teknik KEAIRAN. No. 2 Tahun 13 Desember 2006. ISSN : 0854-4549, Akreditasi No.23a/Dikti/Kep/2004 (Akreditasi B)

- M. Syahril B.K., **Iwan K. Hadihardaja**, Rommy M; Kajian Model Matematik Pengaruh Pemanfaatan Waduk pada Kapasitas Sistem Pengendalian banjir Jakarta Wilayah Tengah, Jurnal Teknik Sipil Volume 14 No. 4, Desember 2007 tidak terakreditasi ISSN 0853-2982. Tidak Terakreditasi
- **Iwan K. Hadihardaja**, Kuntoro, A.A., Farid, M., 2013. "Flood Resilience for Risk Management: Case Study of River Basin in Indonesia". Asia-Pasific Economi Cooperation (APEC) Typhoon Symposium, Taipei, Taiwan.
- Sangkawati, S., **Iwan K. Hadihardaja**, Joetata Hadihardaja, 2013. "Cost Sharing and Water Pricing to Improve River Water Quality". International Journal of Water Resources (IJWR), 3 (1), 26-33]. doi: 10.12777/ijwr.3.1.2013.26-33]

VII. PENGHARGAAN

- Tanda Jasa Penghargaan Pengabdian 10 Tahun (Satyalencana 10 Tahun), Presiden Republik Indonesia, Disampaikan oleh Rektor ITB 17 Agustus 2010

VIII. SERTIFIKASI

- Sertifikasi Profesional Keahlian sebutan: Profesional Utama Sumber Daya Air (PU-SDA), 2011-Sekarang. Asosiasi Profesi Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia, HATHI dan LPJKN

- Sertifikasi Dosen, 2010. Kementerian Pendidikan Nasional

IX. PENUNJANG TRIDARMA

- Sekretaris Asosiasi profesi, Bandung, 2003-2007, Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI), Jawa Barat, Cabang Bandung
- Wakil Ketua Asosiasi profesi, Bandung, 2007-2010, Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI), Jawa Barat, Cabang Bandung
- Ketua Cabang Bandung Asosiasi profesi Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI), Bandung, 2010-2013
- Ketua Cabang Jawa Barat Asosiasi profesi Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI), Bandung, 2013-sekarang
- Ketua *Steering Committee* CKNet-INA (*Collaborative Knowledge Network Indonesia*), 2012-sekarang
- Ketua IV: Komite Nasional Indonesia, International Comette Irrigation and Drainage (KNI-ICID), Bandung, 2012-Sekarang, Komisariat Daerah, Provinsi Jawa Barat: Kerjasama antar lembaga
- Ketua Komisi Seminar dan Pertemuan Ilmiah, Bandung, 2006-2011, Komite Nasional Indonesia, International Comette Irrigation and Drainage (KNI-ICID), Komisariat Daerah, Provinsi Jawa Barat
- Anggota Badan Sertifikasi Asosiasi (BSA), pusat, Jakarta, 2003-2007, Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI)
- Sekretaris 1 Asosiasi profesi Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI), Jakarta, 2003-2007

- Anggota Komisi Penelitian Pengembangan dan Organisasi, Jakarta, 2007-2011, Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI), Pusat
- Member of American Society of Civil Engineer (ASCE), USA, 1998
- Member of International Water Association (IWA), UK, 2009

X. TRAINING OF TRAINER (TOT)

- Integrated Flood Management, Jakarta, 24-28 Februari 2009, Penyelenggara: World Meteorological Organization (WMO), UNESCO-IHE, CAPNet (South East Asia Region)
- Integrated Water Resources Management, Bandung, 4-9 November 2007, Penyelenggara: UNESCO-IHE, CK-Net INA, CAPNet (National Level)

