

2022

Rekomendasi Pengelolaan Terpadu Air Permukaan dan Air Tanah

DEWAN SUMBER DAYA AIR NASIONAL



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR GAMBAR	2
DAFTAR TABEL	3
1 I. LATAR BELAKANG	4
1.1 LATAR BELAKANG	4
1.2 MAKSUD DAN TUJUAN	5
2 II. PERMASALAHAN	6
3 III. WILAYAH ADMINISTRASI, WILAYAH SUNGAI (WS), DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS), CEKUNGAN AIR TANAH (CAT) DAN BUKAN-CAT.....	8
3.1 WILAYAH ADMINISTRASI	8
3.2 WILAYAH SUNGAI (WS) DAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)	9
3.3 WILAYAH CEKUNGAN AIR TANAH (CAT) DAN BUKAN-CAT	11
4 IV. KESEIMBANGAN AIR PULAU.....	14
4.1 KONDISI KESEIMBANGAN AIR PULAU-PULAU SAAT INI DAN YANG IDEAL UNTUK YANG AKAN DATANG	14
4.2 MANFAAT PEMBANGUNAN 61 BENDUNGAN	25
5 V. PENGGUNAAN AIR YANG SALING MENUNJANG (<i>CONJUNCTIVE USE</i>) ..	27
5.1 URAIAN	27
5.2 <i>SAFE YIELD</i>	30
6 VI. INTEGRASI, POLA, RENCANA PSDA WS DAN <i>SMART WATER</i> MANAGEMENT	38
6.1 INTEGRASI, POLA, RENCANA PSDA	38
6.2 <i>SMART WATER MANAGEMENT</i>	40
7 VII. REKOMENDASI	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tiga Puluh Empat (34) Provinsi dengan ibukotanya	8
Gambar 2. 2 Uraian batas DAS, jumlah WS dan DAS di Indonesia (PerMen PUPR No. 4 Tahun 2015).....	11
Gambar 2. 3 421 CAT (47% luas ruang darat) dan bukan-CAT (53% ruang darat) (PerMen ESDM No. 2 Tahun 2017)	12
 Gambar 3. 1 Skema siklus hidrologi global untuk hujan di darat dengan satuan relatif = 100 (Chow et al., 1988; Kodoatie, 2012)	14
Gambar 3. 2 Curah hujan tahunan Pulau (mm) (Dept. PU, 1993; BPS, 2015).....	15
Gambar 3. 3 Perbandingan air permukaan, air mantap, air tanah dengan curah hujan setiap pulau (Kodoatie dan Sjarief, 2010; Kodoatie 2012)	17
Gambar 3. 4 Kondisi keseimbangan air tiap pulau yang ada (existing), yang ideal dengan satuan unit hujan 100% dan curah hujan setahun (mm)	18
Gambar 3. 5 Kondisi yang ada (saat ini): curah hujan, tinggi aliran mantap dan total tinggi aliran tanah tiap-tiap pulau (mm/tahun)	19
Gambar 3. 6 Perkiraan keseimbangan air ideal di Pulau Sumatra mm per tahun dengan besaran curah hujan tahunan 2820 mm berdasarkan Chow et al. (1988).....	20
Gambar 3. 7 Hipotesis kondisi ideal keseimbangan air pulau-pulau dengan besaran curah hujan di darat di masing-masing pulau (mm per tahun) berdasarkan Chow et al. (1988)	24
Gambar 3. 8 Manfaat 61 Bendungan terhadap pulau.....	25
Gambar 3. 9 Manfaat 61 Bendungan terhadap WS.....	26
 Gambar 4. 1 Inter-relasi antara air tanah, aliran sungai, hujan, dan pengambilan air tanah	29
Gambar 4. 2 <i>Conjunctive Use</i> dengan berbagai kondisi.....	37
 Gambar 5. 1 Pemanfaatan Sumber Daya Air dan Sumber Daya Alam oleh <i>stakeholders</i> untuk berbagai keperluan (Kodoatie dan Syarief, 2010 dengan elaborasi).....	39
Gambar 5. 2 <i>Integrated Water Resources Management</i>	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pulau, provinsi dan ibukota, jumlah kabupaten dan kota.....	9
Tabel 2. 2 Jumlah WS dan DAS tiap pulau (PerMen PUPR No. 4 Tahun 2015)	11
Tabel 3. 1 Rangkuman kondisi aliran mantap, aliran permukaan dengan satuan unit hujan 100% tiap-tiap pulau.....	18
Tabel 3. 2 Perkiraan keseimbangan air Sumatra mm per tahun dengan besaran curah hujan tahunan 2820 mm berdasarkan Chow et al. (1988).....	20
Tabel 3. 3 Keseimbangan air ideal tiap-tiap pulau (mm/tahun).....	20
Tabel 6. 1 Integrasi Pengelolaan Sumber Daya Air Permukaan Dan Air Tanah.....	44

I. LATAR BELAKANG

1.1 Latar Belakang

Air adalah zat atau materi atau unsur yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tetapi tidak di planet lain dalam Sistem Tata Surya dan menutupi hampir 71% permukaan bumi. Wujudnya bisa berupa cairan, es (padat) dan uap/gas. Dengan kata lain karena air, maka bumi menjadi satu-satunya planet dalam Tata Surya yang memiliki kehidupan.

Keberadaan Air sebagai sumber kehidupan masyarakat, secara alamiah, bersifat dinamis dan mengalir ke tempat yang lebih rendah tanpa mengenal batas wilayah administratif. Keberadaan air mengikuti siklus hidrologi yang erat hubungannya dengan kondisi cuaca pada suatu daerah sehingga menyebabkan ketersediaan air tidak merata dalam setiap waktu dan setiap wilayah. Hal tersebut menuntut Pengelolaan Sumber Daya Air dilakukan secara utuh dari hulu sampai ke hilir dengan basis Wilayah Sungai.

Keberadaan air dibagi menjadi 2 yaitu air permukaan dan air tanah. Air permukaan adalah air yang terdapat diatas permukaan tanah, sedangkan air yang berada di bawah permukaan tanah dapat disebut juga air tanah. Air yang terdapat pada sungai, danau, kolam retensi, bendungan dll, merupakan contoh air permukaan. Sedangkan air tanah merupakan air yang tersimpan dalam tanah.

Manusia dan semua makhluk hidup lainnya butuh air. Air merupakan material yang membuat kehidupan terjadi di bumi. Tumbuhan dan binatang juga mutlak membutuhkan air. Tanpa air keduanya akan mati. Sehingga dapat dikatakan air merupakan salah satu sumber kehidupan. Dengan kata lain air merupakan zat yg paling esensial dibutuhkan oleh makhluk hidup. Juga dapat dikatakan bahwa air adalah Karunia Tuhan Yang Maha Esa.

Air juga merupakan bagian penting dari sumber daya alam yang mempunyai karakteristik unik dibandingkan dengan sumber daya lainnya. Air bersifat sumber daya yang terbarukan dan dinamis. Artinya sumber utama air yang berupa hujan akan selalu datang sesuai dengan waktu atau musimnya sepanjang tahun. Namun pada kondisi tertentu air bisa bersifat tak terbarukan, misalnya pada kondisi geologi tertentu di mana proses perjalanan air tanah membutuhkan waktu ribuan tahun, sehingga bilamana pengambilan air tanah secara berlebihan, air akan habis.

Berdasarkan hal tersebut, pengaturan kewenangan dan tanggung jawab Pengelolaan Sumber Daya Air oleh Pemerintah Pusat, pemerintah provinsi, dan pemerintah kabupaten/kota didasarkan pada keberadaan Wilayah Sungai. Untuk mencapai keterpaduan pengelolaan Sumber Daya Air, perlu disusun sebuah acuan bersama bagi para pemangku kepentingan dalam satu wilayah dengan prinsip keterpaduan antara Air Permukaan dan Air Tanah.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud kegiatan ini adalah melakukan kajian dan memberikan rekomendasi Integrasi Pengelolaan Sumber Daya Air Permukaan dan Air Tanah.

Sedangkan tujuan kegiatan ini adalah:

1. Mengkaji Wilayah Sungai (WS) Dan Cekungan Air Tanah (CAT) Dan bukan-CAT
2. Menganalisis Keseimbangan Air Pulau
3. Mengkaji Manfaat Pembangunan 61 Bendungan
4. Menganalisis Conjunctive Use Air Permukaan dan Air Tanah
5. Menganalisis smart water management
6. Mengkaji rekomendasi Pengelolaan Sumber Daya Air Permukaan Dan Air Tanah

II. Permasalahan

Dalam melakukan kajian Rekomendasi Integrasi Pengelolaan Sumber Daya Air Permukaan dan Air Permukaan terdapat permasalahan utama yang perlu menjadi perhatian dalam penyusunan rekomendasi antara lain sebagai berikut :

1. Pengaturan Sumber Daya Air belum memasukkan pengelolaan sumber daya air di daerah bukan-CAT

Sebagaimana data yang tersedia, dari seluruh luas daratan Indonesia terdiri atas 47 % daerah CAT dan daerah bukan-CAT seluas 53% dari daratan. Pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 02 Tahun 2017 tentang Cekungan Air Tanah Di Indonesia meliputi Cekungan Air Tanah dalam wilayah Provinsi, Cekungan Air Tanah lintas propinsi, dan Cekungan Air Tanah lintas negara. Daerah CAT terdiri atas *soil water* dan *groundwater*, sedangkan bukan-CAT terdiri dari *soil water* saja. Padahal luas daerah bukan-CAT lebih besar dari areal CAT sehingga perlu dipikirkan ketentuan yg diperlukan dalam pengelolaan sumber daya air di wilayah bukan-CAT tersebut.

2. Tingginya debit air yang terbuang ke laut dibandingkan dengan aliran mantap

Aliran mantap terdiri dari aliran permukaan dan aliran air tanah. Kondisi aliran permukaan dengan satuan unit hujan 100 % pada tiap-tiap pulau di Indonesia kondisi aliran permukaan saat ini masih berkisar 64 – 86 % sedangkan kondisi aliran permukaan yang ideal berada di angka 38 % dan 62 % aliran air tanah, sehingga harus dilakukan peningkatan aliran air tanah sebesar 30 – 48 % untuk mencapai kondisi ideal.

3. Pendayagunaan sumber daya air belum memprioritaskan air permukaan

Penggunaan air permukaan harus didahulukan dibandingkan dengan penggunaan air tanah untuk upaya pencegahan kerusakan air tanah, adanya pengambilan air tanah yang tak terkendali mengakibatkan meningkatnya permintaan pasokan air (peningkatan penduduk dan pertumbuhan ekonomi) dimana waktu pemulihan air tanah membutuhkan waktu yang relatif lama. Pendekatan conjunctive use untuk ketersediaan air bertujuan untuk menggabungkan penggunaan air permukaan dan air tanah pada suatu daerah sehingga didapat batas maksimum pemakaian air

4. **Belum optimalnya pemanfaatan teknologi untuk pengelolaan air permukaan dan air tanah secara terpadu**

Manajemen Sumber Daya Air Terpadu dapat dikelompokkan dalam 3 elemen utama: *The enabling environment* adalah kerangka umum dari kebijakan nasional, legislasi, regulasi dan informasi untuk pengelolaan SDA oleh stakeholders; Peran-Peran Institusi (*institutional roles*) merupakan fungsi dari berbagai tingkatan administrasi dan stakeholders; dan Alat-alat manajemen (*management instruments*) merupakan instrumen operasional untuk regulasi yang efektif, monitoring dan penegakkan hukum yang memungkinkan pengambil keputusan untuk membuat pilihan yang informatif diantara aksi-aksi alternative. Namun penerapan penggunaan teknologi tersebut masih belum dimanfaatkan secara optimal.

III. Wilayah Administrasi, Wilayah Sungai (WS), Daerah Aliran Sungai (DAS), Cekungan Air Tanah (CAT) Dan bukan-CAT

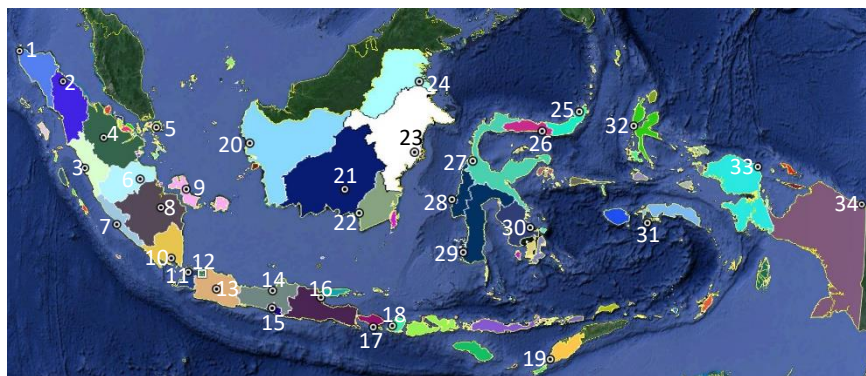
3.1 Wilayah Administrasi

Ruang, berdasarkan wilayah administrasi, dibagi atas:

- Nasional: keseluruhan wilayah teritorial negara terkenal dengan istilah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI). Menurut Ayat (1) Pasal 1 UUD 1945 Negara Indonesia ialah Negara Kesatuan, yang berbentuk Republik.
- Provinsi, kabupaten/kota. Menurut Ayat (1) Pasal 18 UUD 1945, NKRI dibagi atas daerah-daerah provinsi dan daerah provinsi itu dibagi atas kabupaten dan kota. Tiap-tiap provinsi, kabupaten, dan kota mempunyai pemerintahan daerah yang diatur dengan undang-undang.
- Kecamatan/distrik, desa/kelurahan, dusun, rukun warga (RW) dan rukun tetangga (RT).

Secara lebih detail NKRI terdiri atas ([http://id.wikipedia.org/wiki/Daftar kabupaten dan kota](http://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_kabupaten_dan_kota), kecamatan dan kelurahan di Indonesia): 34 provinsi, 416 kabupaten, 99 kota, 6.793 kecamatan atau distrik dan 79.075 kelurahan/desa.

Uraian tersebut ditunjukkan dalam gambar dan tabel berikut.



Catatan: nomor 2 menunjukkan ibukota provinsi (Lihat Tabel 2.1)

Gambar 2.1 Tiga Puluh Empat (34) Provinsi dengan ibukotanya

Tabel 2. 1 Pulau, provinsi dan ibukota, jumlah kabupaten dan kota

No.	Pulau	No.	Provinsi	Ibukota	Kab./Kota		
					Kab	Kota	Total
1	Sumatera	1	Aceh	Banda Aceh	18	5	23
2		2	Sumatera Utara	Medan	25	8	33
3		3	Sumatera Barat	Padang	12	7	19
4		4	Riau	Pekanbaru	10	2	12
5		5	Kepulauan Riau	Tanjung	5	2	7
6		6	Jambi	Jambi	9	2	11
7		7	Bengkulu	Bengkulu	9	1	10
8		8	Sumatera	Palembang	13	4	17
9		9	Kep. Bangka	Pangkal	6	1	7
10		10	Lampung	Bandar	13	2	15
11	Jawa	1	Banten	Serang	4	4	8
12		2	DKI Jakarta	Jakarta	1	5	6
13		3	Jawa Barat	Bandung	18	9	27
14		4	Jawa Tengah	Semarang	29	6	35
15		5	DI Yogyakarta	Yogyakarta	4	1	5
16		6	Jawa Timur	Surabaya	29	9	38
17	Nusa	1	Bali	Denpasar	8	1	9
18		2	Nusa Tenggara	Mataram	8	2	10
19		3	Nusa Tenggara	Kupang	21	2	23
20	Kalimantan	1	Kalimantan	Pontianak	12	2	14
21		2	Kalimantan	Palangkaraya	13	1	14
22		3	Kalimantan	Banjarmasin	11	2	13
23		4	Kalimantan	Samarinda	7	3	10
24		5	Kalimantan	Tanjung	4	1	5
25	Sulawesi	1	Sulawesi Utara	Manado	11	4	15
26		2	Gorontalo	Gorontalo	5	1	6
27		3	Sulawesi	Palu	12	1	13
28		4	Sulawesi Barat	Mamuju	6		6
29		5	Sulawesi	Makassar	21	3	24
30		6	Sulawesi	Kendari	15	2	17
31	Maluku	1	Maluku	Ambon	9	2	11
32		2	Maluku Utara	Sofifi	8	2	10
33	Papua	1	Papua Barat	Manokwari	12	1	13
34		2	Papua	Jayapura	28	1	29
			Total 34		416	99	515

Catatan: ada penambahan 3 provinsi baru di Papua (Provinsi Papua Selatan, Provinsi Papua Tengah dan Provinsi Papua Pegunungan Tengah)

3.2 Wilayah Sungai (WS) dan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Wilayah sungai (WS) adalah kesatuan wilayah Pengelolaan Sumber Daya Air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai (DAS) dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km² (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 4 Tahun 2015). Wilayah Sungai terjemahan dari kata-kata Bahasa Inggrisnya

River Basin. Daerah Aliran Sungai 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 alamiah, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Berdasar definisi dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor. 4 Tahun 2015, ada beberapa catatan yang penting. Penggambaran DAS dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat berbeda penggambaran sesuai definisi. Sesuai Definisi untuk suatu titik yang ditinjau, batas DAS menutup. Namun DAS-DAS dalam Peraturan Menteri batas tidak menutup terutama di pantai. Bahkan untuk DAS-DAS di pulau-pulau kecil penggambaran batas DAS sama sekali tidak memenuhi ketentuan definisi DAS. Untuk perhitungan debit sungai baik untuk banjir maupun untuk ketersediaan air akan terjadi kesalahan yang cukup signifikan. Uraian tersebut ditunjukkan dalam Gambar-Gambar 2. 2, a, b dan c.

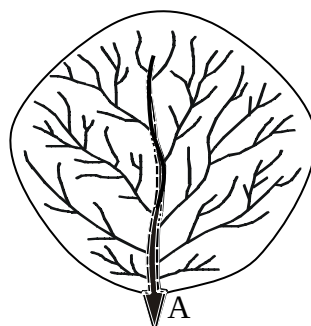
Berdasarkan luas pulau, fluvial system (DAS, sungai dan anak-anak sungainya) di Indonesia mempunyai karakter yang berbeda. Khusus untuk pulau kecil dengan luas < 2.000 km² karakternya akan sangat berbeda dibandingkan pulau lainnya. WS dan DAS ditunjukkan dalam Gambar 2. 2 dan Tabel 2. 2.



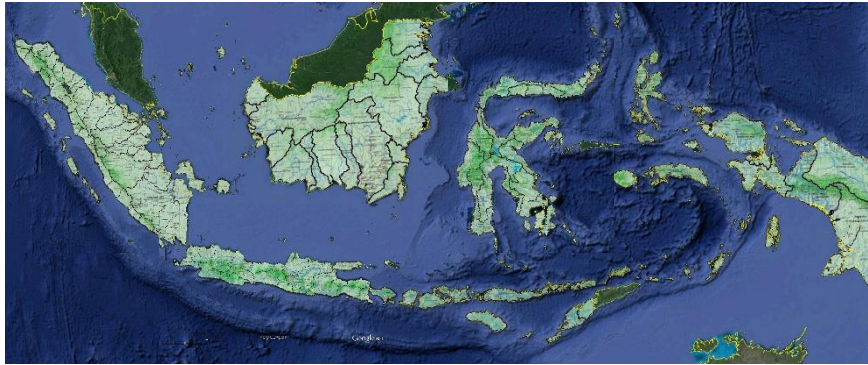
a. Batas DAS pulau kecil yang tidak menutup (C1 – C4)



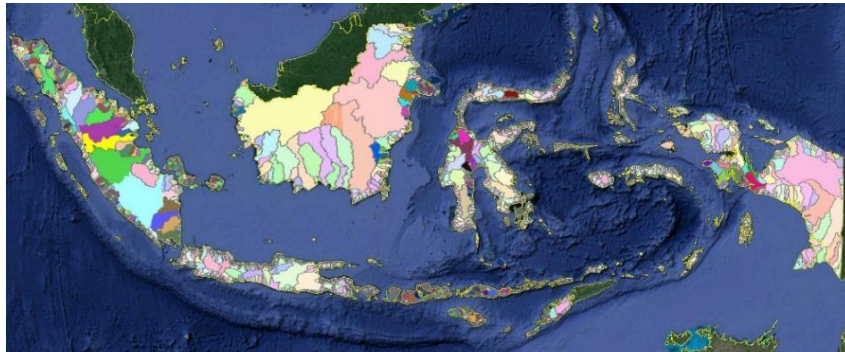
b. Batas DAS di pulau tidak menutup



c. Batas DAS menutup di A berdasar



d. WS di Indonesia berjumlah 128



e. DAS di Indonesia berjumlah 7977

Gambar 2. 2 Uraian batas DAS, jumlah WS dan DAS di Indonesia (PerMen PUPR No. 4 Tahun 2015)

Tabel 2. 2 Jumlah WS dan DAS tiap pulau (PerMen PUPR No. 4 Tahun 2015)

No.	Pulau	WS		DAS	
		Jumlah	Rangking	Jumlah	Rangking
1	Sumatera	45	1	1.045	5
2	Jawa	24	2	1.271	3
3	Kalimantan	17	4	256	9
4	Bali	1	8	391	7
5	NTB	2	7	752	6
6	NTT	5	6	1.272	2
7	Sulawesi	22	3	1.511	1
8	Kep. Maluku	7	5	1.162	4
9	Papua	5	6	317	8
	Total	128		7.977	

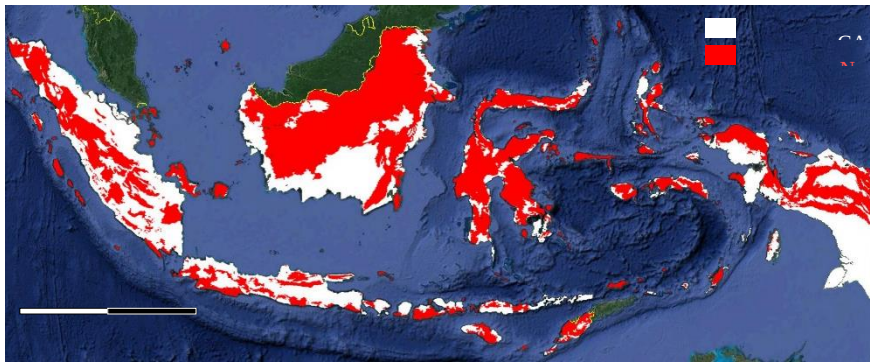
Catatan: Pembagian WS akan berubah menjadi Keputusan Presiden

3.3 Wilayah Cekungan Air Tanah (CAT) dan bukan-CAT

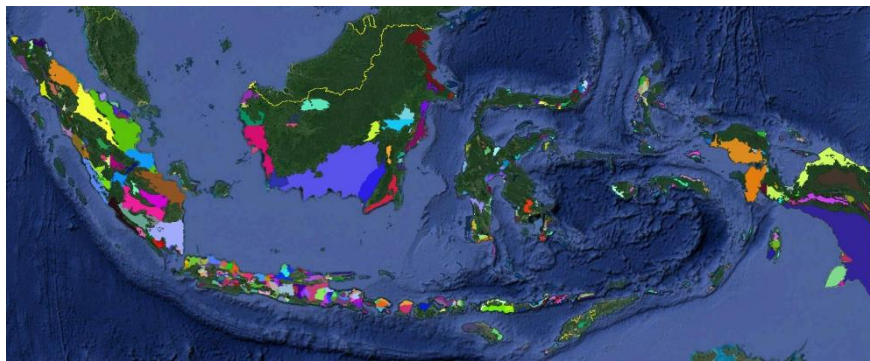
CAT dan bukan-CAT di Indonesia identik dengan ruang darat Indonesia. Jumlah CAT ada 421. Luas CAT dan luas bukan-CAT adalah (Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 02 Tahun 2017):

- Luas CAT : 907,615 km² (atau 47,2% luas daratan)
- Luas bukan-CAT : 1,014,985 km² (atau 52,8% luas daratan)
- Luas daratan : 1,922,600 km² (100%)

CAT dan bukan-CAT ditunjukkan dalam Gambar 2. 3.



a. CAT dan bukan-CAT di Indonesia



Gambar 2. 3 421 CAT (47% luas ruang darat) dan bukan-CAT (53% ruang darat) (PerMen ESDM No. 2 Tahun 2017)

Definisi Air Tanah dalam Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. *Soil water* adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah sedangkan *groundwater* adalah air yang terdapat dalam lapisan batuan. Di CAT air tanah terdiri atas *soil water* dan *groundwater* sedangkan di bukan-CAT hanya ada *soil water*.

Pengelolaan Sumber Daya Air baik air permukaan dan air tanah sesuai peraturan perundangan hanya pada CAT. Sedangkan bukan-CAT belum ada peraturannya. Padahal di wilayah daratan Indonesia ada CAT sebesar 47 % luas daratan dan bukan CAT adalah sebesar 53%.

Sesuai dengan peraturan yang ada dalam CAT ada *soil water* dan *groundwater*. Sedangkan di bukan-CAT hanya ada *soil water* dan umumnya dalam bukan CAT ada penambangan mineral ataupun batubara.

Kondisi dan karakter baik dari aspek topografi, geografi dan geologi untuk CAT dan bukan-CAT adalah berbeda. Hal ini akan berpengaruh terhadap aspek-aspek pengelolaan baik konservasi sumber daya air, pendayagunaan, pengendalian daya rusak air. Di samping

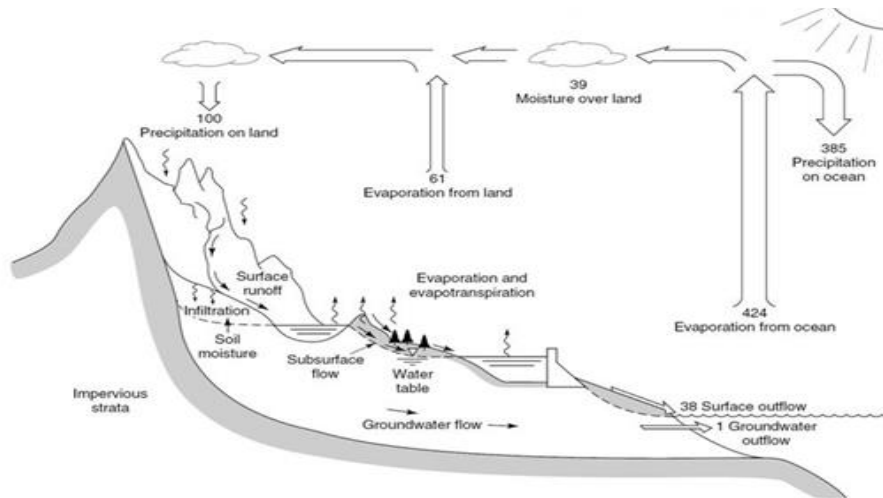
itu seperti diketahui untuk suatu WS atau DAS ada daerah hulu CAT dan hilir bukan-CAT ataupun hulu bukan-CAT dan hilir CAT. Oleh karena itu perlu tambahan norma disebabkan oleh kondisi wilayah tersebut. Terutama norma untuk bukan-CAT.

Pengelolaan Sumber Daya Air didasarkan pada Wilayah Sungai dengan memperhatikan keterkaitan penggunaan Air Permukaan dan Air Tanah dengan mengutamakan pendayagunaan Air Permukaan. Air Tanah merupakan Air Tanah pada CAT yang terdapat pada Wilayah Sungai yang bersangkutan. Berdasar Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 2 Tahun 2017 ada CAT yang lintas WS (lebih dari satu WS).

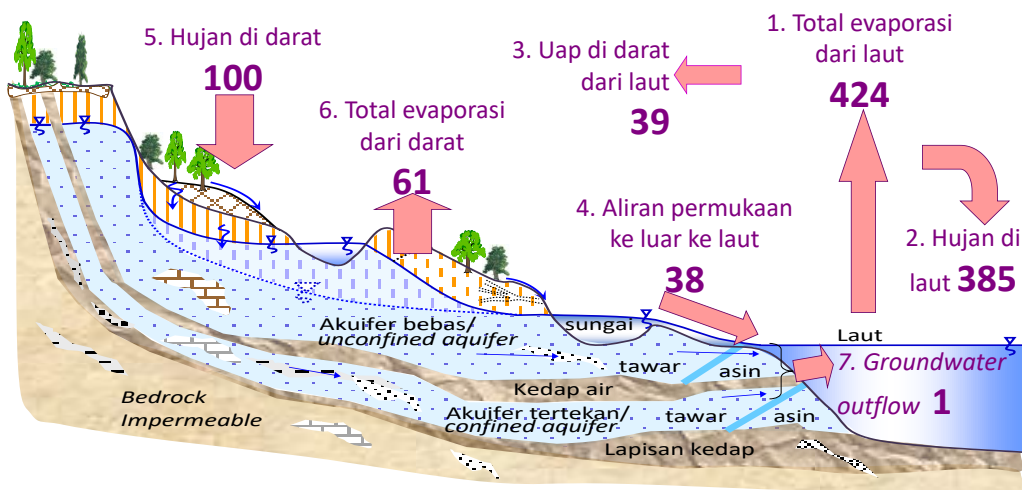
IV. Keseimbangan Air Pulau

4.1 Kondisi Keseimbangan Air Pulau-Pulau Saat Ini Dan Yang Ideal Untuk Yang Akan Datang

Keseimbangan alami (ideal) tahunan global dalam siklus hidrologi dengan acuan dasar unit relatif 100 untuk hujan di darat ditunjukkan dalam Gambar 3. 1.



a. Skema siklus hidrologi global untuk hujan di darat dengan satuan relatif = 100 (Chow et al., 1988)

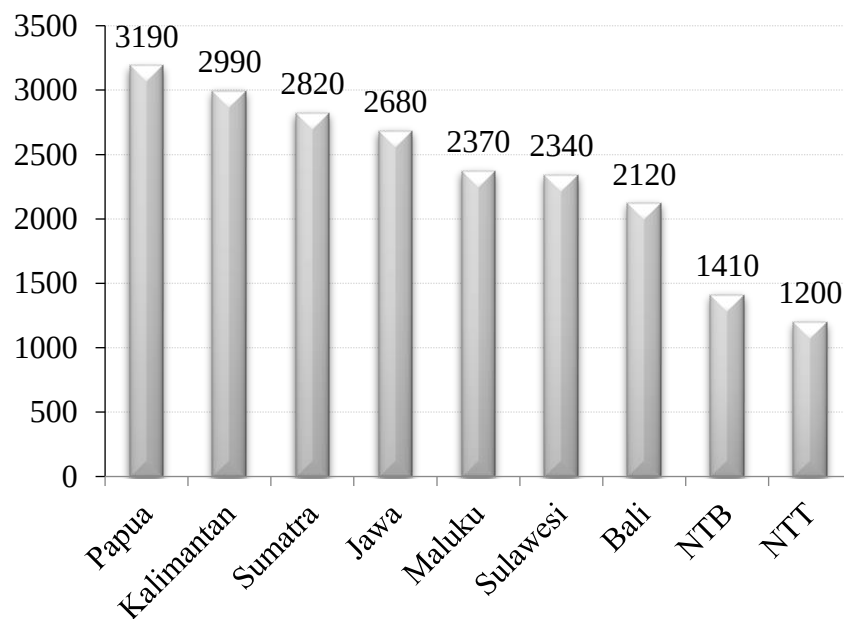


b. Skema siklus hidrologi global untuk hujan di darat dengan satuan relatif = 100 (Chow et al., 1988 dengan modifikasi oleh Kodoatie, 2012)

Gambar 3. 1 Skema siklus hidrologi global untuk hujan di darat dengan satuan relatif = 100 (Chow et al., 1988; Kodoatie, 2012)

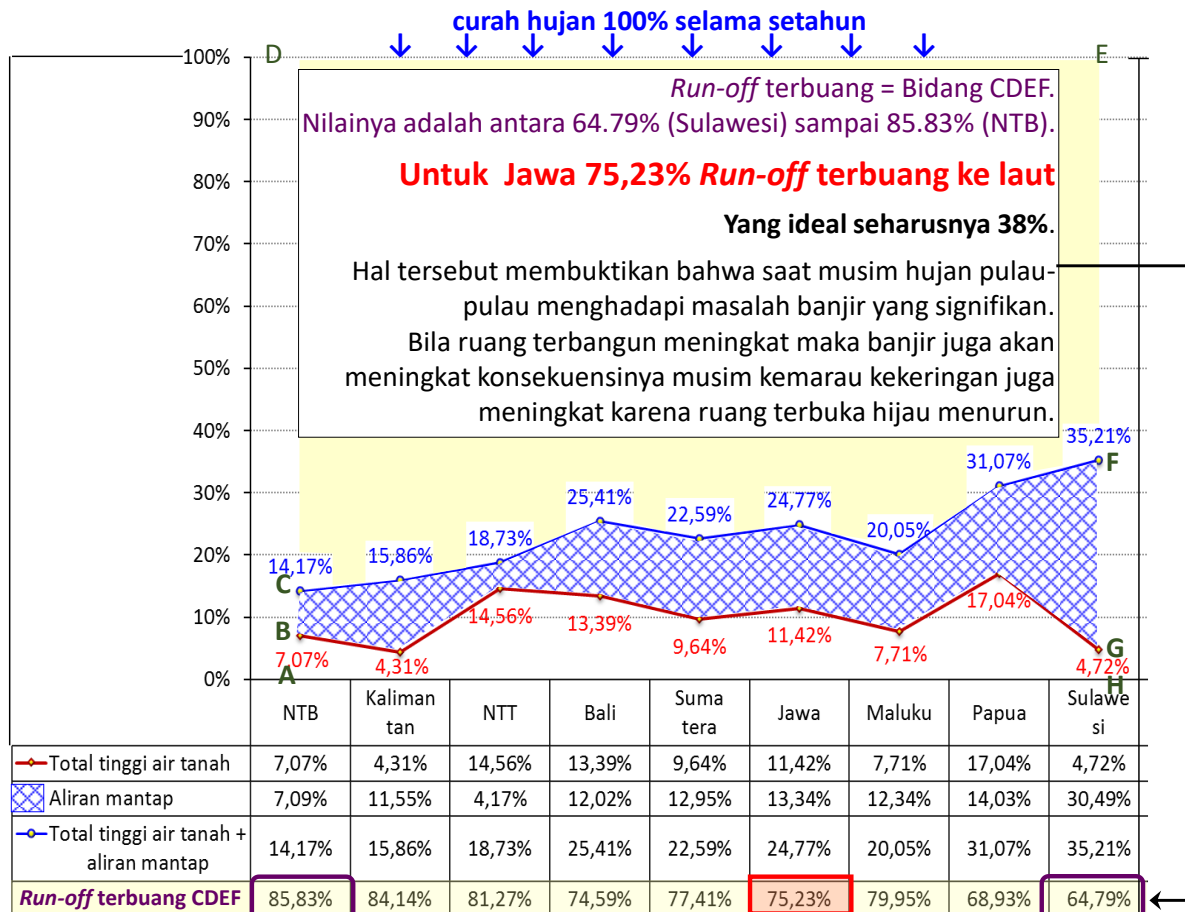
Gambar 3. 1 menunjukkan bahwa hujan di darat 100 adalah akumulasi dari total evaporasi dari darat sebesar 61 ditambah dengan uap di darat dari laut sebesar 39. Dengan kata lain Total evaporasi dari laut yang sebesar 424 (100%) sebanyak 385 (91%) menjadi hujan di laut dan hanya 39 (9%) yang menjadi uap di darat dari laut.

Pulau-pulau besar yang terdapat di Indonesia diantaranya adalah Papua, Kalimantan, Sumatra, Jawa, Sulawesi. Sumber utama air permukaan dan air tanah adalah hujan. Tinggi curah hujan tiap tahun untuk beberapa pulau di Indonesia ditunjukkan dalam Gambar 3. 2 (Departemen PU, 1993 dan BPS, 2015).



Gambar 3. 2 Curah hujan tahunan Pulau (mm) (Dept. PU, 1993; BPS, 2015)

Perbandingan air permukaan, air mantap, air tanah dengan curah hujan setiap pulau ditunjukkan dalam Gambar 3. 3.



Keterangan gambar:

ABGH = Tinggi air tanah dalam CAT (tinggi akuifer bebas + tinggi akuifer tertekan).

BCFG = Tinggi aliran mantap di permukaan tanah.

CDEF = Tinggi *run-off* yang terbangun.

BCDEFG = Tinggi air permukaan (tinggi aliran mantap + tinggi *run-off* yang terbangun).

Aliran mantap adalah aliran yang tertampung di permukaan tanah (danau, waduk, situ, daerah retensi, dll.) yang dimanfaatkan sebagai cadangan air di musim kemarau.

Ruang darat Indonesia (100%) terdiri atas daerah CAT (47%) dan daerah bukan-CAT (53%)

- Di daerah CAT ada *groundwater* dan *soil water*.
- Di daerah bukan-CAT hanya *soil water* tak ada *groundwater*.
- Perhitungan tinggi air tanah dibandingkan dengan seluruh luas pulau.

Contoh: Di Pulau Jawa dari total curah hujan 100% tiap tahun yang:

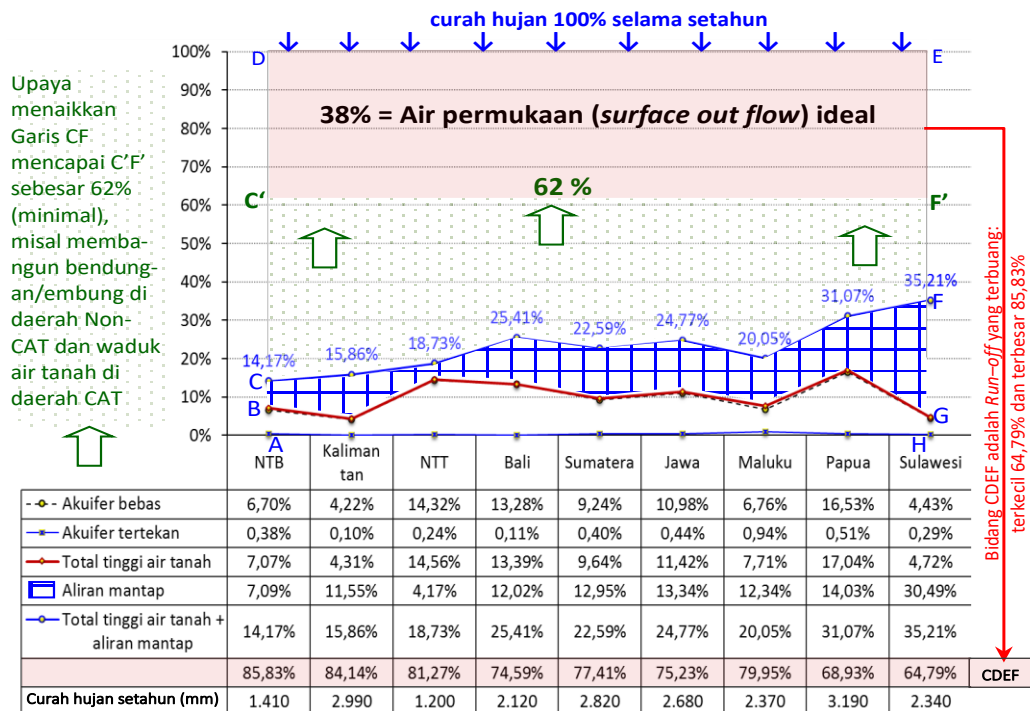
- Menjadi air tanah (*groundwater*) 11,42 % (10,98% masuk ke dalam akuifer bebas dan 0,44% masuk ke dalam akuifer tertekan).
- Menjadi air permukaan 89,58% terdiri atas:
 - aliran mantap 13,34%.
 - air permukaan/*run-off* yang terbangun ke laut 75,23%.
- Di beberapa tempat terjadi banjir di musim hujan.

Gambar 3. 3 Perbandingan air permukaan, air mantap, air tanah dengan curah hujan setiap pulau (Kodoatie dan Sjarief, 2010; Kodoatie 2012)

Salah satu tujuan utama dari keharmonisan pengelolaan sumber daya air, dan penataan ruang dan aspek-aspek penting lainnya pada prinsipnya adalah upaya memperkecil daerah CDEF dalam Gambar 3. 3 agar dapat sesuai dengan kondisi keseimbangan alami (ideal) tahunan global dalam siklus hidrologi (Gambar 3. 1). Dengan kata lain adalah melakukan upaya memperbesar daerah BCFG untuk air permukaan dan daerah ABGH untuk air tanah dalam Gambar 3. 3. Semakin kecil daerah CDEF → semakin besar daerah BCFG dan daerah ABGH berarti akan mengurangi run-off sekaligus menambah resapan air ke dalam tanah atau mengurangi bencana banjir di musim penghujan sekaligus meningkatkan ketersediaan air yang berarti memperkecil bencana kekeringan di musim kemarau. Tata guna lahan dan sumber daya air saling mempengaruhi.

Apabila daerah imbuhan menjadi daerah pemukiman maka kuantitas air yang masuk ke dalam tanah akan berkurang dan akan memberi pengaruh pada daerah lepasan. Air yang seharusnya berinfiltrasi ke dalam tanah akan menjadi tambahan air permukaan sehingga run-off menjadi makin besar sehingga potensi banjir akan meningkat. Sebaliknya air tanah yang berfungsi sebagai sumber air pada musim kemarau akan berkurang.

Berdasarkan uraian tersebut, salah satu tujuan utama integrasi air permukaan dan air tanah secara teori adalah menaikkan Garis CF sehingga Luas CFED berkurang. Berdasarkan keseimbangan siklus hidrologi, maka Garis CF dinaikkan sampai mencapai minimal 62% sehingga run-off menjadi hanya 38% (atau dinaikkan menjadi Garis C'F'), dimana angka ini sesuai dengan besarnya aliran permukaan ke luar ke laut (surface outflow). Uraian tersebut ditunjukkan dalam Gambar 3. 4.



Gambar 3. 4 Kondisi keseimbangan air tiap pulau yang ada (existing), yang ideal dengan satuan unit hujan 100% dan curah hujan setahun (mm)

Pencapaian ke kondisi ideal (menaikkan garis CF ke C'F') berbanding terbalik dengan pertumbuhan penduduk. Di samping melakukan upaya-upaya seperti yang telah disebutkan maka penduduk juga mutlak perlu dikelola secara terpadu. Jumlah, kepadatan dan laju pertumbuhan penduduk serta situasi dan kondisi pulau-pulau di Indonesia merupakan variabel-variabel dasar dalam pengelolaan penduduk (atau manajemen sumber daya manusia).

Berdasarkan keseimbangan siklus hidrologi ideal maka dapat dibuat rangkuman kondisi aliran mantap, aliran permukaan dengan satuan unit hujan 100% untuk tiap-tiap pulau. Rangkuman ini ditunjukkan dalam Tabel 3. 1.

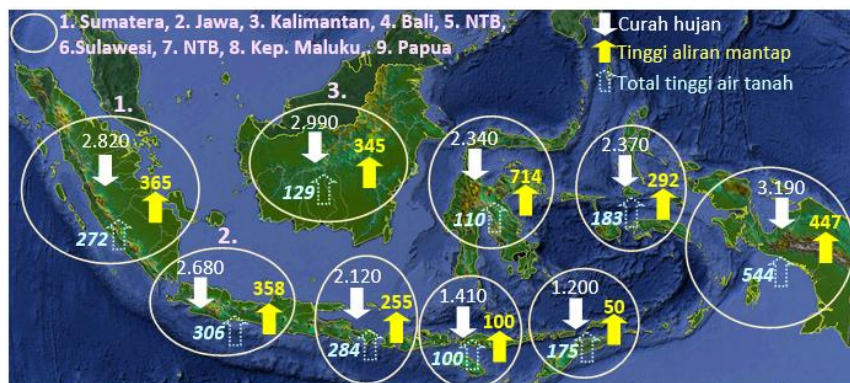
Tabel 3. 1 Rangkuman kondisi aliran mantap, aliran permukaan dengan satuan unit hujan 100% tiap-tiap pulau

No.	Nama Pulau	Curah hujan	Aliran mantap + air tanah	Aliran permukaan saat ini	Aliran permukaan ideal	Nilai peningkatan aliran mantap + air tanah*
1	NTB	100%	14,17%	85,83%	38%	47,83%
2	Kalimantan	100%	15,86%	84,14%	38%	46,14%
3	NTT	100%	18,73%	81,27%	38%	43,27%
4	Bali	100%	25,41%	74,59%	38%	36,59%
5	Sumatera	100%	22,59%	77,41%	38%	39,41%
6	Jawa	100%	24,77%	75,23%	38%	37,23%
7	Maluku	100%	20,05%	79,95%	38%	41,95%
8	Papua	100%	31,07%	68,93%	38%	30,93%

No.	Nama Pulau	Curah hujan	Aliran mantap + air tanah	Aliran permukaan saat ini	Aliran permukaan ideal	Nilai peningkatan aliran mantap + air tanah*
9	Sulawesi	100%	35,21%	64,79%	38%	26,79%

*Perlu tindakan nyata menaikkan aliran mantap dan air tanah tiap-tiap pulau

Rangkuman dalam Tabel 3. 1 bila diekuivalenkan dengan data curah hujan dapat diketahui kondisi yang ada untuk tinggi aliran mantap dan total tinggi air tanah (groundwater) di tiap-tiap pulau. Hal tersebut ditunjukkan dalam Gambar 3. 5.



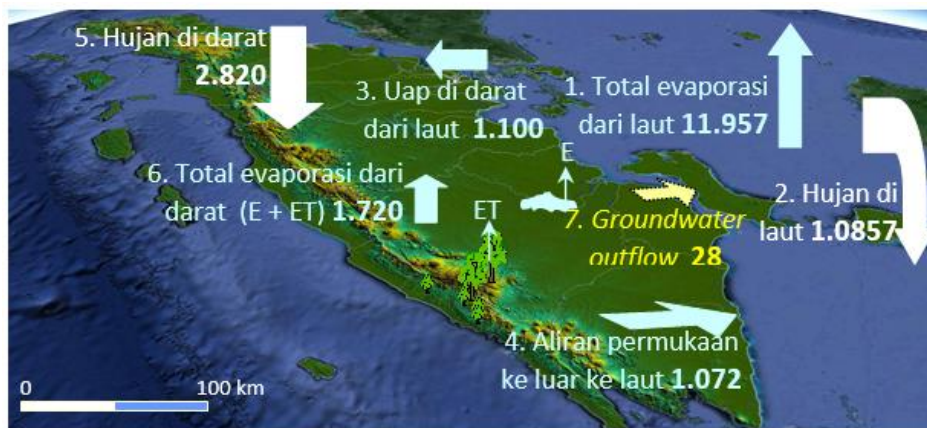
Gambar 3. 5 Kondisi yang ada (saat ini): curah hujan, tinggi aliran mantap dan total tinggi aliran tanah tiap-tiap pulau (mm/tahun)

Luas daratan menjadi penting terkait dengan sumber air hujan. Sumber utamanya total evaporasi dari darat yang merupakan akumulasi/jumlah total evapotranspirasi dan total evaporasi besarnya mencapai 61% dari curah hujan. Untuk kondisi penutup lahan dengan vegetasi yang lebat (misal hutan) besarnya evapotranspirasi bisa mencapai 2 kali lebih besar dibandingkan evaporasi (misal danau atau waduk) untuk luasan yang sama. Dengan demikian keberadaan hutan yang lebat dan rimbun berperan paling penting untuk menjaga siklus hidrologi normal. Penebangan hutan yang tidak terkendali terutama oleh illegal logging mengakibatkan berkurangnya curah hujan sekaligus menurunnya Oksigen (O₂). Kesadaran semua pihak untuk menjaga keberadaan hutan akan memberi dampak positif terhadap keberadaan sumber daya air.

Dari uraian sebelumnya maka dapat ditentukan keseimbangan air global tiap-tiap pulau. Pulau-Pulau yang dilihat sesuai dengan pulau-pulau yaitu:

- Sumatera.
- Jawa.
- Kalimantan.
- Sulawesi.
- Bali.
- Kepulauan Maluku.
- Nusa Tenggara Timur (NTT).
- Nusa Tenggara Barat (NTB).
- Papua.

Keseimbangan air Sumatera per tahun ditunjukkan dalam gambar di bawah ini.



Gambar 3. 6 Perkiraan keseimbangan air ideal di Pulau Sumatra mm per tahun dengan besaran curah hujan tahunan 2820 mm berdasarkan Chow et al. (1988)

Angka dalam Gambar 3. 6 didasarkan keseimbangan oleh Chow et al. (1988). Perbedaan angka-angkanya ditunjukkan dalam Tabel 3. 2.

Tabel 3. 2 Perkiraan keseimbangan air Sumatera mm per tahun dengan besaran curah hujan tahunan 2820 mm berdasarkan Chow et al. (1988)

Uraian	Berdasar Gambar2 2.3 dan 2.4
1. Total evaporasi dari laut	11.957
2. Hujan di laut	10.857
3. Uap di darat dari laut	1.100
4. Aliran permukaan keluar ke laut	1.072
5. Hujan di darat	2.820
6. Total evaporasi darat	1.720
7. <i>Groundwater outflow</i>	28

Berdasarkan Tabel 3. 2 dapat dibuat tabel keseimbangan air ideal tiap-tiap pulau. Keseimbangan air tersebut ditunjukkan dalam Tabel 3. 3.

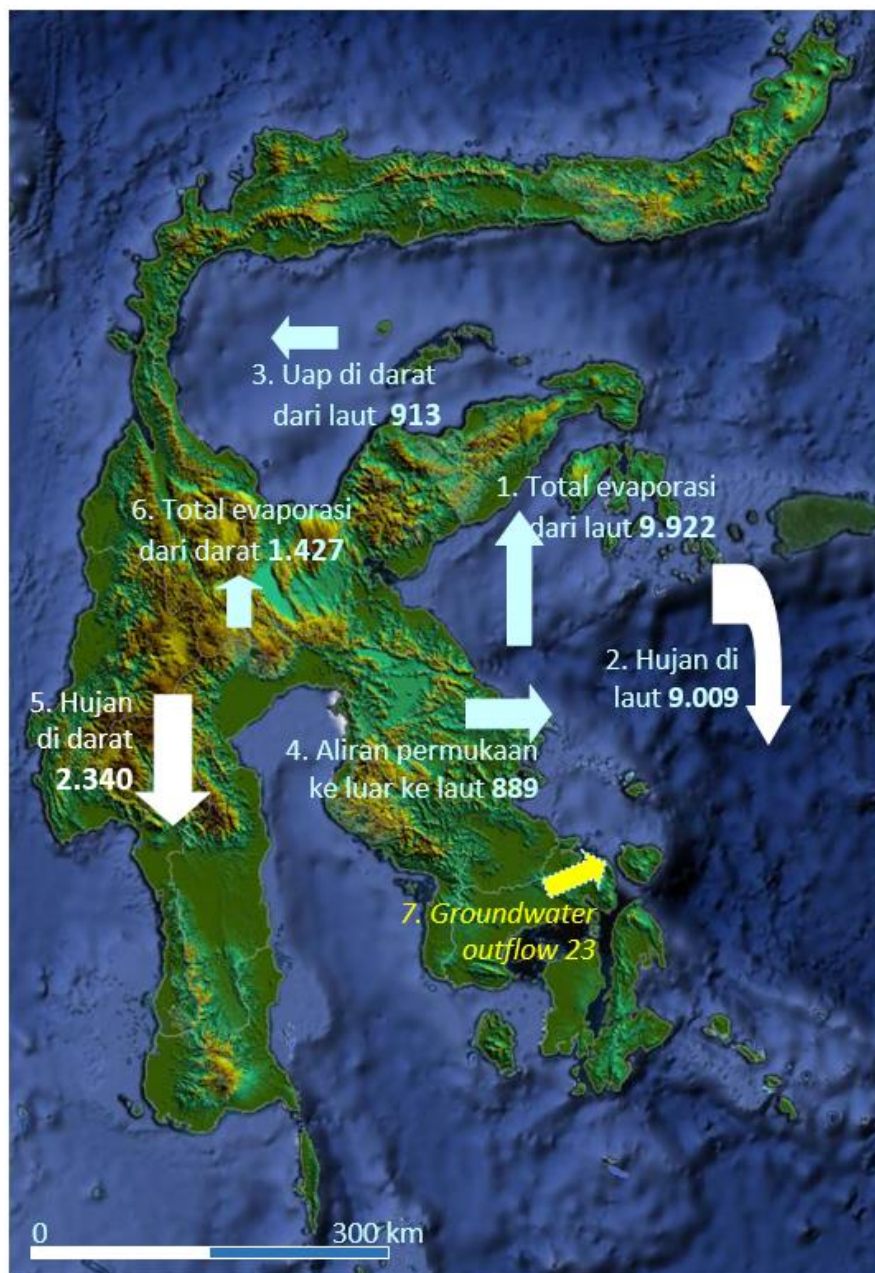
Tabel 3. 3 Keseimbangan air ideal tiap-tiap pulau (mm/tahun)

Uraian	Sumatra	Jawa	Bali	NTB	NTT	Kalimantan	Sulawesi	Maluku	Papua
1.Total evaporasi dari laut	11.957	11.363	8.989	5.978	5.088	12.678	9.922	10.049	13.526
2.Hujan di laut	10.857	10.318	8.162	5.429	4.620	11.512	9.009	9.125	12.282
3.Uap di darat dari laut	1.100	1.045	827	550	468	1.166	913	924	1.244
4.Aliran permukaan keluar ke laut	1.072	1.018	806	536	456	1.136	889	901	1.212
5.Hujan di darat	2.820	2.680	2.120	1.410	1.200	2.990	2.340	2.370	3.190
6.Total Evaporasi darat	1.720	1.635	1.293	860	732	1.824	1.427	1.446	1.946
7.Groundwater outflow	28	27	21	14	12	30	23	24	32

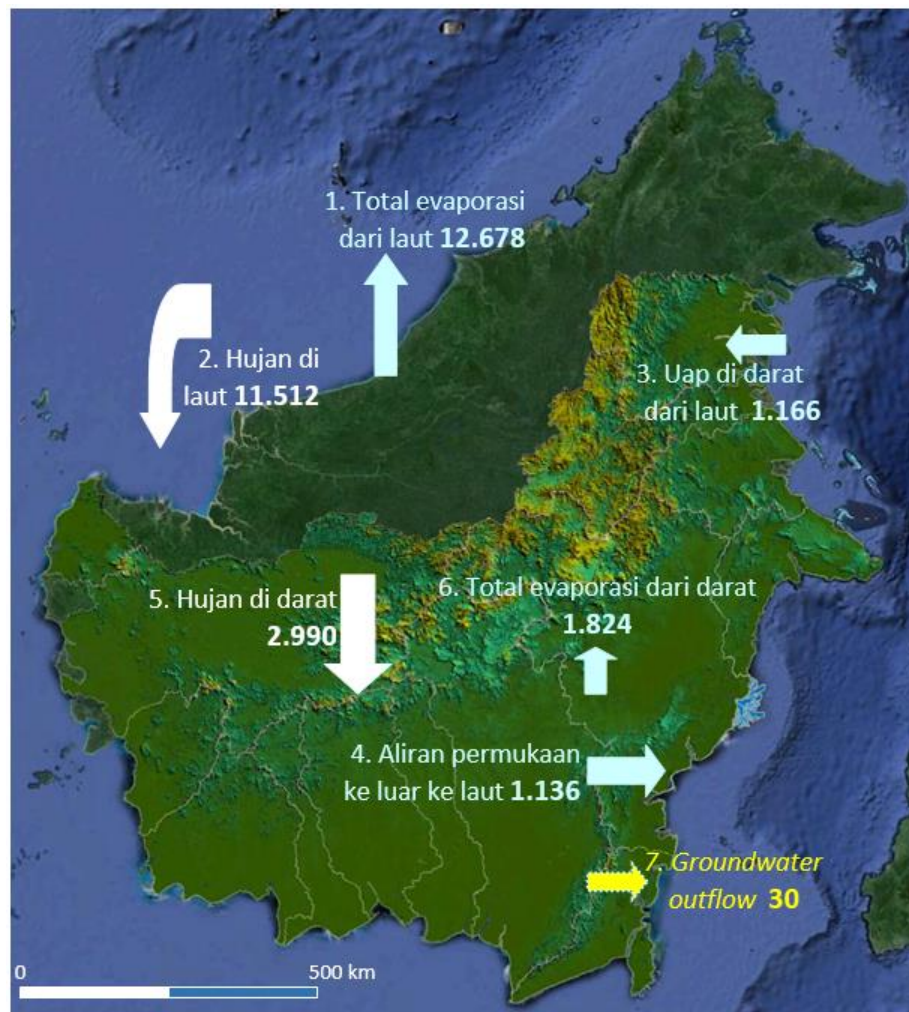
Selanjutnya untuk berbagai pulau keseimbangan air ideal berdasarkan curah hujan tahunannya dapat diilustrasikan. Hal ini ditunjukkan dalam Gambar 3. 7.



a. Jawa



b. Sulawesi



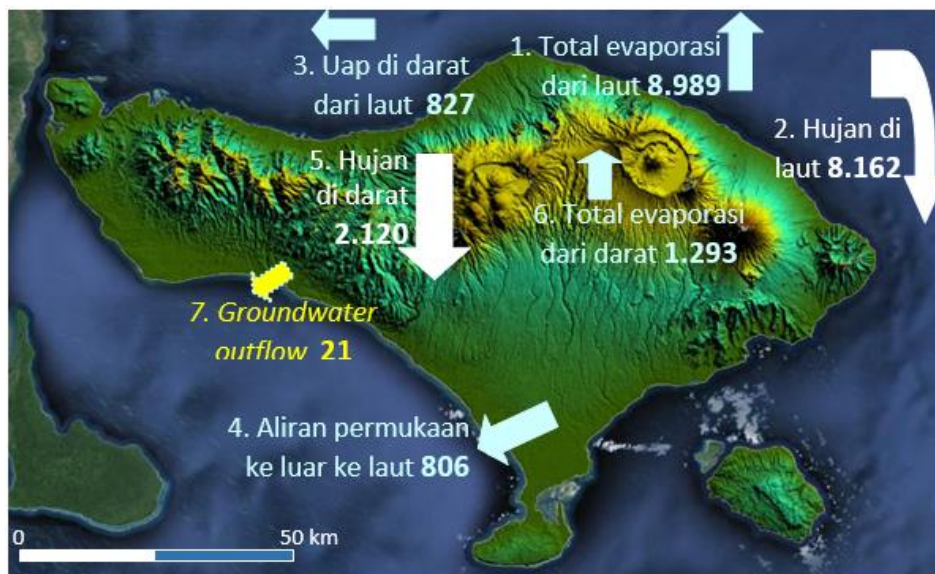
c. Kalimantan



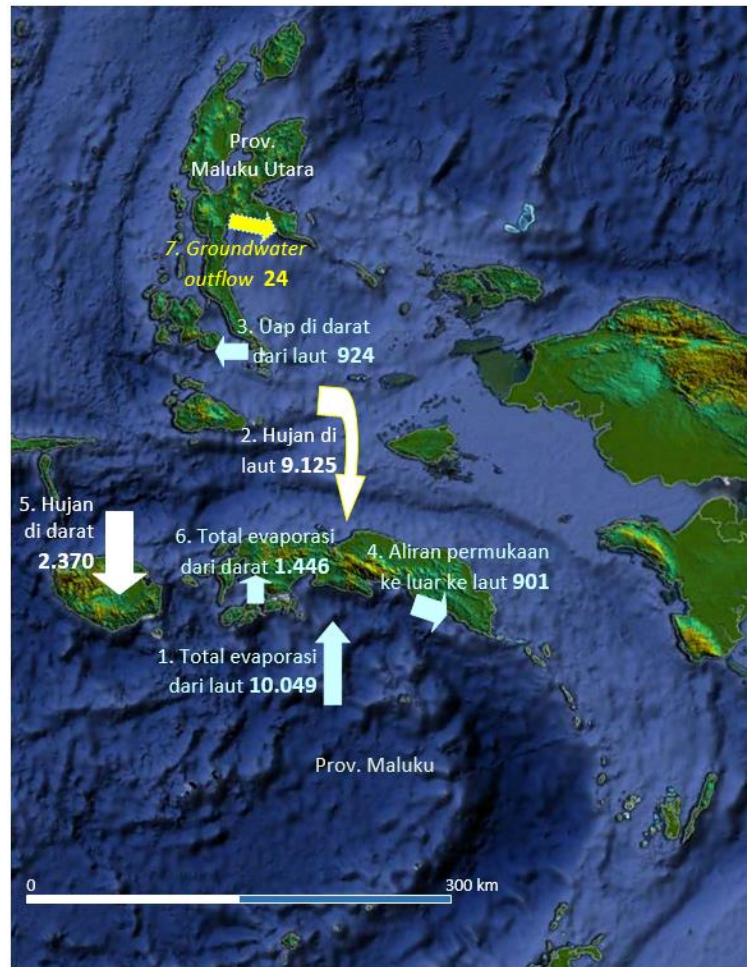
d. Nusa Tenggara Barat (NTB)



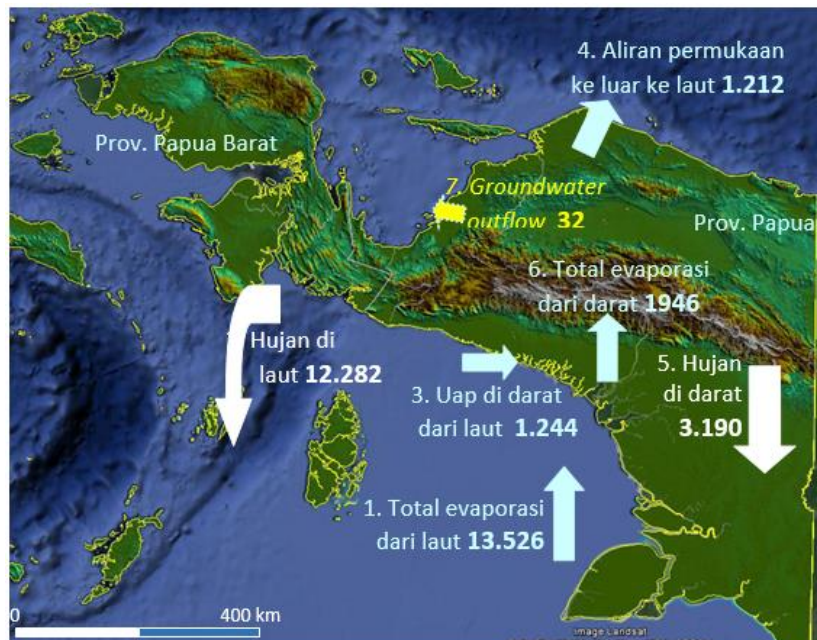
e. Nusa Tenggara Timur (NTT)



f. Bali



g. Kepulauan Maluku (Prov. Maluku dan Prov. Maluku Utara)



h. Papua

Gambar 3. 7 Hipotesis kondisi ideal keseimbangan air pulau-pulau dengan besaran curah hujan di darat di masing-masing pulau (mm per tahun) berdasarkan Chow et al. (1988)

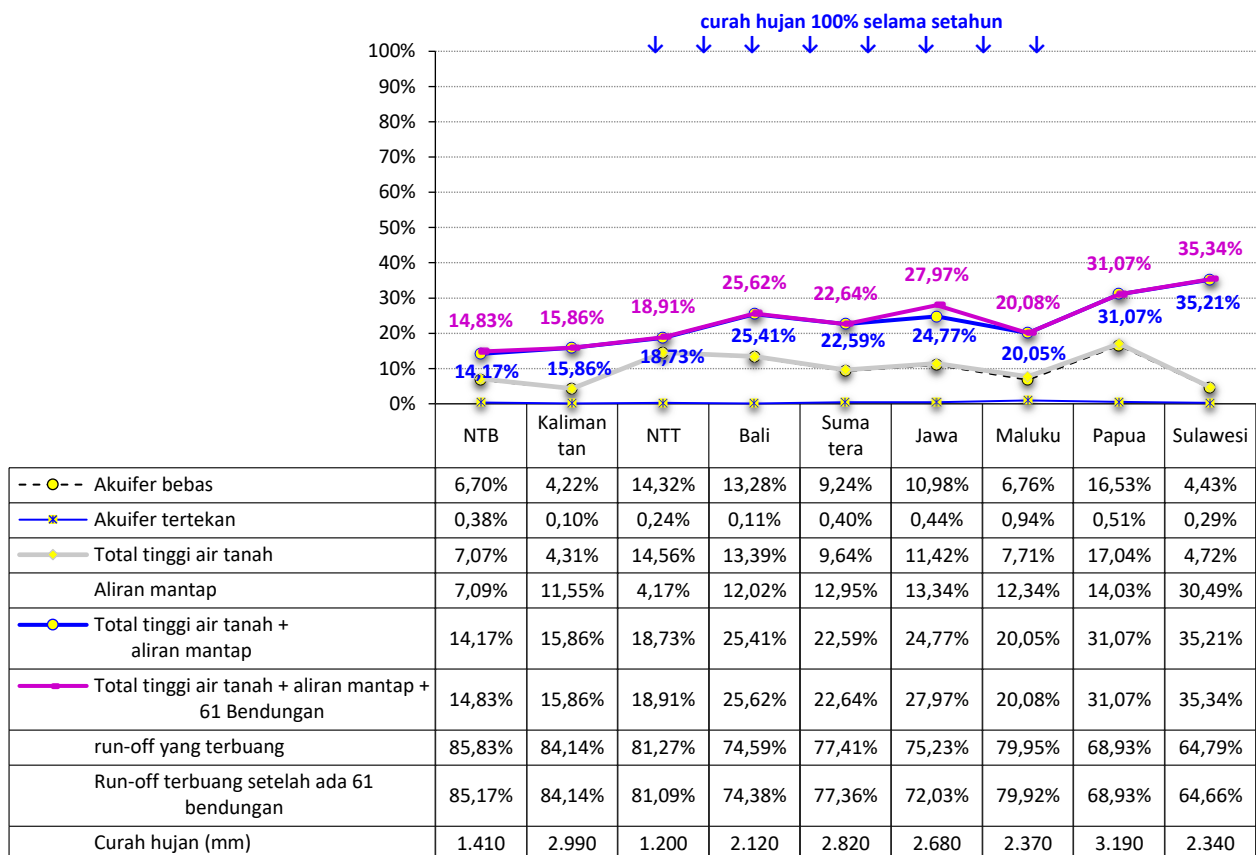
Implementasi untuk merubah kondisi keseimbangan air pulau-pulau saat ini menjadi kondisi keseimbangan air pulau-pulau yang ideal secara implisit adalah menaikkan Garis CF menjadi Garis C'F' dalam Gambar 3. 4 dengan besaran nilai peningkatan aliran mantap + air tanah masing-masing pulau. Hal ini identik dengan menjaga keberlanjutan air di Indonesia dengan nilai-nilai siklus hidrologi ideal untuk masing-masing-pulau.

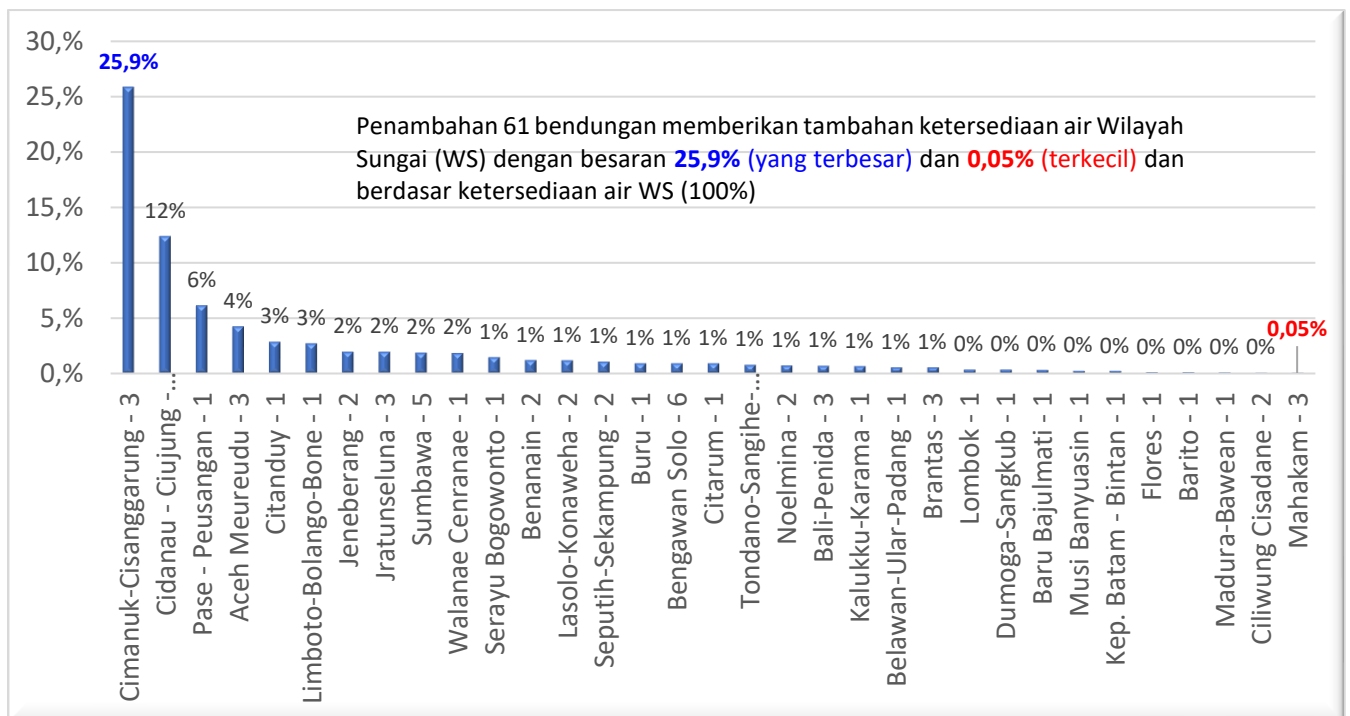
Bila akan dilakukan secara bertahap maka kajian bisa dilakukan secara detail untuk setiap wilayah sungai (WS). Jumlah total WS adalah 128 dan untuk jumlah WS dan DAS tiap-tiap pulau.

4.2 Manfaat Pembangunan 61 Bendungan

Pembangunan 61 bendungan memberikan tambahan terhadap aliran mantap. Namun terhadap pulau-pulau penambahan relatif kecil yaitu mulai 0.001% (terkecil sampai 3,2 % (yang terbesar) seperti ditunjukkan dalam Gambar 3. 8.

Namun penambahan 61 bendungan memberikan tambahan ketersediaan air Wilayah Sungai (WS) dengan besaran 25,9% (yang terbesar) dan 0,05% (terkecil) dan berdasar ketersediaan air WS (100%) seperti ditunjukkan dalam Gambar 3. 9.





Gambar 3. 9 Manfaat 61 Bendungan terhadap WS

V. Penggunaan Air Yang Saling Menunjang (*Conjunctive Use*)

5.1 Uraian

Penggunaan air yang saling menunjang (*conjunctive use*) antara air tanah dengan air permukaan perlu dilakukan mengingat secara alami masing-masing memiliki keterbatasan ketersediaan sehingga apabila dibutuhkan jumlah air yang besar perlu dipasok dari air tanah dan air permukaan sekaligus, dengan sedapat mungkin tetap mendahulukan penggunaan air permukaan dalam upaya pencegahan kerusakan air tanah.

Perbedaan karakter dari air tanah dan air permukaan dapat dipakai untuk mengoptimasi batas maksimum pemakaian total sumber air. Tampungannya air tanah cenderung bergerak lambat pada perubahan *inflow* maupun *outflow*. Sehingga, makin sedikit ketidakpastian yang dapat diprediksi untuk keberadaan air tanah untuk masa depan dibandingkan dengan air permukaan. Pendekatan *conjunctive use* untuk ketersediaan air bertujuan untuk menggabungkan penggunaan air permukaan dan air tanah pada suatu daerah sehingga didapat batas maksimum pemakaian air. Saat permintaan air semakin naik sampai ke batas paling maksimal, strategi *conjunctive use* akan menjadi sangat menarik (Maknoon and Burges, 1978).

Konsep dari keterpaduan pemakaian air tanah dan air permukaan, dan mengoptimasi sumber air untuk beberapa daerah sangat menarik. Beberapa pertimbangan yang harus diikutsertakan untuk perancangan dan pelaksanaan rencana *conjunctive use* adalah:

1. Air tanah dapat dipakai untuk memperbanyak aliran sungai saat musim kemarau. Kuantitas air tanah dibutuhkan tergantung dari variabel air sungai dan tingkat regulasi air sungai, misalnya 60, 70, 80, dan 90 persen dari aliran rata-rata.
2. Penurunan air tanah dalam akuifer yang membutuhkan waktu lama untuk kembali lagi seperti semula. Hal ini tidak hanya tergantung pada karakter akuifer namun juga tingkat regulasi air sungai.
3. Beberapa ide yang berhubungan dengan tingkat pemulihan air tanah dapat dilihat dari pertimbangan seperti waktu respon akuifer. Parameter ini juga memberi indikasi adanya variabel musiman pada aliran air tanah yang menuju sungai. Waktu respon dapat didefinisikan sebagai T/SL^2 , dimana T adalah koefisien transmisivitas, S adalah koefisien tampungan dan L adalah jarak dari sungai menuju batas permeabel dari akuifer atau bagian air tanah yang paralel dengan garis sungai (Downing et al., 1974; Oakes and Wilkinson, 1972).

4. Muka air tanah ditingkatkan saat periode air sungai berlebih memakai teknik *recharge* buatan bila recharge alami kurang atau terlalu lama.
5. Kekurangan aliran sungai biasanya disertai dengan pengambilan air tanah melalui sumur. Pemompaan akan menurunkan muka air tanah yang akan mengakibatkan debit mata air dan *outflow* dari air tanah berkurang. Sedangkan kehilangan pada dasar sungai akan semakin naik dan terjadi intersepsi pada beberapa *baseflow* sungai. Kekurangan pada debit akuifer akan tergantung apakah akuifer secara hidrolik berhubungan dengan sungai atau tidak, sifat hidrolik dari akuifer (S dan T), waktu respon dari akuifer dan jarak antara sungai dan sumur.
6. Efisiensi dari sistem *conjunctive aquifer—river* ditunjukkan sebagai *net gain*. Hal ini akan digambarkan pada persamaan di bawah ini.

$$\text{Net gain} = \frac{\text{Groundwater abstraction rate} - \text{Reduction in river flow}}{\text{Groundwater abstraction rate}}$$

7. Menurut Downing dkk. (1974), hasil yang baik didapat saat akuifer memiliki permeabilitas yang rendah dan koefisien penampungan yang tinggi (sehingga waktu respon kecil).
8. Dengan akuifer tidak tertekan, biasanya sebuah daerah memiliki waktu respon yang cepat, sehingga daerahnya cukup layak untuk dibangun sumur pompa untuk jarak yang jauh dari sungai. Jika sumur terlalu dekat dengan sungai, infiltrasi akan mengakibatkan sirkulasi cepat pada sistem di sungai dengan nilai *net gain* dapat diabaikan. Meletakkan sumur yang jauh dari sungai juga kurang menguntungkan, pemompaan akan tinggi dan biaya pompa juga banyak.
9. Akuifer tertekan, karena koefisien tampungan yang kecil dan respon cepat, tidak selalu layak untuk *conjunctive use*, walaupun isolasi yang nyata antara air permukaan dengan air tanah akan terlihat menarik awalnya.

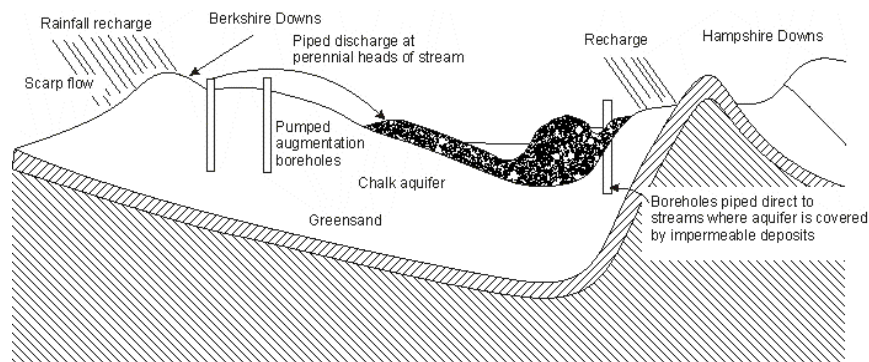
Untuk mengevaluasi secara penuh faktor-faktor yang tertulis di atas dan menaksir keadaan hidrogeologi suatu daerah, perlu dibentuk beberapa rencana awal. Downing et al. (1974) menjelaskan syarat-syarat yang dibutuhkan untuk rencana, sedangkan Backshall et al. (1972) memberi catatan yang baik tentang studi awal yang dapat diaplikasikan di Sungai Thet di Norfolk, Inggris.

Rencana awal harus dimulai dengan test pemompaan dari sumur individu untuk menaksir hubungan produksi air dengan penurunan muka air tanah dan efektivitas sumur, sifat hidrolik dari akuifer dan hubungan antara sumur individu dan sungai atau batasan hidrologis lainnya. Tahap berikutnya berhubungan dengan pengujian di sungai untuk memperkirakan dampak dari pengambilan air di akuifer dan di sungai. Kondisi aktual yang

dilihat pada saat pengujian dibandingkan dengan jika tidak ada pemompaan. Untuk dapat mengetahui sistem secara penuh, tingkat pengambilan air harus cukup besar untuk menghasilkan dampak dari aliran sungai dan mengurangi dampak signifikan dari error-error yang diprediksi.

Backshall et al. (1972) memakai tingkat pengambilan tiga kali lebih banyak dari tingkat infiltrasi rata-rata saat tahap pembuktian pada skema awal. Satu tujuan adalah untuk mengerti bagaimana tiap sumur mempengaruhi aliran air sungai, hal ini sangat baik untuk efisiensi manajemen. Sedangkan tujuan lain adalah untuk menaksir konsekuensi pengambilan dari ekologi sekitar, daerah rendah, pertanian dan lainnya. Pengaruh pada tanaman dan hewan air dari penggunaan air tanah harus dikaji lebih lanjut, karena air memiliki temperatur dan komposisi kimia yang berbeda.

Banyak aspek dari skema *conjunctive use* yang dapat dipelajari dengan teknik modeling dan mereka sangat penting untuk memprediksi bagian dari studi awal. Salah satunya model pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. 1 Inter-relasi antara air tanah, aliran sungai, hujan, dan pengambilan air tanah

Gambar di atas adalah potongan melintang utara-selatan dari akuifer *Chalk* di bawah Berkshire Downs dimana air tanah yang diambil akan mengisi Sungai Thames pada saat musim kering. Akuifer yang ditutupi oleh lapisan impermeabel, sumur terletak dekat dengan permukaan sungai sehingga dapat mengurangi jumlah pipa dan biaya pemompaan. Di bagian akuifer yang tertekan, sumur harus terletak pada jarak tertentu dari sungai untuk menghindari infiltrasi. Berikutnya, air tanah dipompa sampai ke perennial heads dari sungai intermiten untuk menghindari kehilangan melalui dasar sungai yang kering (Anon, 1975)

Prinsip dasar *conjunctive use* antara lain:

1. Optimasi penggunaan air. Menggunakan tampungan air permukaan dan bawah tanah untuk menghasilkan kapasitas tampungan yang lebih besar dan mengurangi *run-off* yang sia-sia.

2. Sedikit tampungan permukaan yang dibutuhkan karena di bawah tanah sudah memiliki tampungan air tanah sendiri
3. Pengendalian banjir yang lebih baik. Air dapat ditransfer ke dalam tampungan bawah tanah.
4. Fleksibilitas lebih besar untuk merespon kenaikan permintaan akan air karena ada lebih dari satu sumber tersedia.

Hal-hal yang penting yang perlu perhatian dan pertimbangan antara lain:

1. Untuk air tanah, biaya yang lebih banyak karena mengkonsumsi daya yang lebih besar dengan banyaknya pemompaan. *Conjunctive use* membutuhkan pompa untuk mengambil air tanah, lalu mengangkut ke sungai kemudian perlu adanya *recharge* buatan untuk air tanah sebagai pengganti air yang diambil nantinya, sehingga dibutuhkan biaya pengawasan yang tentunya akan lebih besar.
2. Berkurangnya efisiensi pompa karena tingginya fluktuasi muka air tanah.
3. Permasalahan manajemen karena ada banyak hal yang harus diperhatikan seperti: kapan memakai sumber air permukaan dan air tanah, kapan menghentikan pengambilan air tanah dan mengganti menjadi air permukaan, kapan memulai *recharge* air tanah, dll.
4. Penafsiran ekonomi untuk skema ini cukup sulit karena banyaknya sumber air tanah dan permukaan yang dapat dipakai secara independen dan bersamaan. Memilih alternatif yang paling murah akan sulit dan belum tentu dapat menghasilkan penggunaan air yang paling efektif atau memuaskan konstrain manajemen lainnya.
5. Jika air diambil dari sumber yang berbeda tiap waktu, waktu yang disediakan kepada konsumen dapat berubah dari air permukaan yang lunak menjadi air tanah yang keras. Hal ini dapat mengakibatkan permasalahan atau ketidakpuasan. Pencampuran air dari sumber yang berbeda dibutuhkan (Buchan, 1963).

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan pola *conjunctive use* sangat kompleks dan perlu kajian detail untuk pelaksanaannya. Oleh karena itu, sangat disarankan untuk pemilihan skema ini hanya pada kondisi yang tepat, misalnya kekurangan air yang tidak dapat dipenuhi dengan alasan yang jelas. Jika skema sudah ditentukan, maka perlu dimulai dengan adanya pembangunan ukuran kecil dan pengembangan model untuk memprediksi trend masa depan, memilih alternatif yang paling cocok dan biasanya dapat membantu proses manajemen.

5.2 Safe Yield

Yield Capacity adalah kemampuan maksimum dalam memberikan sejumlah air suatu akuifer atau cekungan. Dengan mengetahui nilai *yield capacity* maka jumlah sumber air tanah yang secara pasti diambil dalam jumlah tertentu secara kuantitatif dapat dihitung (*Safe Yield*).

Salah satu cara menganalisis kemampuan sumber air tanah di suatu akuifer adalah tes pemompaan. Berdasarkan prinsip-prinsip Porous Media Hydraulic serta sifat-sifat fisik dari kondisi tanah maka aliran, kapasitas, dan kemampuan air tanah pada formasi geologi suatu akuifer dapat diketahui dan dianalisis kuantitasnya.

Safe yield (serahan aman atau disebut juga serahan ajek (*perennial yield*)) dapat didefinisikan sebagai nilai yang menunjukkan jumlah air yang dapat diambil secara terus menerus atau konstan untuk kebutuhan manusia, tanpa merusak kuantitas dan kualitas air tanah yang asli atau menciptakan suatu akibat yang tidak diinginkan seperti kerusakan lingkungan. Kerugian atau dampak buruk dari pengembangan air tanah ini antara lain seperti intrusi air laut, amblesan tanah, dan lain-lain. *Safe yield* sering juga didefinisikan sebagai jumlah maksimum dari air yang dapat diambil secara menerus dari CAT tanpa dampak yang merugikan. Serahan aman ditentukan untuk sebuah tatanan kondisi spesifik suatu pengoperasian pengambilan air tanah. Beberapa perubahan kondisi spesifik tertentu seperti perubahan kondisi ekonomi, tata guna lahan, atau pemasukan suplai air yang baru, memerlukan perhitungan yang tepat (ASCE, 1987).

Safe yield adalah sejumlah air tanah yang dapat dipompa secara terus menerus tanpa membahayakan atau mengakibatkan terjadinya penurunan tampungan pada akuifer dengan mempertimbangkan beberapa hal, antara lain: perkembangan ekonomi air tanah itu sendiri, perlindungan terhadap kualitas air tanah, hukum, dan pengawasan terhadap degradasi lingkungan (ASCE, 1987; Fetter, 1994; Lee, 1915; Meinzer, 1923; Conkling, 1946; Banks, 1953).

Maximum safe yield adalah jumlah maksimal dari air yang tersedia terus menerus dalam waktu yang lama. Pada analisis akhir, serahan aman maksimum tergantung pada nilai air secara ekonomis (termasuk legalitas dan politik) yang tersedia dan dapat digunakan. Oleh karena itu hal ini tidak pasti, karena dengan adanya tampungan akuifer yang memadai dan biaya yang cukup, pembangunan dan pengelolaan pengambilan air menjadi bagian dari manajemen air tanah.

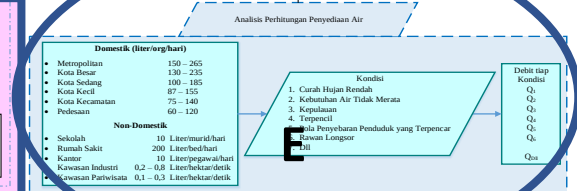
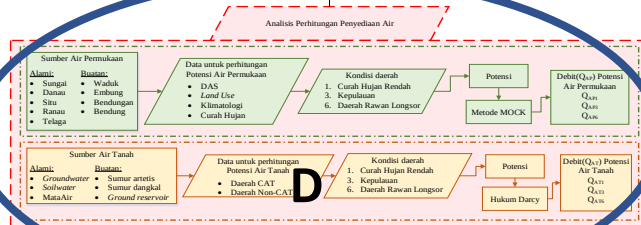
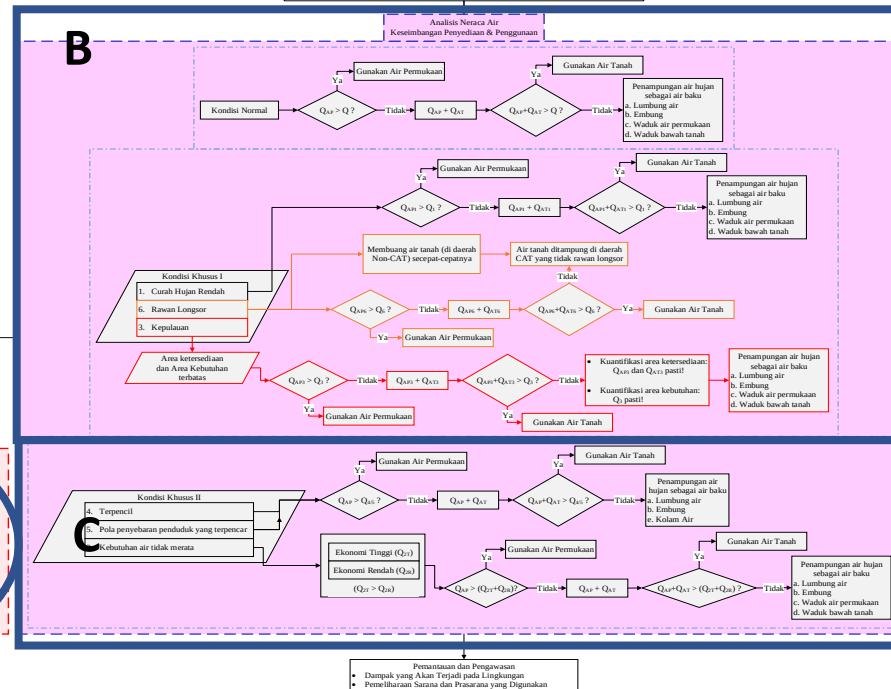
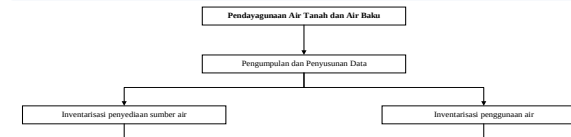
Pendayagunaan air tanah dan air permukaan berdasarkan *conjunctive use* diutamakan pada pemenuhan kebutuhan pokok hidup masyarakat secara adil dan berkelanjutan dan dilaksanakan berdasarkan rencana pengelolaan air tanah serta diselenggarakan oleh pemerintah dengan melibatkan masyarakat.

Secara garis besar pendayagunaan air tanah dan air permukaan dilakukan melalui kegiatan penatagunaan, penyediaan, penggunaan, pengembangan, dan pengusahaan air tanah dan air permukaan. Beberapa contoh kondisi pendayagunaan air tanah dan air permukaan, antara lain:

1. Daerah Curah Hujan Rendah
2. Daerah Pusat Pertumbuhan Ekonomi
3. Daerah Kepulauan
4. Daerah Terpencil
5. Daerah Pola Penyebaran Penduduk Terpencar
6. Daerah dengan Potensi Tampungan Air Bawah Tanah
7. Daerah Rawan Longsor

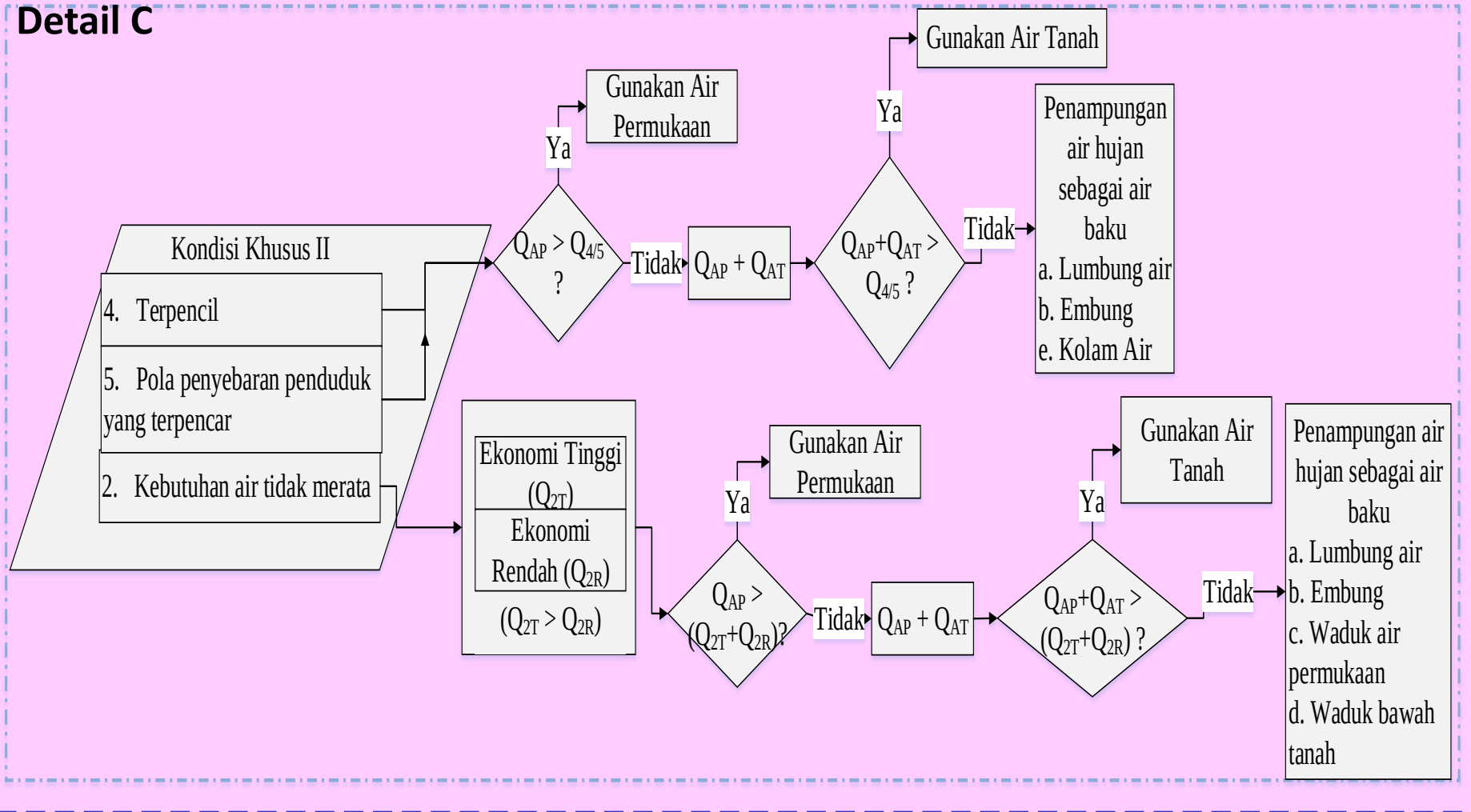
Conjunctive Use dengan berbagai kondisi ditunjukkan dalam Gambar 4. 2.

DEFINISI PENDAYAGUNAAN AIR TANAH DAN AIR BAKU
 Pendayagunaan Air Tanah dan Air Baku adalah upaya penyediaan, penggunaan dan pemanfaatan air permukaan yang perlu didukung (apabila suplai tidak mencukupi) dengan air tanah untuk memenuhi keperluan/kebutuhan rumah tangga sehat-hari serta industri, dengan tetap memperhatikan keseimbangan alam serta tidak menimbulkan kerusakan pada sumber air dan lingkungan atau prasarana umum yang bersangkutan.



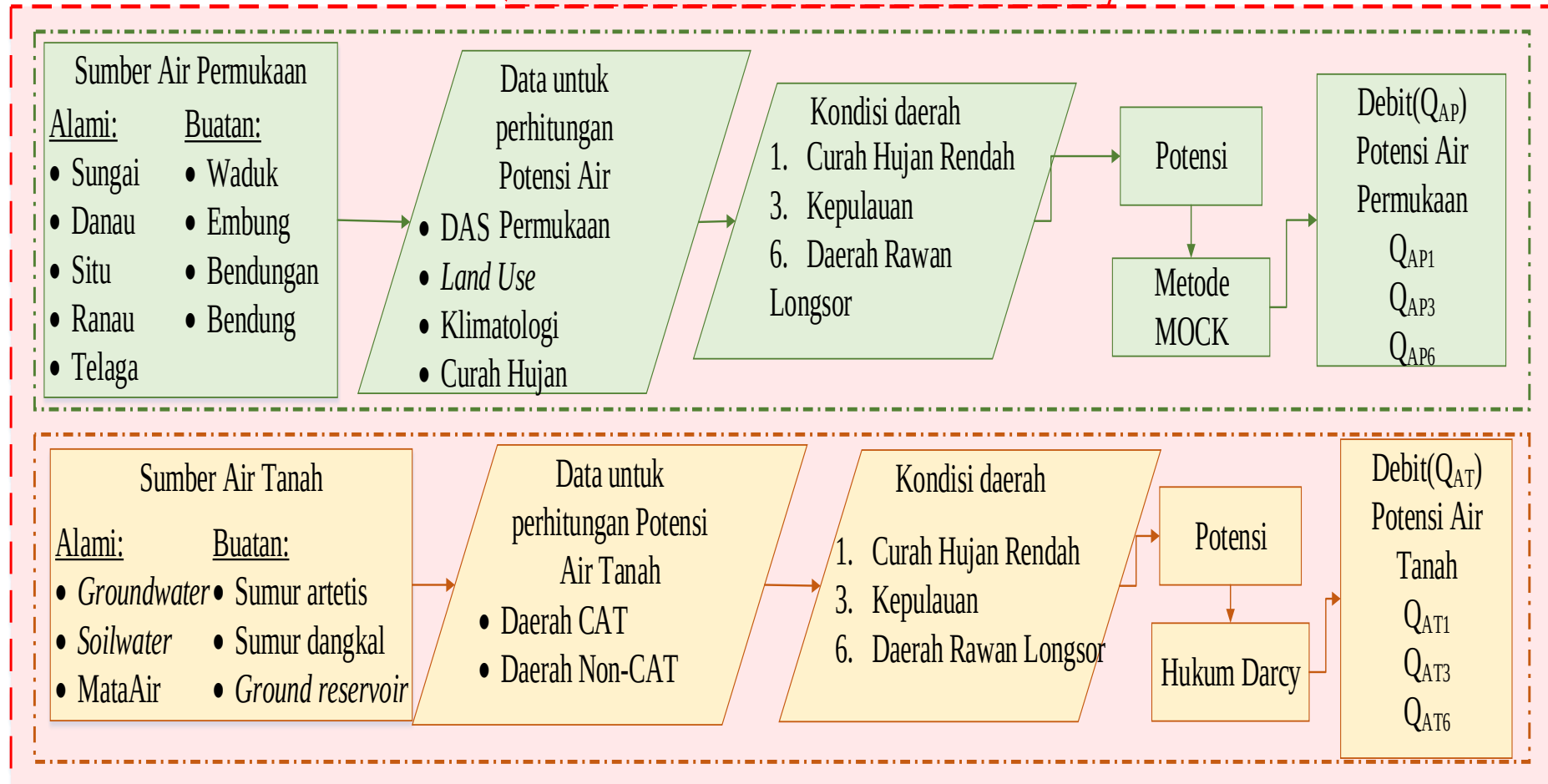
Detail B

Detail C



Detail D

Analisis Perhitungan Penyediaan Air



Detail E

Analisis Perhitungan Kebutuhan Air

Domestik (liter/org/hari)

- Metropolitan 150 – 265
- Kota Besar 130 – 235
- Kota Sedang 100 – 185
- Kota Kecil 87 – 155
- Kota Kecamatan 75 – 140
- Pedesaan 60 – 120

Non-Domestik

- Sekolah 10 Liter/murid/hari
- Rumah Sakit 200 Liter/bed/hari
- Kantor 10 Liter/pegawai/hari
- Kawasan Industri 0,2 – 0,8 Liter/hektar/detik
- Kawasan Pariwisata 0,1 – 0,3 Liter/hektar/detik

Kondisi

1. Curah Hujan Rendah
2. Kebutuhan Air Tidak Merata
3. Kepulauan
4. Terpencil
5. Pola Penyebaran Penduduk yang Terpencar
6. Rawan Longsor
7. Dll

Debit tiap Kondisi

Q_1
 Q_2
 Q_3
 Q_4
 Q_5
 Q_6
 Q_{DII}

VI. Integrasi, Pola, Rencana PSDA WS dan *Smart Water Management*

6.1 Integrasi, Pola, Rencana PSDA

Pengelolaan Sumber Daya Air didasarkan pada Wilayah Sungai dengan memperhatikan keterkaitan penggunaan Air Permukaan dan Air Tanah dengan mengutamakan pendayagunaan Air Permukaan.

Prinsip Keterpaduan (Integrasi) antara Air Permukaan dan Air Tanah menekankan pentingnya keseimbangan Pengelolaan Sumber Daya Air karena Air Tanah merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari ekosistem dan berinteraksi dengan Air Permukaan.

Pengelolaan Sumber Daya Air memperhatikan keterkaitan Air Permukaan dan Air Tanah sebagai satu kesatuan daur hidrologi yang bersumber pada Air hujan.

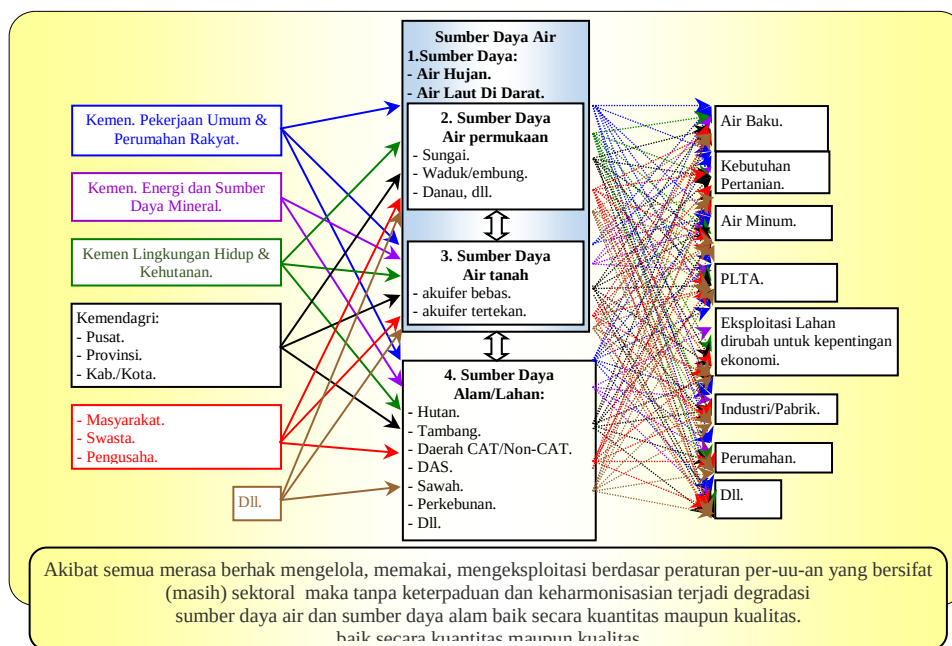
Memahami dan mengerti Pengelolaan Sumber Daya Air Permukaan dan Air Tanah secara total adalah sangat sulit bahkan mustahil. Setiap lokasi mempunyai situasi, kondisi, karakteristik dan sifat yang berbeda baik dari sisi bentang alam maupun bentang buatan. Berbagai disiplin terlibat, antara lain: pengembangan wilayah, planologi, geologi, hidrogeologi, hidrologi, hidraulika, erosi dan sedimentasi, morfologi sungai dan geoteknik/mekanika tanah.

Oleh karena itu dalam rangka upaya Integrasi Pengelolaan Sumber Daya Air Permukaan dan Air Tanah yang optimal maka diperlukan strategi berupa pendekatan secara keseluruhan dan sistematis mulai dari ide atau gagasan, perencanaan, dan eksekusi atau implementasi tindakan dalam suatu ruang (spasial) dan dalam suatu kurun waktu (temporal). Kata-kata kuncinya diantaranya meliputi:

- Komprehensif: permasalahan dan solusi harus dipandang secara luas, menyeluruh, saksama dan lengkap.
- Sinergi: permasalahan dan solusi yang komprehensif diintegrasikan dengan upaya saling mengisi dan melengkapi perbedaan untuk mendapatkan hasil yang optimal.
- Harmoni: untuk mendapatkan hasil yang optimal yang menyeluruh dan lengkap perlu tindakan selaras, serasi dan sesuai.
- Integrasi: menyatu-padukan, menggabungkan dan mempersatukan berbagai aspek, asumsi dan disiplin.

Kompleksitas sumber daya air juga dapat dilihat dari banyaknya institusi dan stakeholders lainnya yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung. Masing-masing melakukan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air maupun sumber daya

alam/lahan sesuai dengan tujuannya secara spesifik. Sehingga sering terjadi adanya tumpang tindih baik dari tugas dan fungsi maupun dari output atau outcome yang dihasilkannya. Diagram dalam Gambar 5. 1 menunjukkan pemanfaatan sumber daya air dan sumber daya alam/lahan oleh para-pihak untuk berbagai keperluan. Sumber daya alam memberi pengaruh penting terhadap sumber daya air. Akibat semua merasa berhak untuk mengelola, memakai, mengeksploitasi maka tanpa keterpaduan terjadi degradasi kondisi sumber daya air baik secara kuantitas maupun kualitas. Kondisi akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk.



Gambar 5. 1 Pemanfaatan Sumber Daya Air dan Sumber Daya Alam oleh stakeholders untuk berbagai keperluan (Kodoatie dan Syarief, 2010 dengan elaborasi)

Pengelolaan Sumber Daya Air didasarkan pada Wilayah Sungai dengan memperhatikan keterkaitan penggunaan Air Permukaan dan Air Tanah dengan mengutamakan pendayagunaan Air Permukaan.

Prinsip keterpaduan (integrasi) antara Air Permukaan dan Air Tanah menekankan pentingnya keseimbangan Pengelolaan Sumber Daya Air karena Air Tanah merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari ekosistem dan berinteraksi dengan Air Permukaan. Pengelolaan Sumber Daya Air memperhatikan keterkaitan Air Permukaan dan Air Tanah sebagai satu kesatuan daur hidrologi yang bersumber pada Air hujan.

Tahapan PSDA meliputi: Perencanaan, Pelaksanaan, OP, Pemantauan & Evaluasi

1. Perencanaan Pengelolaan Sumber Daya Air: Pola PSDA WS dan Rencana PSDA WS
 - Integrasi Pengelolaan Sumber Daya Air Permukaan dan Air Tanah perlu dimasukkan dalam Pola PSDA WS (yang merupakan strategi PSDA pada masa yang akan

datang) dan Rencana PSDA WS (merupakan acuan penyusunan program Pengelolaan Sumber Daya Air)

- Keseimbangan air ideal pulau perlu diekstrapolasi lebih detail ke dalam WS
- 2. Pelaksanaan konstruksi Prasarana Sumber Daya Air dan Pelaksanaan non konstruksi;
- 3. Pelaksanaan Operasi dan Pemeliharaan Sumber Daya Air; dan
- 4. Pemantauan dan evaluasi Pengelolaan Sumber Daya Air.

Pemerintah Pusat dan/atau Pemerintah Daerah sesuai dengan kewenangannya menyusun Pola Pengelolaan Sumber Daya Air untuk terselenggaranya Pengelolaan Sumber Daya Air yang dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi kepentingan masyarakat.

Pola Pengelolaan Sumber Daya Air disusun untuk membuat strategi Pengelolaan Sumber Daya Air pada masa yang akan datang, termasuk upaya untuk memenuhi kebutuhan Air untuk masa yang akan datang untuk menciptakan keseimbangan antara kebutuhan (demand) dan kemampuan penyediaan (supply).

Pola Pengelolaan Sumber Daya Air diuraikan lebih lanjut dalam Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air sebagai acuan pelaksanaan Pengelolaan Sumber Daya Air jangka panjang. Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air merupakan acuan penyusunan program Pengelolaan Sumber Daya Air dan program kementerian atau lembaga pemerintah nonkementerian yang terkait. Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air merupakan dasar dan salah satu unsur dalam penyusunan, peninjauan kembali, dan/atau penyempurnaan rencana tata ruang wilayah.

Pola dan Rencana PSDA diatur dengan PP.

6.2 Smart Water Management

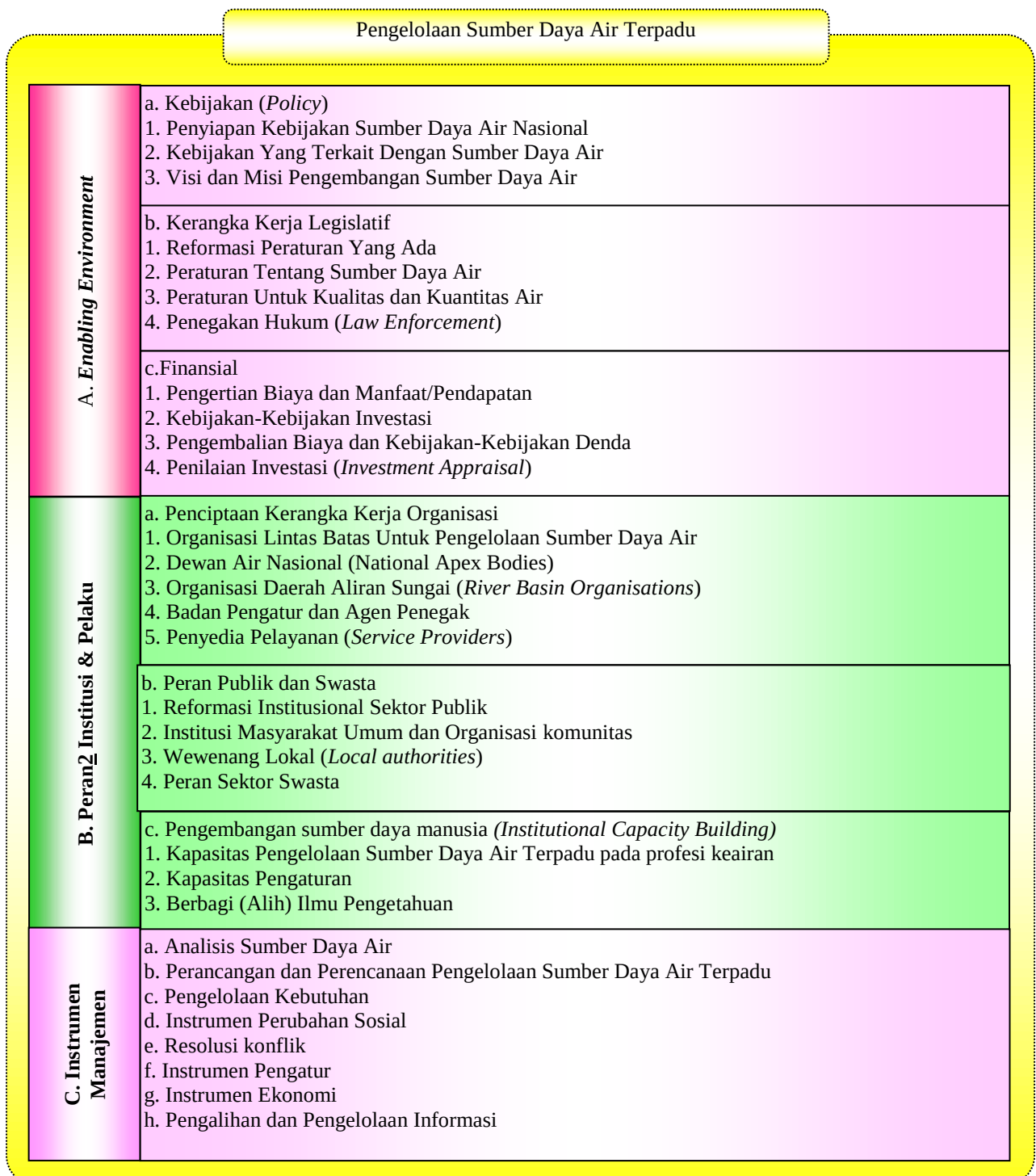
Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu (Integrated Water Resources Management/IWRM) adalah: suatu proses yang mempromosikan koordinasi pengembangan dan pengelolaan air, tanah dan sumber daya terkait dalam rangka tujuan untuk mengoptimalkan resultan ekonomi dan kesejahteraan sosial dalam sikap yang cocok/tepat tanpa mengganggu kestabilan dari ekosistem-ekosistem penting (GWP, 2001).

Manajemen Sumber Daya Air Terpadu dapat dikelompokkan dalam 3 elemen utama

- ✓ *The enabling environment* adalah kerangka umum dari kebijakan nasional, legislasi, regulasi dan informasi untuk pengelolaan SDA oleh stakeholders. Fungsinya merangkai dan membuat peraturan serta kebijakan. Sehingga dapat disebut sebagai *rules of the games*.

- ✓ Peran-Peran Institusi (*institutional roles*) merupakan fungsi dari berbagai tingkatan administrasi dan stakeholders. Perannya mendefinisikan para pelaku
- ✓ Alat-alat manajemen (*management instruments*) merupakan instrumen operasional untuk regulasi yang efektif, monitoring dan penegakkan hukum yang memungkinkan pengambil keputusan untuk membuat pilihan yang informatif diantara aksi-aksi alternatif. Pilihan-pilihan ini harus berdasarkan kebijakan yang telah disetujui, sumberdaya yang tersedia, dampak lingkungan dan konsekuensi sosial dan budaya.

Integrated Water Resources Management ditunjukkan dalam Gambar 5. 2



Gambar 5. 2 *Integrated Water Resources Management*

Smart Water Management (SWM) menggunakan Teknologi Informasi dan Komunikasi, *Internet of Things (IoT)*, dan *data real time* serta responnya sebagai bagian terintegrasi dari solusi untuk tantangan pengelolaan SDA

Smart Water Management is the activity of planning, developing, distributing and managing the use of water resources using an array of IoT technologies which are designed to increase transparency, and make more reasonable and sustainable usage of these water resources.

Smart Water Management (SWM) adalah optimasi penggunaan Teknologi Informasi dan Komunikasi yang menyediakan data *real-time* otomatis kondisi sumber daya air dan lingkungan serta prakiraan kondisi cuaca dan iklim

Smart Water Management adalah *Integrated Water Resources Management* berbasis digital.

VII. REKOMENDASI

Berdasarkan latar belakang dan kajian maka rekomendasi adalah sebagai berikut:

1. Perlu pengaturan pengelolaan sumber daya air di daerah bukan-CAT (definisi, potensi dan dampak) dan perlu pengaturan lebih lanjut tentang CAT lintas WS
2. Perlu mengurangi debit air yang terbuang ke laut dengan memulihkan kondisi ideal siklus hidrologi (menjadi 38% sehingga total tinggi air tanah dan aliran mantap menjadi 62%) di setiap WS
3. Perlu mengefektifkan pengelolaan sumber daya air secara *conjunctive use* air permukaan dan air tanah untuk setiap WS dengan memperhatikan *safe yield* air tanah
4. Perlu penerapan *smart water management*.

Tabel 6. 1 Integrasi Pengelolaan Sumber Daya Air Permukaan Dan Air Tanah

PERMASALAHAN	REKOMENDASI	TINDAK LANJUT	PENANGGUNG JAWAB
1. Pengaturan SDA belum memasukkan pengelolaan sumber daya air tanah di daerah bukan-CAT (termasuk CAT tidak potensial) seluas 53% dari daratan meliputi definisi, potensi dan dampak. Demikian pula belum ada pengaturan lebih lanjut tentang CAT lintas WS, CAT lepas pantai, dan CAT pulau-pulau kecil.	Perlu pengaturan pengelolaan sumber daya air di daerah bukan-CAT (definisi, potensi dan dampak) dan perlu pengaturan lebih lanjut tentang CAT lintas WS, CAT lepas pantai, CAT pulau-pulau kecil, termasuk CAT tidak potensial.	1. Menyiapkan pengaturan sumber daya air tanah di daerah bukan-CAT (termasuk CAT tidak potensial) dan pulau-pulau kecil dalam konteks pengelolaan sumber daya air wilayah sungai (definisi, potensi dan dampak). 2. Menyiapkan pengaturan sumber daya air tanah di CAT lintas WS, CAT lintas DAS, CAT di pulau-pulau kecil dalam konteks pengelolaan sumber daya air wilayah sungai. 3. Melakukan pemetaan detail CAT lintas DAS, CAT lepas pantai, CAT lintas WS, dan bukan-CAT dalam rangka pengintegrasian untuk penyusunan pola dan rencana pengelolaan SDA WS yang dilaksanakan oleh K/L yang memiliki tugas dan fungsi terkait. 4. Melakukan sosialisasi CAT lintas Wilayah Sungai, dan bukan-CAT (termasuk CAT tidak potensial). 5. Melakukan kajian lebih lanjut mengenai CAT di bawah lepas pantai dan pulau-pulau kecil termasuk model pengelolaannya dalam WS	1. Kementerian PUPR 2. Kementerian ESDM 3. BRIN 4. Pemda terkait
2. Masih tingginya debit air yang terbuang ke laut dibandingkan dengan aliran mantap yang terdiri dari aliran permukaan dan aliran air tanah	Perlu mengurangi debit air yang terbuang ke laut dengan memulihkan kondisi ideal siklus hidrologi menjadi 38% sehingga total tinggi aliran mantap menjadi 62% di setiap WS	1. Melaksanakan rehabilitasi hutan dan lahan di 14 juta hektar lahan kritis dengan prioritas di daerah tangkapan air waduk lama dan 61 waduk baru serta danau prioritas nasional. 2. Penerapan prinsip <i>zero delta Q</i> pada daerah terbangun (real estate dan kawasan industri) dengan meningkatkan infiltrasi dan pemanenan air hujan. 3. Meningkatkan fungsi Kawasan Lindung dan mengendalikan Kawasan Budi Daya dalam suatu Pengelolaan Sumber Daya Air yang terintegrasi	1. Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup dan Pemda terkait 2. Kementerian Agraria Tata Ruang dan BPN 3. Kementerian PUPR dan Pemda terkait 4. Kementerian ESDM 5. Kementerian Dalam Negeri

		- Memperbanyak tampungan air antara lain berupa embung dan bendungan, terutama di kawasan bukan-CAT dan di daerah imbuhan kawasan CAT untuk menaikkan aliran mantap di permukaan tanah - Menetapkan daerah imbuhan dalam tata ruang secara lebih definitif dan detail sesuai ketentuan yang berlaku.	6. Pemda, <i>stakeholders</i> terkait
3. Pendayagunaan sumber daya air belum memprioritaskan air permukaan secara optimal dan adanya pengambilan air tanah yang tak terkendali akibat meningkatnya permintaan pasokan air (peningkatan penduduk dan pertumbuhan ekonomi)	Perlu mengefektifkan pengelolaan sumber daya air secara terpadu air permukaan dan air tanah (<i>conjunctive use</i>) untuk setiap WS dengan memperhatikan <i>safe yield</i> air tanah	- Mempercepat penyediaan air permukaan untuk menggantikan penggunaan air tanah - Memberlakukan prosedur atau mekanisme (<i>protap</i>) perizinan terpadu air permukaan dan air tanah sesuai dengan SKB Menteri ESDM, Menteri PUPR, dan Menteri Investasi/Kepala BKPM tentang Penyelenggaraan perizinan berusaha dan persetujuan penggunaan SDA oleh Pemerintah Pusat - Memperketat izin penggunaan air tanah kecuali untuk daerah yang penyediaan air permukaannya kurang dengan memperhatikan <i>safe yield</i> air tanah (ada pembagian yang jelas urusan perizinan yang jelas dan tidak tumpang tindih). - Mewujudkan keseimbangan penggunaan air permukaan dan air tanah secara operasional melalui kebijakan (penetapan ambang batas), teknik pengendalian untuk implementasi <i>conjunctive use</i> dan organisasi/kelembagaan yang akan menangani <i>conjunctive use</i> - Menetapkan target peningkatan capaian pelayanan air perpipaan untuk mencapai keseimbangan penggunaan air permukaan dan air tanah sesuai <i>safe yield</i> - Menetapkan batas maksimum pengambilan air tanah pada setiap CAT dalam WS yang sesuai dengan <i>safe yield</i> yang dituangkan dalam peraturan	- Kementerian PUPR - Kementerian ESDM - BRIN - Kementerian Dalam Negeri - BKPM - Pemda terkait
4. Belum optimalnya pemanfaatan teknologi untuk pengelolaan air	Perlu penerapan <i>smart water management</i>	- Penyiapan dan penerapan prototipe <i>smart water management system</i> di lokasi terpilih - Penyiapan peraturan untuk penerapan <i>smart water management system</i> berdasar UU No.17 Tahun 2019	- Kementerian PUPR, - Kementerian ESDM, - Kementerian ATR/BPN,

permukaan dan air tanah secara terpadu		3. Melaksanakan sosialisasi penerapan <i>smart water management system</i> 4. Menetapkan metode dan instrument dengan memanfaatkan teknologi dan inovasi yang mendukung kegiatan dalam mengendalikan keseimbangan penggunaan air permukaan dan air tanah 5. Menetapkan standarisasi penggunaan parameter dan perangkat teknologi dalam <i>smart water management</i> 6. Memanfaatkan teknologi dan inovasi hasil rancang bangun dalam negeri dalam penerapan <i>smart water management</i> oleh Kementerian dan Lembaga sesuai peraturan perundangan 7. Memonitor secara berkelanjutan dinamika pengambilan air tanah dengan memanfaatkan teknologi dalam sistem monitoring yang handal, transparan, dan mudah diakses publik	4. Kementerian LHK, 5. BMKG 6. BRIN 7. Kementerian Perindustrian
--	--	---	---