

# Dampak Perubahan Iklim dan Pembangunan Perkotaan pada Ketahanan Air Masa Depan dan Pilihan Adaptasi untuk Kota Makassar, Indonesia

Sintesis hasil-hasil proyek penelitian Adaptasi Perubahan Iklim melalui Pembangunan Kota yang Berkelanjutan (SUD)

September 2012



## Kutipan

CSIRO. 2012. Dampak Perubahan Iklim dan Pembangunan Perkotaan pada Ketahanan Air Masa Depan, dan Pilihan Adaptasi untuk Kota Makassar, Indonesia. Sintesis hasil-hasil proyek penelitian Adaptasi Perubahan Iklim melalui Pembangunan Kota yang Berkelanjutan (SUD)

**ISBN:** 978-0-643-10935-3 (Print); 978-0-643-10937-7 (Online)

## Kontributor

Nama-nama berikut berkontribusi dalam proyek dan/atau produksi laporan ini:

*Pimpinan proyek* – Dewi Kirono, Matthew Inman

*Pimpinan tema penelitian* – Grace Tjandraatmadja (1 dan 3), Dewi Kirono (2), Silva Larson (4)

*Anggota proyek (berdasarkan organisasi)*

CSIRO: Luis Neumann, David Kent, Shiroma Maheepala, Kim Alexander, Kim Nguyen, Felix Lipkin, Samantha Stone-Jovicich

Universitas Hasanuddin: Roland Barkey, Amran Achmad, Mary Selintung, Kaimuddin Mole, Darmawan Salman, Ananto Yudono, Agus Talebe, M Nur Iman, Baharuddin Ali

Organisasi lain di Indonesia/Makassar: Jamaluddin Darhamsyah dan Erni Suspawati (PPE), Pandu Suryo (PDAM), Imbang Muryanto (DPU), M Amri Akbar (BLHD), Heru Djatmiko (BMKG)

**Editorial:** Anne Leitch, Dewi Kirono, Siti Nurbaiti (*untuk versi Bahasa Indonesia*)

**Disain dan Layout:** Anne Leitch, Siobhan Duffy

Proyek ini didanai oleh Aliansi Riset untuk Pembangunan antara CSIRO-AusAID ([www.rfdalliance.com.au](http://www.rfdalliance.com.au)) dan CSIRO Climate Adaptation Flagship. Kami mengucapkan terimakasih atas kontribusi penting dari semua pemangku kepentingan yang terlibat dalam semua kegiatan proyek. Kami juga berterimakasih kepada bantuan dari Riyanti Djalante (Mahasiswa Universitas Macquarie) dan mahasiswa Universitas Hasanuddin.

© Copyright Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO Australia), 2012

## Maklumat:

Semua hak dilindungi dan tidak ada bagian dari publikasi yang dicakup hak cipta ini dapat direproduksi atau dikopi dalam berbagai bentuk atau sarana tanpa ijin tertulis dari CSIRO.

Hasil dan analisis yang tercantum dalam laporan ini didasarkan pada beberapa asumsi dan parameter teknis, terperinci atau yang lainnya. Pengguna harus melakukan kajiannya sendiri mengenai ketepatan penggunaan informasi ini atau materi yang terkandung dalam atau yang dihasilkan dari proyek ini. Sejauh diperbolehkan oleh hukum, CSIRO tidak bertanggung jawab pada semua biaya, kehilangan, kerusakan yang timbul karena memakai laporan ini langsung maupun tidak langsung.

## Alamat kontak:

Dr. Dewi Kirono

CSIRO Climate Adaptation Flagship

Ph (+61 3) 9239 4651

Email: [dewi.kirono@csiro.au](mailto:dewi.kirono@csiro.au)

# Dampak Perubahan Iklim dan Pembangunan Perkotaan pada Ketahanan Air Masa Depan dan Pilihan Adaptasi untuk Kota Makassar, Indonesia

**Sintesis hasil-hasil proyek penelitian Adaptasi Perubahan Iklim melalui Pembangunan Kota yang Berkelanjutan (SUD)**

**September 2012**

Ringkasan Eksekutif .....	2
Proyek Adaptasi Iklim melalui Pembangunan Perkotaan yang Berkelanjutan (SUD).....	6
Tema 1: Pemahaman Konteks Penyediaan Pelayanan Air.....	8
Tema 2: Pemahaman tentang Perubahan Iklim dan Potensi Dampaknya pada Keberlangsungan Penyediaan Air Bersih.....	12
Tema 3: Identifikasi Pilihan-pilihan Pembangunan Air Perkotaan yang Teradaptasi terhadap Iklim .....	18
Tema 4: Pelibatan Pemangku Kepentingan, Kemitraan dan Pembangunan Kapasitas .....	26
Refleksi dan Rekomendasi .....	29
Laporan dan Publikasi dari Proyek SUD .....	31
Daftar Pustaka .....	33

# Ringkasan Eksekutif

Ada bukti ilmiah kuat yang menunjukkan adanya pemanasan global beserta potensi perubahan sistem iklim di berbagai wilayah di masa depan. Iklim mempengaruhi semua aspek kehidupan, termasuk ketersediaan air, sehingga sangatlah perlu kita memahami keragaman iklim saat ini dan di masa depan serta dampaknya pada sumberdaya air. Dengan demikian pemerintah dan masyarakat dapat mengantisipasi perubahan tersebut.

Proyek Adaptasi Iklim melalui Pembangunan Kota yang Berkelanjutan (SUD) memfasilitasi pengembangan pengetahuan tentang (i) skenario pelayanan air masa depan di Makassar dan (ii) pilihan adaptasi yang akan bermanfaat dalam menghadapi skenario tersebut. Tujuannya adalah menyediakan informasi bagi pengambilan kebijakan dalam meningkatkan akses air bersih dan dalam mengelola dampak pembangunan dan perubahan iklim di Kota Makassar, Indonesia. Dilaksanakan pada September 2010 – 2012, proyek melibatkan pembuat kebijakan lokal, pengelola kota, lembaga donor dan peneliti.

Kajian perubahan iklim dilakukan dengan mengkombinasikan antara pendekatan *top-down* (proyeksi) dan *bottom-up* (pengamatan). Identifikasi pilihan adaptasi, didasarkan pada prinsip-prinsip pengelolaan air perkotaan yang terpadu, yang mempertimbangkan semua komponen siklus air dalam pengelolaan penyediaan air, air limpasan dan air limbah. Pendekatan tersebut memungkinkan dilakukannya kajian terhadap beragam pilihan layanan air sekaligus mempertimbangkan kemampuan beradaptasi terhadap dampak perubahan iklim.

Laporan ini memuat capaian dan temuan utama, serta rekomendasi. Ulasan rinci dapat diperoleh di masing-masing publikasi teknis yang tercantum dalam daftar di bagian akhir laporan ini.

## Capaian Utama

Selama dua tahun, proyek ini telah:

- Meningkatkan pemahaman tentang pelayanan air dan tantangannya di Makassar pada saat ini dan masa depan
- Menghasilkan pengetahuan baru tentang dampak iklim dan pembangunan perkotaan pada keberlangsungan sumberdaya air di metropolitan MAMMINASATA (Makassar, Maros, Gowa dan Takalar) dan pada pasokan air bersih di Kota Makassar
- Mengidentifikasi pilihan-pilihan untuk meningkatkan ketahanan air Kota Makassar di masa depan
- Meningkatkan kapasitas pemeran utama lokal/regional untuk melakukan penelitian perubahan iklim, dampaknya, dan adaptasi untuk sektor air
- Memfasilitasi pembelajaran tentang prinsip-prinsip pengelolaan air perkotaan yang terpadu, beserta manfaat dan tantangannya
- Memupuk pembelajaran kolaboratif melalui partisipasi interaktif dalam berbagai kegiatan dan kemitraan diantara peneliti, pemerintah, perusahaan air minum daerah, dan anggota masyarakat.



## Temuan Utama

### 1. Pemahaman tentang pelayanan air Kota Makassar dan tantangannya

**Akses pada air.** Air permukaan – dari Sungai Maros dan Jeneberang – diolah dan didistribusikan oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Makassar, sementara pengambilan dan penggunaan air tanah tidak teratur. Tantangan sistem penyediaan air bersih meliputi aliran dari Kanal Lekopancing di Sungai Maros yang bersifat musiman, tingkat kekeruhan yang tinggi pada air Sungai Jeneberang (karena tanah longsor dan erosi tanah), kehilangan air dan penurunan mutu selama pendistribusian, dan ketergantungan pada air tanah atau sumber lain khususnya pada segmen masyarakat berpenghasilan rendah.

**Sanitasi** mencakup 85% wilayah Makassar. *Blackwater* dibuang ke tangki septik dan lubang yang ada di masing-masing rumah, *greywater* dibuang – tanpa pengolahan – ke saluran air limpasan. Adanya peningkatan kepadatan penduduk dan keterbatasan lahan, pada sejumlah ruas kota, membuat efektivitas sistem ini terganggu. Resiko pencemaran sumur dangkal dan saluran air limpasan, bila tidak dikelola dengan baik, dapat menimbulkan ancaman bagi kesehatan masyarakat. Di wilayah yang tidak ada tanki septik atau jamban umum-nya, buang air besar dilakukan langsung ke saluran air atau lahan kosong, dan mengakibatkan resiko terhadap kesehatan masyarakat.

**Drainasi dan sampah kota.** Sistem drainasi air berupa saluran terbuka yang menyalurkan *greywater* dan air limpasan ke kanal atau saluran air. Kapasitas drainasi berkurang karena sedimentasi dan praktek pembuangan sampah sembarangan. Sampah juga menyebabkan luapan dan resiko banjir, menurunkan kualitas air yang melalui saluran, dan menyebabkan perkembangbiakan nyamuk, sehingga berdampak negatif pada kesehatan saluran air.

**Tekanan masa depan.** Jumlah penduduk diproyeksikan meningkat sebesar 20% pada tahun 2020, sedangkan kebutuhan air diperkirakan naik lebih dari 120%, melebihi kapasitas pelayanan air PDAM sehingga akan menyebabkan peningkatan pengambilan air tanah. Tekanan juga akan menimpa pada: (i) infrastruktur drainasi karena peningkatan volume *greywater* dan air limpasan; (ii) lingkungan dan air tanah akibat kenaikan beban polusi dari air limbah dan sampah; serta (iii)

cadangan air tanah – yang semuanya berpotensi untuk menurunkan kualitas hidup.

Perubahan iklim – yang mulai dianggap sebagai ancaman di berbagai wilayah di dunia – juga dapat menyebabkan tekanan lain, namun informasi mengenai hal ini belum ada. Proyek SUD ini telah berkontribusi dalam mengisi kesenjangan pengetahuan ini.

### 2. Iklim saat ini dan masa depan, dan dampaknya

- Data sejak tahun 1981 menunjukkan adanya kenaikan suhu rata-rata tahunan sebesar 0,27°C per dekade. Data hujan sejak tahun 1950 mengindikasikan adanya kecenderungan penurunan hujan di musim kemarau.
- Semua responden percaya bahwa perubahan iklim sedang terjadi, 14 persen di antaranya yakin hal ini karena fluktuasi alamiah, lainnya mempercayai sebagai pengaruh manusia.
- Simulasi iklim di wilayah Sulawesi Selatan mengisyaratkan bahwa kenaikan suhu di Makassar akan tetap berlangsung sebesar 0,29-0,39°C per dekade. Proyeksi hujan tidaklah pasti, namun sebagian besar model iklim mengisyaratkan adanya penurunan curah hujan di atas wilayah Makassar di masa depan. Awal musim hujan diperkirakan tidak berubah, namun akhir musim akan datang lebih awal sehingga panjang musim hujan diperkirakan lebih pendek 12 hari. Evaporasi potensial diproyeksikan naik sekitar 12%. Intensitas hujan ekstrim tinggi diproyeksikan sedikit menurun.
- Hasil simulasi dari dua model hidrologi menunjukkan kemungkinan penurunan aliran sungai rata-rata di dekat Bendung Lekopancing sebesar 17-19% pada 2020-2040 dibandingkan pada 1980-1999. Jumlah hari dengan aliran rendah akan naik sekitar 20%. Aliran yang masuk ke Dam Bili-Bili diproyeksikan turun secara umum dan sedikit naik khususnya pada periode Oktober-November.
- Tingkat erosi tanah di wilayah MAMMINASATA diproyeksikan turun sekitar 35%. Akan tetapi, kategori laju erosinya akan relatif sama dengan kategori laju erosi saat ini. Hal ini mengisyaratkan bahwa persoalan terkait dengan tingginya kekeruhan air baku – karena materi erosi tanah – akan tetap menjadi masalah.



### 3. Pemahaman tentang keberlangsungan penyediaan air di Makassar

Proyek ini telah mengembangkan sebuah metode untuk mengkaji keseimbangan antara pasokan dan permintaan air di Makassar. Metode ini mempertimbangkan semua hal yang mempengaruhi keseimbangan tersebut, termasuk jumlah penduduk, pola penggunaan air, kapasitas infrastruktur dan kebocoran, aturan operasi, dan kondisi hidroklimatologinya.

Hasilnya menunjukkan bahwa permasalahan air terkait dengan sifat musiman air sungai masih akan tetap terjadi. Juga ditemukan, jumlah penduduk dan infrastruktur akan menjadi faktor utama yang mempengaruhi keberlangsungan penyediaan air untuk Kota Makassar.

- Jika di masa depan infrastrukturnya sama dengan yang ada pada tahun 2010, maka kekurangan air akan menjadi hal yang lumrah mulai dari 2020, khususnya bagi wilayah yang dipasok dari instalasi penjernihan air (IPA) Somba Opu dan Pannaikang.
- Jika di masa depan infrastruktur yang direncanakan oleh Masterplan telah diimplementasikan, maka IPA-IPA PDAM Makassar akan mampu memenuhi 90% dari permintaan air, kecuali bagi wilayah yang dilayani IPA Pannaikang – hanya 70% dari permintaannya yang terlayani disebabkan permasalahan terkait sifat musiman sungai. Sedangkan permintaan di wilayah Somba Opu akan dapat dipenuhi hingga 2044, namun pasokan sesudahnya perlu ditingkatkan.

Itu berarti peningkatan infrastruktur hanya akan memberikan ketahanan air jangka pendek, dan Makassar perlu berinvestasi lagi dari tahun 2020 atau 2040. Karenanya, alternatif-alternatif selain peningkatan infrastruktur, misalnya pengelolaan permintaan air, harus mulai dipikirkan.

Dampak terhadap drainasi dan air limbah karena keterbatasan lingkup kajian proyek, saat ini belum dikaji.

### 4. Pilihan adaptasi untuk meningkatkan ketahanan air kota

Pilihan adaptasi diidentifikasi melalui (i) kajian pustaka dan berbagai studi kasus di Makassar dan dunia, serta (ii) lokakarya pemangku kepentingan. Pilihan kemudian dikategorikan sebagai cara-cara “lunak” – untuk memicu perubahan sosial dan perilaku, dan cara-cara “keras”

– berupa solusi teknis dan rekayasa. Pengalaman menunjukkan bahwa solusi teknis saja tidaklah akan berkelanjutan.

Contoh program adalah pengolahan air limbah komunal dan pendidikan masyarakat mengenai pengelolaan air limbah di wilayah berpenghasilan rendah di Makassar; serta inisiasi partisipasi masyarakat dalam program pengelolaan limbah padat lokal melalui 3R – *Reuse, Reduce dan Recycle*. Contoh lainnya datang dari Sydney Australia yakni program peningkatan efisiensi penggunaan air melalui kombinasi berbagai cara, yaitu pengurangan kebocoran, pendidikan masyarakat, perencanaan infrastruktur, undang-undang, kemitraan dengan industri dan pemilik usaha kecil.

Pilihan-pilihan yang diidentifikasi melalui lokakarya pemangku kepentingan, meliputi *biopori* di tiap rumah untuk resapan air tanah; pembaharuan sistem penyimpanan dan penggunaan kembali air simpanan IPA untuk meningkatkan kapasitas pasokan hingga 7%; program *sosialisasi* tentang nilai air dan dampak lingkungan bagi para pengambil keputusan dan masyarakat; dan penyediaan sumber air alternatif (misalnya *greywater* yang sudah diolah) dalam jangka panjangnya.

### 5. Pelibatan pemangku kepentingan, kemitraan, pembangunan kapasitas

Pemangku kepentingan terlibat dalam proyek ini bahkan berperanan penting. Lebih dari 250 utusan pemerintahan tingkat lokal, propinsi dan nasional; LSM nasional dan internasional, dan universitas, terlibat proyek ini selama dua tahun terakhir.

Hasil evaluasi menunjukkan keterlibatan pemangku kepentingan – langsung maupun tidak langsung – secara keseluruhan dianggap baik. Semua pemangku kepentingan menyatakan bahwa proyek ini relevan dengan pekerjaan/fungsi mereka; pengetahuan yang dikembangkan sangat berguna, penting, dan baru; proses pembelajaran terkait juga telah terjadi selama proyek berlangsung.

Pada pelaksanaannya banyak sekali kesempatan untuk proses pembangunan kapasitas secara informal. Selain itu, dua training formal telah dilakukan di Melbourne, Australia.



## Pesan Utama dan Rekomendasi

Secara umum, temuan proyek ini menunjukkan (i) permasalahan-permasalahan terkait ketersediaan dan kualitas air baku di wilayah MAMMINASATA akan tetap muncul di masa depan, dan (ii) penyediaan air untuk Kota Makassar akan menjadi tidak aman pada beberapa dekade ke depan, kecuali jika alternatif – selain peningkatan IPA saja – dipertimbangkan.

Proyek ini telah mengidentifikasi beberapa alternatif bermanfaat untuk mengatasi permasalahan melalui solusi teknologi untuk sumber-sumber baru, pengelolaan sumber-sumber yang ada, operasi dan perawatan dari infrastruktur yang ada, dan program-program untuk mempromosikan perubahan pola pikir. Namun karena keterbatasan lingkup penelitian, proyek belum melakukan kajian ilmiah yang komprehensif untuk mengetahui kesenjangan dan keberlangsungan dari setiap pilihan tersebut.

Rekomendasi kami adalah:

1. Melakukan kajian lanjutan mengenai kecocokan dan keberlanjutan dari pilihan-pilihan yang telah teridentifikasi untuk membandingkannya secara obyektif. Misalnya, melalui analisa biaya-dan-manfaat secara ekonomi, lingkungan dan sosial.

2. Memperluas kajian ketahanan air masa depan ke seluruh wilayah MAMMINASATA.

Proyek ini telah mengkaji ketahanan penyediaan air masa depan di Kota Makassar saja. Mengingat adanya ketergantungan pada sistem air sungai di beberapa kabupaten di MAMMINASATA, perluasan kajian ke seluruh wilayah MAMMINASATA akan memberikan ketahanan air untuk kota maupun wilayah yang lebih luas. Ini juga memungkinkan adanya analisa sumberdaya air terpadu untuk menjawab kesenjangan pengetahuan antar daerah tangkapan sungai dan batas administrasi (kabupaten).

3. Melakukan kajian dampak perubahan iklim pada sektor lain.

Proyek ini fokus kepada sektor air. Masih diperlukan kajian dampak pada sektor lain karena adanya hubungan antar berbagai sektor (misalnya air, pangan dan energi). Hasil simulasi model iklim dari

proyek ini dapat digunakan untuk mendukung studi semacam itu.

4. Mengumpulkan, menyimpan dan membagi data secara strategis.

Keberadaan data-data terkait status lingkungan, khususnya sumberdaya air tanah dan pengambilannya, sangat terbatas. Padahal, data tersebut sangat diperlukan untuk memantau dan mengevaluasi keberlangsungan sumberdaya air (air permukaan dan air tanah) secara kontinyu. Diperlukan upaya strategis untuk mengidentifikasi pengetahuan atau data apa saja yang diperlukan, lalu mengumpulkannya. Ketersediaan data yang tersimpan dan di bagi secara strategis, akan membantu proses pengambilan keputusan.

5. Analisa dampak pada air limbah dan air limpasan.

Analisa tersebut sangatlah penting. Pengalaman menunjukkan suksesnya adaptasi memerlukan pertimbangan dari berbagai komponen (penyediaan air, air limpasan, dan air limbah) dalam siklus air perkotaan.

6. Melakukan *sosialisasi* mengenai keberlanjutan air dan adaptasi iklim kepada masyarakat luas.

Pengalaman menunjukkan, solusi pengelolaan air terpadu menggunakan kombinasi kesadaran dan partisipasi masyarakat serta teknologi akan memberikan solusi yang berkelanjutan, dibandingkan jika hanya menyandarkan diri pada solusi teknologi saja.

7. Menyebarluaskan hasil penelitian proyek ini ke masyarakat luas termasuk industri, kelompok lingkungan, pembangkit energi, pengembang, dll.

Tujuan dari peningkatan kesadaran tersebut adalah mendukung berbagai upaya yang dijalankan untuk mengubah perilaku masyarakat.

8. Memastikan bahwa hasil proyek penelitian ini dipertimbangkan dalam upaya perencanaan di masa depan.

Masterplan pelayanan air Makassar yang baru sedang dalam proses pembuatan dan diharapkan akan selesai pada akhir tahun 2012. Direkomendasikan agar pengetahuan ilmiah dari penelitian ini dimasukkan sebagai salah satu aspek yang dipertimbangkan dalam proses pembuatan itu.

# Proyek Adaptasi Iklim melalui Pembangunan Perkotaan yang Berkelanjutan (SUD)

*Proyek SUD bertujuan untuk menyediakan informasi bagi pengambilan kebijakan dalam meningkatkan akses air bersih dan dalam mengelola dampak pembangunan dan perubahan iklim, dengan mengaplikasikan praktek air perkotaan yang berkelanjutan di Makassar, Indonesia.*

## Latar Belakang

Terkenal sebagai “pintu masuk ke Indonesia bagian timur”, Makassar merupakan ibukota Propinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1). Kota ini terbesar dan termaju di Indonesia bagian timur serta merupakan pusat ekonomi, pemerintahan dan pendidikan. Makassar, yang memiliki luas sekitar 176 km<sup>2</sup>, dihuni 1,27 juta penduduk pada 2009. Secara kewilayahan, kota ini merupakan bagian dari metropolitan MAMMINASATA yang terdiri dari Makassar, dan Kabupaten Gowa, Maros dan Takalar.

Iklimnya hangat dan bersifat tropis yang dicirikan dengan tingginya kelembaban dan suhu rata-rata yang relatif tetap sepanjang tahun. Hujannya didominasi oleh monsun Asia sehingga memiliki dua musim yang jelas yaitu musim hujan (sekitar November-Mei) dan musim kemarau. Evaporasi potensial biasanya melebihi hujan pada bulan Juni hingga Oktober.

Sungai Jeneberang, Tallo dan Maros berperan penting bagi penyediaan dan pengatusan air Kota Makassar. Jeneberang dan Maros, khususnya, merupakan sumber air utama bagi Makassar dan MAMMINASATA, sekitar 80 persen pasokan air untuk Makassar berasal dari Sungai Jeneberang melalui Dam Bili-Bili. Air tanah juga merupakan sumber air penting Bagi kebanyakan penduduk dan kegiatan ekonomi.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Makassar memasok air kepada sekitar 62 persen jumlah penduduk, dan Tujuan Pembangunan Milenium (MDG) Kota menargetkan cakupan itu naik menjadi 78 persen pada tahun 2015. Ada beberapa permasalahan yang sering membuat berkurangnya kapasitas produksi PDAM. Misalnya, sumber air permukaan sangat sensitif terhadap kekeringan, dan Sungai Jeneberang rentan terhadap sedimentasi tinggi karena erosi tanah dan longsor lahan di Gunung Bawakaraeng. Selain itu, Kota Makassar akan mengalami tekanan urbanisasi, pertumbuhan penduduk, terbatasnya sumberdaya ekonomi dan perubahan iklim.

Resiko perubahan iklim dan potensi dampaknya terhadap sumberdaya air Makassar tidaklah diketahui, dan proyek SUD ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan ini.



Gambar 1 Lokasi Kota Makassar.

## Proyek SUD

Penyusunan proposal penelitian ini diawali dengan lokakarya pemangku kepentingan selama dua hari di Makassar pada April 2010, dan beberapa konsultasi lanjutan pada pemangku kepentingan. Diputuskan bahwa sasaran dari proyek penelitian adalah:

1. Mengkaji perubahan iklim dan dampaknya pada keberlanjutan penyediaan air bersih di Makassar
2. Mengidentifikasi alternatif-alternatif untuk menunjang pelayanan air perkotaan yang teradaptasi terhadap perubahan iklim dan perubahan penduduk
3. Membangun kapasitas mitra organisasi dalam mengkaji perubahan iklim dan adaptasi.

Penelitian ini merupakan upaya kerjasama antara *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO) dengan institusi-institusi Indonesia, yaitu Universitas Hasanuddin (UNHAS), Kementerian Lingkungan Hidup – Pusat Pengelolaan Ekoregion SUMAPAPUA (PPE), Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), PDAM Makassar, Dinas Pekerjaan Umum (DPU) dan Badan Lingkungan Hidup (BLHD) Kota Makassar, dengan dukungan dana dari Aliansi Riset untuk Pembangunan CSIRO-AusAID ([www.rfdalliance.com.au](http://www.rfdalliance.com.au)).

Kajian perubahan iklim dilakukan dengan menggunakan metode *top-down* (proyeksi) maupun cara *bottom-up* (pengamatan). Karena fokusnya adalah adaptasi iklim dalam konteks penyediaan layanan air dan air limbah, penelitian ini menerapkan prinsip pengelolaan air terpadu perkotaan (*Integrated Urban Water Management*, IUWM). Pada prinsip ini, pengelolaan semua unsur siklus air kota (yaitu penyediaan air, pengaturan air limpasan dan air limbah) dilakukan terpadu, tidak terpisah-pisah. Penelitian ini juga mendasarkan pada hal-hal yang diperlukan bagi keberhasilan sebuah pengelolaan sumberdaya alam, yaitu semua pihak terkait harus terlibat, harus dibangun permufakatan, dan harus selalu belajar melalui ‘hasil’ maupun dari proses beradaptasi. Karenanya, keterlibatan dan partisipasi pemangku kepentingan dalam penelitian sangatlah penting.

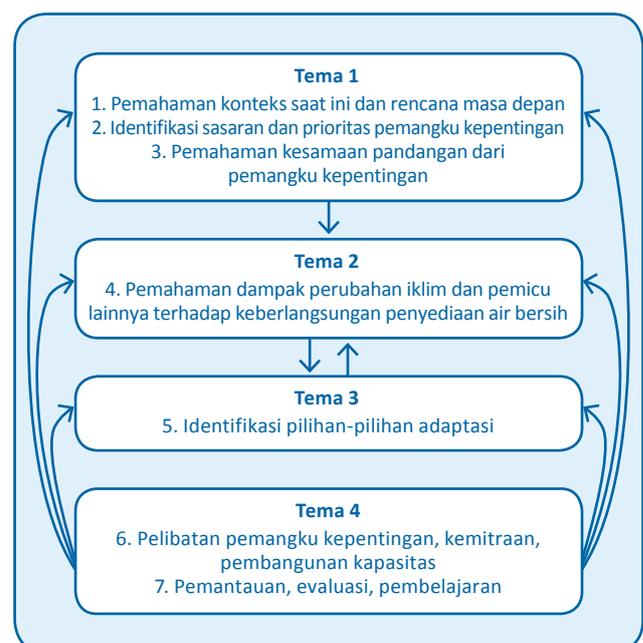
Secara umum, kerangka penelitian terdiri dari tujuh komponen (Gambar 2) – yang dapat digolongkan ke dalam empat tema besar:

- Tema 1 fokus pada pemahaman konteks penyediaan layanan air saat ini dan di masa depan. Hal ini meliputi (i) kajian informasi yang berkaitan dengan konteks air perkotaan Makassar serta sumberdaya airnya, untuk mendukung analisis strategi pengelolaan air, dan (ii) lokakarya pemangku kepentingan untuk bersama-sama mengidentifikasi kebutuhan air pada lingkup daerah tangkapan air maupun perkotaan.
- Tema 2 fokus pada pemahaman perubahan iklim, dan dampaknya pada sumberdaya air di MAMMINASATA maupun pada penyediaan air bersih di Makassar. Kajian ini menerapkan teknik pemodelan iklim wilayah serta teknik pemodelan terkait lainnya untuk

menghasilkan informasi tentang proyeksi iklim dan kondisi hidrologis pada beberapa dekade ke depan.

- Tema 3 fokus pada pengidentifikasian alternatif pilihan untuk pembangunan air perkotaan yang teradaptasi dengan iklim. Penelitiannya meliputi (i) kajian mendalam tentang inisiatif-inisiatif yang telah diterapkan dalam pengelolaan air perkotaan terpadu di berbagai belahan dunia, dalam rangka meningkatkan ketahanan terhadap tantangan perubahan iklim, dan (ii) lokakarya pemangku kepentingan untuk bersama-sama memikirkan pilihan-pilihan potensial yang mungkin berguna bagi Makassar.
- Tema 4 fokus pada pelibatan pemangku kepentingan serta proses komunikasi dalam penelitian ini. Hal itu juga termasuk (i) pemantauan dan evaluasi dari proses pelibatan, serta dokumentasi pembelajaran yang terjadi, dan (ii) kajian tentang jaringan pemangku kepentingan dan persepsi pemangku kepentingan terhadap perubahan iklim.

Temuan utama dan capaian dari masing-masing tema tersebut diuraikan secara rinci berikut ini.



Gambar 2 Kerangka Umum Penelitian.

# Tema 1: Pemahaman Konteks Penyediaan Pelayanan Air

*Kajian Tema 1 menghasilkan pemahaman yang lebih baik tentang konteks dan tantangan pelayanan air dan air limbah di Kota Makassar, serta pemahaman tentang sasaran dan prioritas pemangku kepentingan. Informasi tersebut sangatlah penting untuk mendasari analisis resiko iklim dan strategi pengelolaan air yang dilakukan pada Tema 2 dan 3.*

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa penelitian ini mengaplikasikan prinsip-prinsip Pengelolaan Air Perkotaan Terpadu (*Integrated Urban Water Management*, IUWM) yang memadukan pengelolaan air bersih, air limpasan dan air limbah. Dalam bab ini diulas temuan utama mengenai (i) tantangan saat ini dan di masa depan pada masing-masing komponen siklus air tersebut, serta (ii) aspirasi dan prioritas pemangku kepentingan terkait dengan pelayanan air.

## Penyediaan Pelayanan Air Saat ini dan di Masa Depan

Pengetahuan mengenai penyediaan air saat ini dan di masa depan disusun melalui tinjauan pustaka dan ketersediaan data terkait (Barkey dkk. 2012; Tjandraatmadja dkk 2012a).

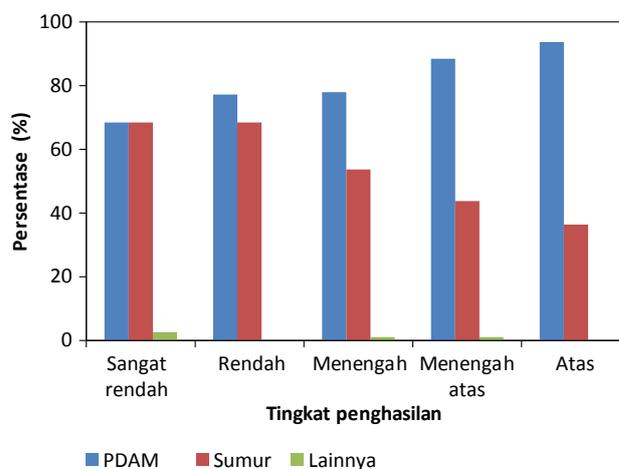
### Pelayanan Saat ini

#### Penyediaan air

Air pipa dari PDAM merupakan sumber utama dari kebanyakan pengguna, khususnya untuk minum dan memasak. Di Makassar, jaringan pipa air mencakup 72 persen dari luas kota dan 62 persen jumlah penduduk (Barkey dkk. 2012), sehingga banyak juga digunakan sumber air alternatif – selain PDAM. Konsumsi air bersih rata-rata per orang adalah 117L/hari (angka konsumsi air nasional rata-rata per orang di dalam perencanaan adalah 190L /hari). Namun, angka ini tidak mencerminkan kebutuhan air yang senyatanya karena air tanah juga banyak digunakan (Gambar 3) – tanpa pencatatan. Pengguna dari sektor industri dan komersial juga menggunakan air bor dan air pipa.

Terkait penyediaan air baku, aliran Sungai Maros dapat berkurang hingga 60 persen pada musim kemarau, sehingga menurunkan pasokan air ke Bendung Lekopancing (KRI International Corp. dan Nippon Koei

Co. Ltd. 2006). Akibatnya, perlu tambahan pasokan dari Sungai Jeneberang ke instalasi penjernihan air (IPA) Pannaikang, namun kapasitas pipa transfernya terbatas, yaitu 500L/det. Sungai Jeneberang memberikan sumber air yang handal karena adanya Dam Bili-Bili. Akan tetapi, longsor di wilayah tangkapan air pada tahun 2004 telah menyebabkan tingginya tingkat kekeruhan hingga 1000 NTU, dan meningkatkan biaya penjernihan air di IPA-IPA. Selain itu, zone pelayanan air pada masing-masing IPA saat ini masih terbatas dan masih memerlukan perluasan.



Gambar 3 Sumber air yang digunakan pada rumah tangga di Mamajang, Tallo, Ujung Tanah and Makassar (Sumber: Selintung dkk. tanpa tanggal).

### Sanitasi

Air limbah rumah tangga menyumbang beban polusi di Makassar dan berdampak pada kesehatan saluran air dan air tanah. Sanitasi diperkirakan mencakup 85 persen wilayah Makassar. Sistemnya berupa *blackwater* (air jamban) yang dibuang ke tanki septik atau lubang di masing-masing rumah dan *greywater* (air limbah dari kamar mandi, dapur dan cucian) dibuang ke jaringan drainasi. Kondisi sistem septik di banyak tempat tidaklah diketahui dan diduga ada kebocoran pada air tanah. Tingginya kepadatan penduduk dan keterbatasan lahan

menyebabkan sistem ini kurang efektif di beberapa tempat. Seiring peningkatan jumlah penduduk kota, beban polusi dari *greywater* yang terbuang ke saluran drainasi juga akan meningkat.

### Limbah industri

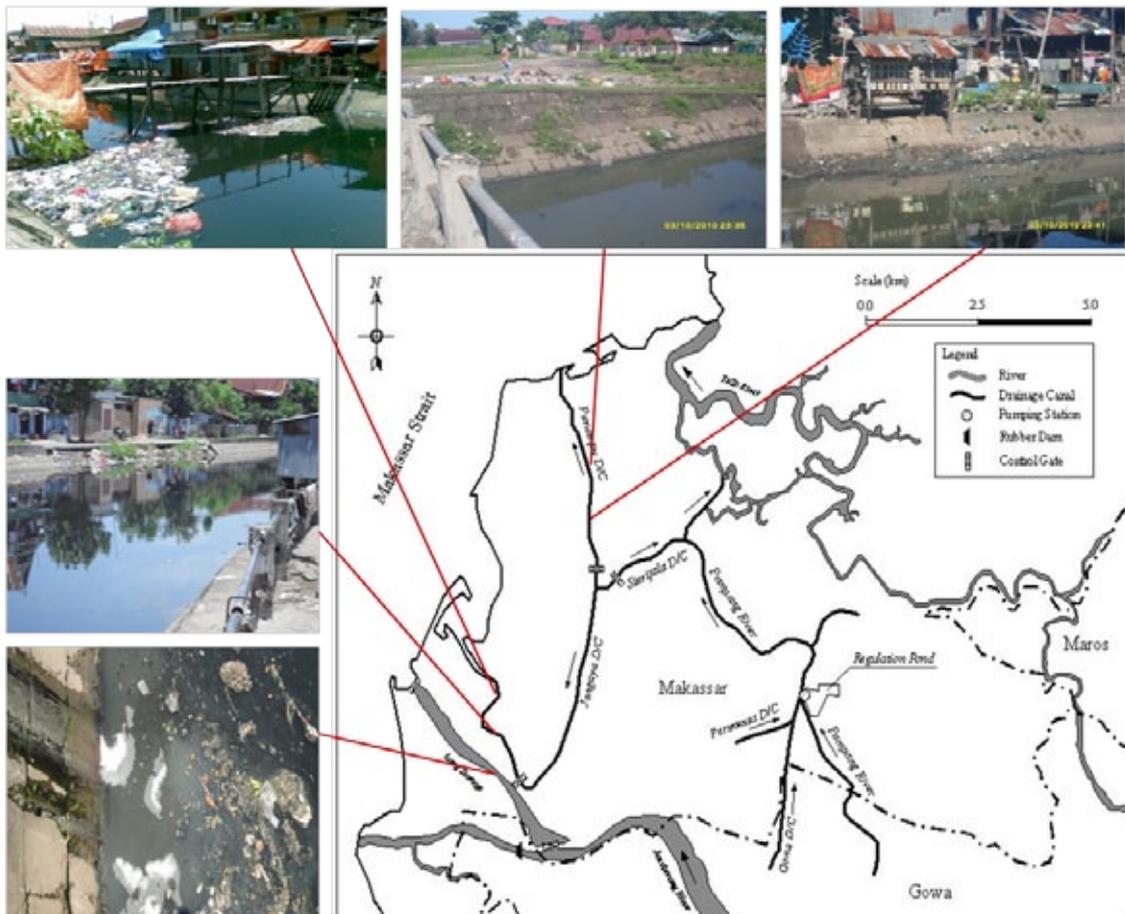
Air limbah dari zona industri KIMA diolah secara baik melalui instalasi pengolahan air limbah di KIMA. Penghasil limbah industri dan komersial, yang berada di luar zona industri, diharuskan memiliki pengolahan di masing-masing lokasinya agar air limbah diolah terlebih dahulu sebelum dibuang. Namun, pemantauan kualitas air limbah yang dibuang dan penerapan hukum tersebut masih dibatasi oleh kemampuan keuangan. Ada beberapa hotel yang sudah mengolah dan menggunakan kembali air limbahnya untuk menyirami tanaman hotel.

### Drainasi air limpasan

Pembuangan sampah padat ke saluran air atau ke lahan kosong merupakan kebiasaan umum. Hal ini berdampak pada kesehatan kanal dan saluran air (Gambar 4), mengurangi kapasitas drainasi dan bahkan dapat menutupnya. Akibatnya, terjadi luapan air dan banjir pada saat hujan dengan intensitas tinggi, dan adanya resiko pencemaran air.

### Pelayanan di Masa Depan

Masterplan Kota Makassar dan metropolitan MAMMINASATA merekomendasikan pembangunan dam dan penyimpanan air baru, serta meningkatkan kapasitas produksi IPA dan cakupan jaringan distribusi dalam 30 tahun ke depan. Rencana ini mengasumsi, seiring kenaikan urbanisasi pada 2030, konsumsi air bersih per



Gambar 4 Polusi dan sampah padat di saluran- saluran utama di Kota Makassar (diadaptasi dari Barkey dkk. 2012 dalam Tjandraatmadja dkk. 2012a).



orang akan meningkat dari 120L/hari menjadi 190L/hari. Namun angka ini hanya perkiraan karena kebutuhan air yang nyata belum diketahui - mengingat adanya penggunaan sumber air lain, selain PDAM, yang belum diukur secara tepat (Tjandraatmadja dkk. 2012a).

Terkait sanitasi, pemerintah Kota menyadari bahwa sistem lokal (*on-site*) tidak akan berkelanjutan di masa depan karena adanya urbanisasi dan densifikasi. Karenanya di Makassar direncanakan sistem sanitasi berjenjang tiga (Matt MacDonald 2011). Untuk wilayah berkepadatan tinggi, *blackwater* dikumpulkan melalui sistem penyaluran kotoran ke dua instalasi pengolahan. Untuk wilayah berkepadatan sedang, akan diimplementasikan sistem pengolahan komunal, sedangkan untuk wilayah berkepadatan rendah sistem septiknya akan dikelola agar mengurangi polusi lingkungan dan pencemaran air tanah.

Potensi dampak perubahan iklim, waktu itu, belum dimasukkan sebagai bahan pertimbangan dalam pelayanan masa depan. Sebelum adanya penelitian ini, informasi mengenai proyeksi iklim dan potensi dampaknya pada penyediaan air belumlah tersedia.

## Persepsi Pemangku Kepentingan tentang Permasalahan Utama Air

Selain kajian pustaka yang telah dijelaskan sebelumnya, juga diselenggarakan dua lokakarya pemangku kepentingan (Oktober 2010 dan Januari 2012). Hal ini untuk mengetahui aspirasi dan prioritas permasalahan utama air di Makassar. Pengetahuan itu sangatlah penting dalam mengarahkan arah penelitian dan memastikan agar hasil penelitian nantinya bermanfaat bagi kebutuhan lokal. Lokakarya juga memberi kesempatan kepada pemangku kepentingan untuk membangun pemahaman bersama mengenai tantangan-tantangan dan alternatif pemecahan masalah tersebut.

Banyak sekali permasalahan lokal yang teridentifikasi (Alexander dkk. 2012; Tjandraatmadja dkk. 2012a). Pada skala daerah aliran sungai (DAS), permasalahan utamanya adalah:

- Kurangnya informasi mengenai kesehatan lingkungan dari ketiga sungai utama
- Kurangnya pengendalian penggunaan lahan dan pembangunan. Urbanisasi dan deforestasi merupakan resiko yang dapat mengancam integritas DAS, dan wilayah ekosistem dan air tanah yang sensitif (misalnya

mangrove, karts, rawa dan dataran banjir). Karena DAS melewati beberapa kabupaten di MAMMINASATA, maka kerjasama institusi menjadi sesuatu yang penting, namun kerjasama antar institusi pengelola tiga DAS tersebut masih belum terlalu efektif.

Pada skala Kota, permasalahan utamanya adalah (lihat juga Gambar 5):

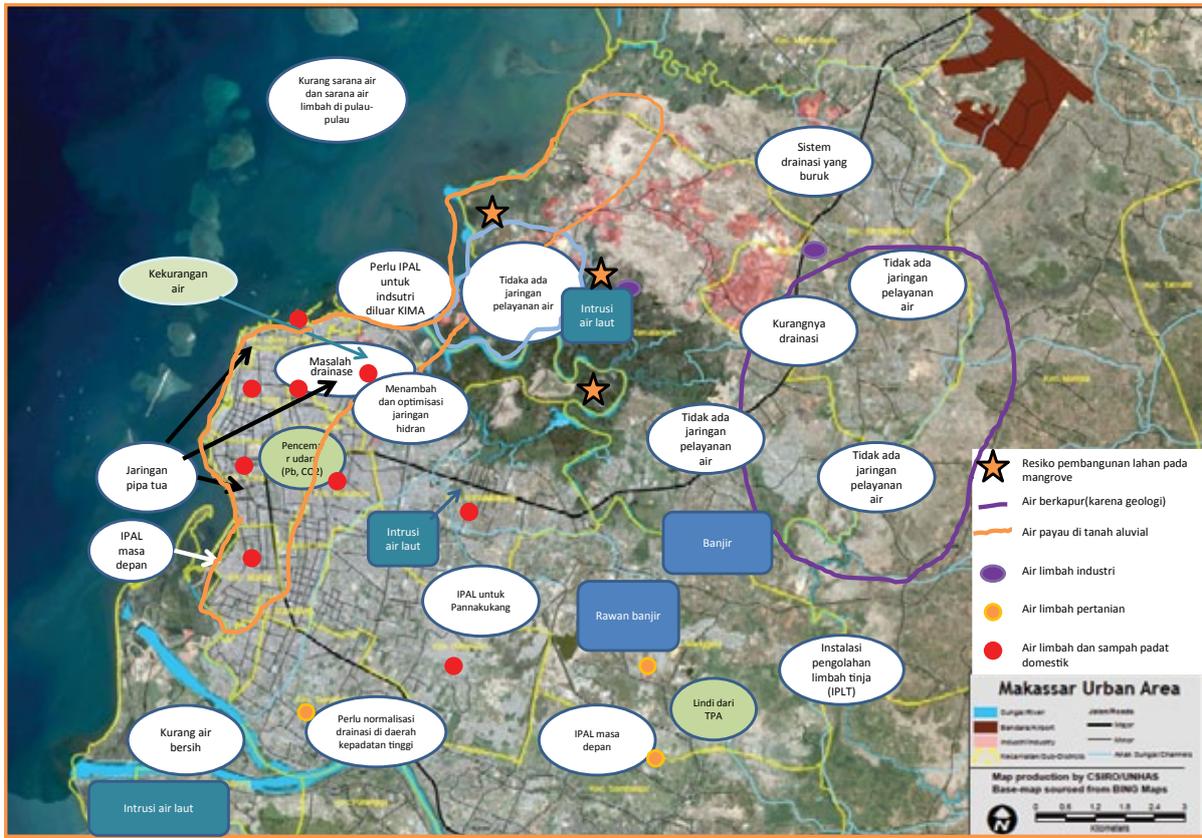
- Makassar memiliki kebutuhan air yang beragam (industri, perumahan, rekreasi)
- Penyediaan air bersih belum mencakup seluruh wilayah bagian utara; di wilayah pantai infrastrukturnya sudah berumur dan perlu penggantian; di wilayah selatan diperlukan peningkatan penyediaan air
- Persoalan drainasi di bagian utara dan selatan kota, yang terkait dengan banjir; dan kurangnya infrastruktur air limbah untuk pulau-pulau kecil di Makassar
- Air tanah terancam oleh intrusi air laut dan salinisasi, serta jumlah pengambilan yang intensif. Sumberdaya air tanah tidak terlalu diketahui dan teratur, dan bisa saja air tanah menjadi tidak berkelanjutan di masa depan.

## Ringkasan

Secara umum, hasil lokakarya mengkonfirmasi dan merinci lebih lanjut permasalahan-permasalahan yang telah teridentifikasi melalui tinjauan pustaka. Hal ini mengindikasikan adanya konsensus dan kesadaran bersama, tentang permasalahan-permasalahan yang dihadapi, di antara para pemangku kepentingan.

Dengan banyaknya permasalahan tersebut, pemangku kepentingan selanjutnya bersama-sama mengidentifikasi aspirasi yang paling perlu dilakukan (Tabel 1) (Larson dkk. 2010; Tjandraatmadja dkk. 2012a).

Untuk mencapai aspirasi tersebut, pemangku kepentingan mengidentifikasi aspek-aspek yang perlu diperhatikan (Alexander dkk. 2012). Sebagai contoh, aspek pengelolaan DAS yang berkelanjutan adalah ketersediaan air, kesehatan jalan air, infrastruktur air, penggunaan lahan dan kebutuhan air, serta kerjasama institusi dalam mengelola air. Sementara itu, untuk pengelolaan air kota yang berkelanjutan aspek yang perlu dipertimbangkan adalah penggunaan dan permintaan air, kesehatan lingkungan (kanal, sungai dan laut), ketersediaan infrastruktur, air tanah dan alternatif penyediaan air, sumber pencemar (sampah padat dan air limbah), serta tatanan institusi.



Gambar 5 Tantangan ketahanan air dan lingkungan di Kota Makassar tahun 2011 sesuai pendapat pemangku kepentingan (Tjandraatmadja dkk. 2012a).

Tabel 1 Aspirasi dan prioritas pemangku kepentingan. Perbedaan warna menunjukkan kelompok tema aspirasi yang berbeda.

SAAT INI	15 TAHUN KEDEPAN	30 TAHUN KEDEPAN
Konservasi daerah aliran sungai (DAS)	Konservasi daerah aliran sungai (DAS)	Mengurangi sampah/pencemar domestik, industri dan pertanian, ke badan air
Pengelolaan sumberdaya air yang lebih baik	Mengurangi sampah/pencemar domestik, industri dan pertanian, ke badan air	Meningkatkan penyediaan air bersih 100%
Kebocoran air PDAM 40%	Mulai pengoperasian instalasi pengolahan air limbah yang baru	Air baku tersedia 100%
Mengurangi sampah/limbah ke badan air	Memanfaatkan <i>greywater</i> dan air limpasan untuk penggunaan kembali	

Pemangku kepentingan juga mendiskusikan data atau informasi apa saja yang diperlukan untuk menjelaskan aspek-aspek tersebut serta apakah ada kesenjangan dalam ketersediaan data atau informasi yang diperlukan.

Akhirnya, temuan dari Tema 1 dan hasil proses konsultasi dengan pemangku kepentingan, telah membantu identifikasi fokus kajian pada Tema 2. Di antaranya adalah

perlu penyusunan informasi proyeksi perubahan iklim di metropolitan MAMMINASATA, kajian dampak perubahan iklim pada aliran sungai dan erosi tanah pada tiga sungai utama (Jeneberang, Tallo dan Maros), dan kajian mengenai keseimbangan antara permintaan dan penyediaan air bersih bagi Kota Makassar seperti dijelaskan pada bab berikut.

# Tema 2: Pemahaman tentang Perubahan Iklim dan Potensi Dampaknya pada Keberlangsungan Penyediaan Air Bersih

*Kajian dalam tema 2 ini menghasilkan proyeksi iklim, aliran sungai dan erosi tanah untuk metropolitan MAMMINASATA tahun 2030an. Untuk pertamakalinya, ada pengetahuan tentang keseimbangan antara permintaan dan penyediaan air di Kota Makassar yang mempertimbangkan perubahan iklim, jumlah penduduk dan infrastruktur. Pengetahuan ini sangatlah penting untuk membantu masyarakat dan pemerintah dalam perencanaan.*

## **Iklim Saat ini dan di Masa Depan**

Data suhu rata-rata tahunan sejak 1981 di Makassar menunjukkan adanya kenaikan sebesar  $0.27^{\circ}\text{C}$  per dekade. Hal ini konsisten dengan pola kenaikan suhu global dan suhu wilayah Indonesia sebesar  $0.3^{\circ}\text{C}$  (Hulme dan Sheard, 1999). Analisis data hujan sejak tahun 1950 tidak menunjukkan adanya perubahan pada musim hujan, tapi pada musim kemarau ada kecenderungan penurunan sekitar 36 persen – relatif terhadap rata-rata jangka panjangnya (Gambar 6). Keragaman hujan erat kaitannya dengan fenomena Osilasi Selatan (*El Niño Southern Oscillation, ENSO*) (Gambar 6), dan analisis menunjukkan adanya peningkatan variasi hujan dari tahun ke tahun.

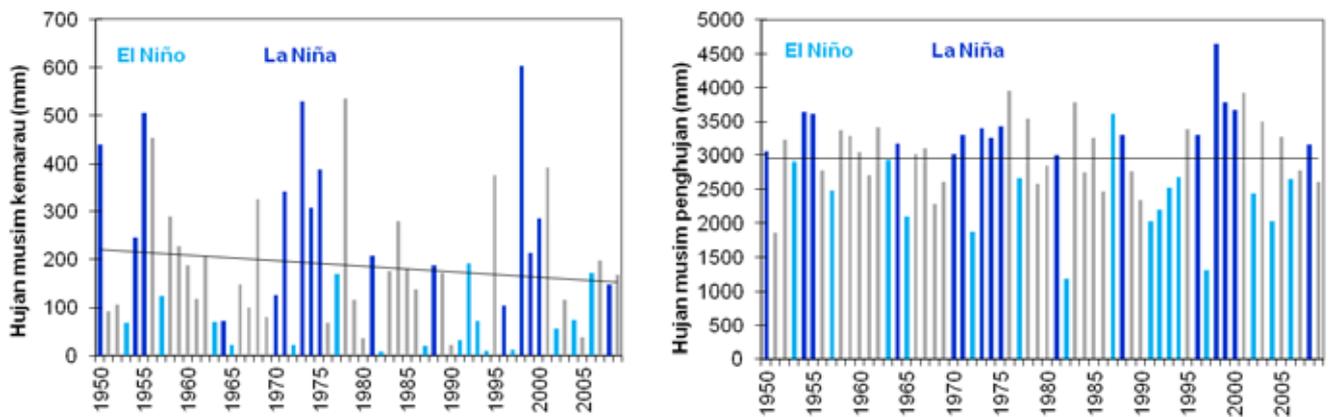
Hasil survey, yang dilakukan pada tingkat institusi, konsisten dengan perubahan-perubahan tersebut. Survey menunjukkan 100 responden percaya perubahan iklim sedang terjadi (Larson dkk. 2012a; Stone-Jovicich dkk. 2012), 14 persen dari mereka berpikir hal itu karena fluktuasi alamiah saja, sedangkan lainnya berpikir perubahan itu dikarenakan adanya kegiatan manusia.

Untuk memproyeksikan iklim masa depan, peneliti dari penelitian SUD menggunakan *Conformal Cubic*

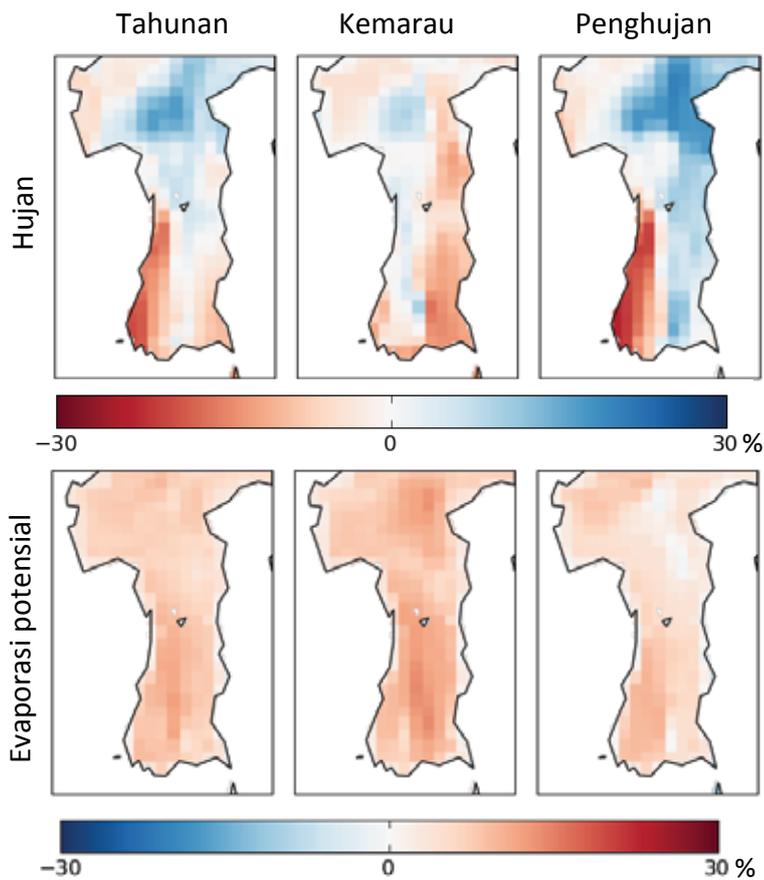
*Atmospheric Model (CCAM)* dalam upaya mendetailkan informasi dari lima model iklim global. Simulasi tersebut berdasarkan skenario emisi A2 dari IPCC untuk periode 1970-2100 (Kirono dkk. 2010; Kirono dkk. 2012). Data simulasinya memiliki resolusi spasial sekitar 14 km dan resolusi temporal 6 jam, meliputi berbagai variabel iklim seperti curah hujan, suhu, radiasi matahari, dll. Hasil utamanya adalah:

- Suhu rata-rata tahunan akan tetap meningkat sebesar  $0.29$  to  $0.39^{\circ}\text{C}$  per dekade
- Ada ketidakpastian dalam proyeksi curah hujan, namun sebagian besar simulasi model menunjukkan penurunan curah hujan di sekitar wilayah Makassar (Gambar 7)
- Awal musim hujan akan tetap namun akhir musim hujan akan menjadi lebih cepat, sehingga panjang musim hujan diperkirakan akan lebih pendek 12 hari dari biasanya
- Evaporasi potensial diproyeksikan akan meningkat sekitar 12 persen (Gambar 7)
- Intensitas hujan ekstrim-tinggi di Makassar diproyeksikan sedikit berkurang.





Gambar 6 Curah hujan musim hujan dan kemarau di stasiun pengamatan Hasanuddin, Makassar. Warna biru muda menunjukkan tahun-tahun El Niño, warna biru gelap menunjukkan tahun-tahun La Niña, warna abu-abu adalah tahun-tahun netral. Garis hitam merepresentasikan kecenderungan linear.



Gambar 7 Proyeksi perubahan hujan dan evaporasi potensial di wilayah Sulawesi Selatan tahun 2030an relatif dibandingkan tahun 1990an (ditunjukkan sebagai nilai tengah dari lima simulasi iklim).

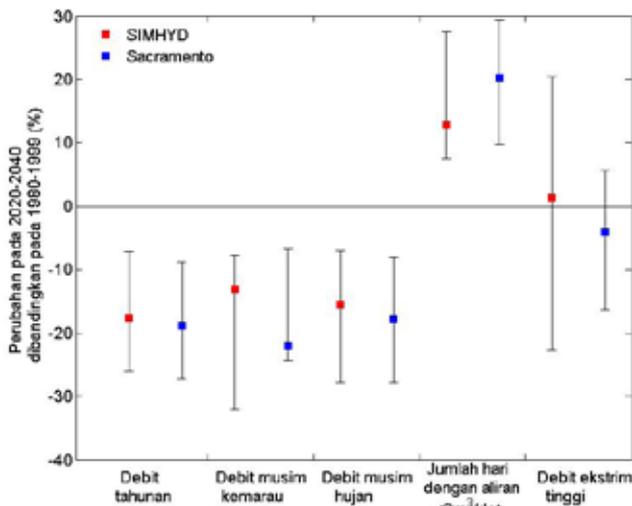




## Proyeksi Aliran Sungai

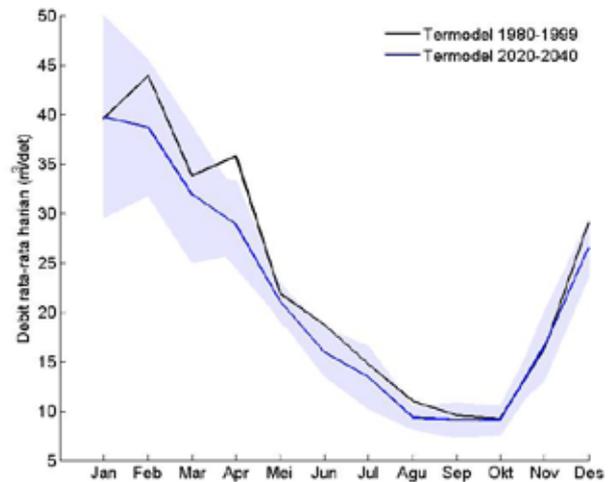
Proyeksi iklim di atas digunakan untuk membuat skenario hujan dan evaporasi potensial sebagai input ke dalam dua model hidrologi: SIMHYD dan Sacramento. Dua model untuk mengestimasi debit aliran sungai tersebut, dikalibrasi menggunakan data di Stasiun Puca di Sungai Maros dan Stasiun Patalikang di Sungai Jeneberang berdasarkan dua cara: *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) dan logNSE, namun hanya hasil dari metode NSE yang ditunjukkan di sini. Informasi rincinya dapat diperoleh di Neumann dkk. (2012).

Hasil untuk Sungai Maros di lokasi dekat Bendung Lekopancing (Gambar 8) menunjukkan pada periode 2020-2040 akan terjadi penurunan debit rata-rata tahunan sebesar 18 persen relatif terhadap periode 1980-1999. Jumlah hari dengan debit rendah (< 2 m<sup>3</sup>/detik, batas debit minimum yang diharapkan di tahun 2025, berdasarkan Masterplan) akan meningkat 20 persen. Selain itu, debit aliran ekstrim-tinggi diproyeksikan akan berkurang meskipun ada kisaran ketidakpastiannya.



Gambar 8 Proyeksi perubahan karakter debit aliran sungai di Stasiun Puca periode 2020-2040 dibandingkan periode 1980-1999. Simbol kotak menunjukkan estimasi terbaik (nilai tengah dari lima skenario iklim), sedangkan garis menunjukkan kisaran estimasi (nilai percentil ke 10 dan 90 dari lima skenario iklim). Simbol merah dan biru masing-masing merepresentasikan hasil dari model hidrologi SIMHYD dan Sacramento.

Aliran yang masuk ke Dam Bili-Bili diproyeksikan turun pada periode Februari-Oktober dan sedikit meningkat pada periode November dan Januari (Gambar 9). Debit ekstrim-tinggi juga diproyeksikan akan turun (tidak ditunjukkan di sini).



Gambar 9 Estimasi debit rata-rata harian yang masuk ke Dam Bili-Bili periode 2020-2040 dan periode 1980-1999, berdasarkan model hidrologi SIMHYD. Garis hitam menunjukkan estimasi berdasarkan data 1980-1999. Garis biru merepresentasikan estimasi terbaik (nilai tengah dari lima skenario iklim), sedangkan warna biru bayangan menunjukkan kisaran proyeksi (nilai percentil ke 10 dan 90 dari lima skenario iklim).

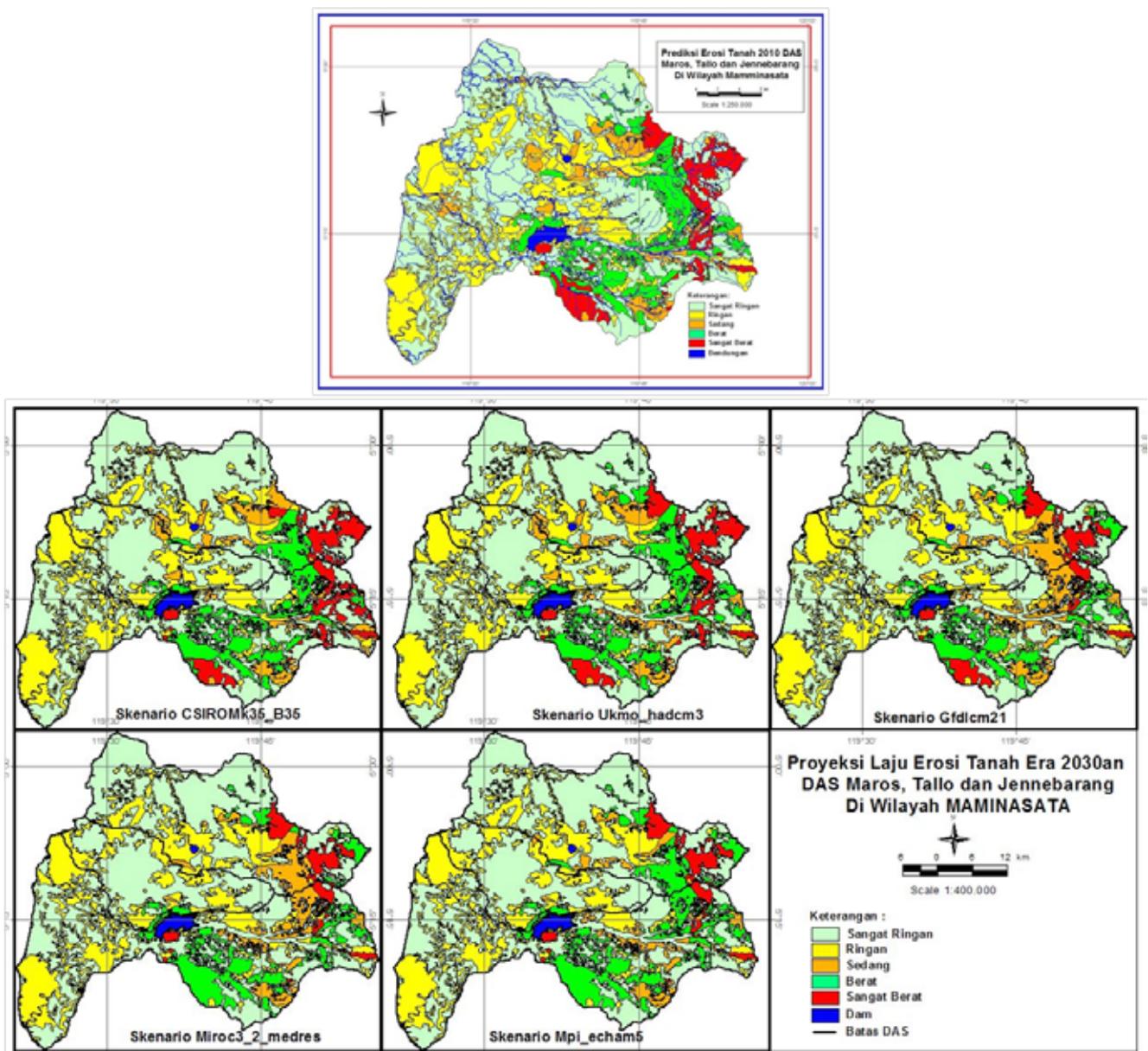
## Proyeksi Erosi Tanah

Mitra peneliti dari UNHAS telah mengestimasi laju erosi tanah saat ini dan di masa depan di tiga DAS yang mempengaruhi Kota Makassar dan MAMMINASATA. Mereka menggunakan kombinasi rumus *Universal Soil Loss Equation* (USLE), teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) untuk menghitung erosi tanah (Achmad dkk. 2012). Hasilnya menunjukkan jumlah erosi tanah akan turun sekitar 35 persen (Tabel 2). Akan tetapi, kategori laju erosinya masih akan relatif sama dengan kategori laju erosi saat ini (Gambar 10). Hal ini mengisyaratkan bahwa persoalan terkait dengan tingginya kekeruhan air baku – karena material erosi – akan tetap menjadi masalah.



Tabel 2 Estimasi erosi tahunan pada tiga DAS, dan daerah tangkapan dari Bendung Lekopancing dan Dam Bili-Bili. Nilai estimasi tahun 2030an adalah median dari lima skenario iklim.

DAS	LUAS (ha)	2010 (ton/ha)	2030an (ton/ha)	PERUBAHAN (%)
Maros	69.489	31.614	19.278	-39
Tallo	21.232	3.054	1.985	-35
Jeneberang	104.877	46.912	32.105	-32
Bendung Lekopancing	28.199	31.066	19.140	-38
Dam Bili-Bili	37.783	27.278	17.981	-34



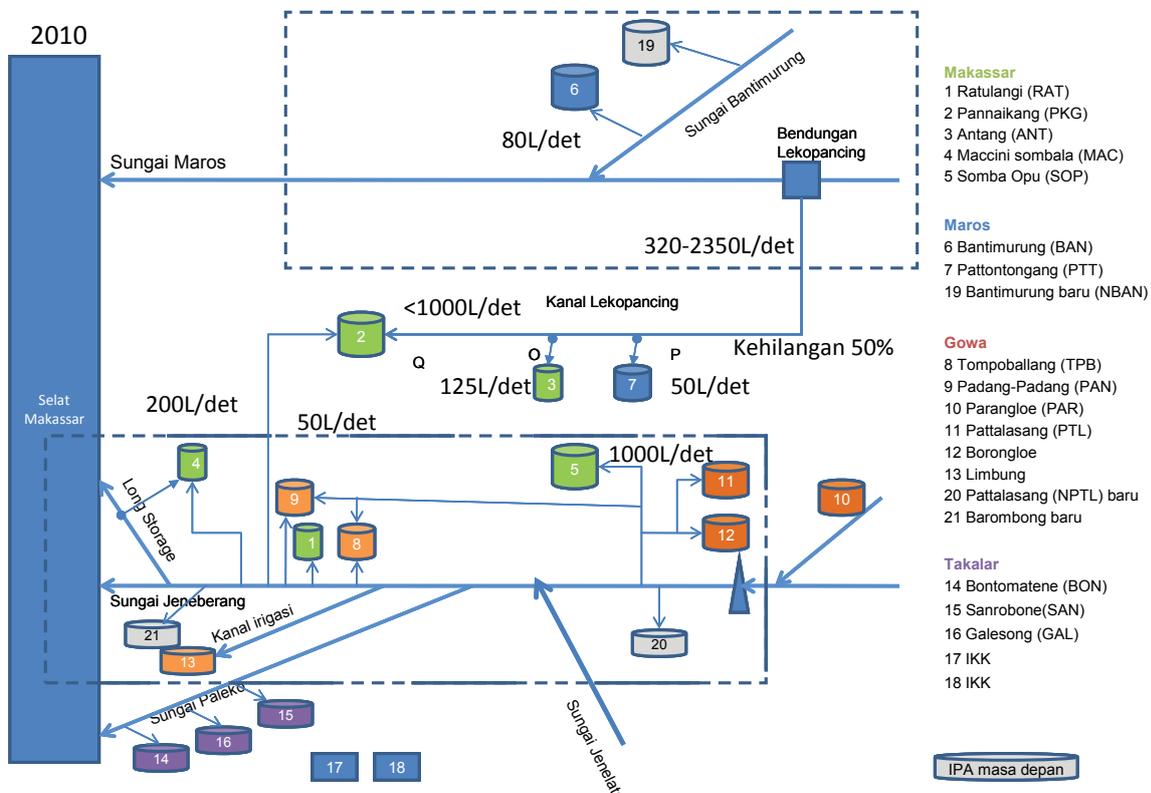
Gambar 10 Estimasi laju erosi tanah pada tahun 2010 dan 2030an. Estimasi masa depan berdasarkan lima skenario iklim.



## Kajian Ketahanan Air Masa Depan

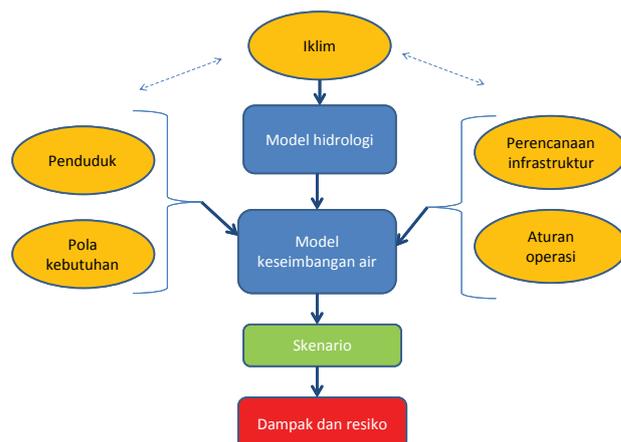
Peneliti SUD memperkenalkan sebuah metode untuk mengkaji keseimbangan antara permintaan dan penyediaan air permukaan di Makassar (Gambar 11) menggunakan perangkat lunak *Resource Allocation and Modelling (REALM)*. Kerangka kajiannya mengintegrasikan iklim, hidrologi, jumlah penduduk, infrastruktur dan aturan operasi yang dapat digunakan untuk mengkaji ketahanan air Makassar dalam berbagai skenario yang memungkinkan dari 2020 hingga 2050 (Gambar 12).

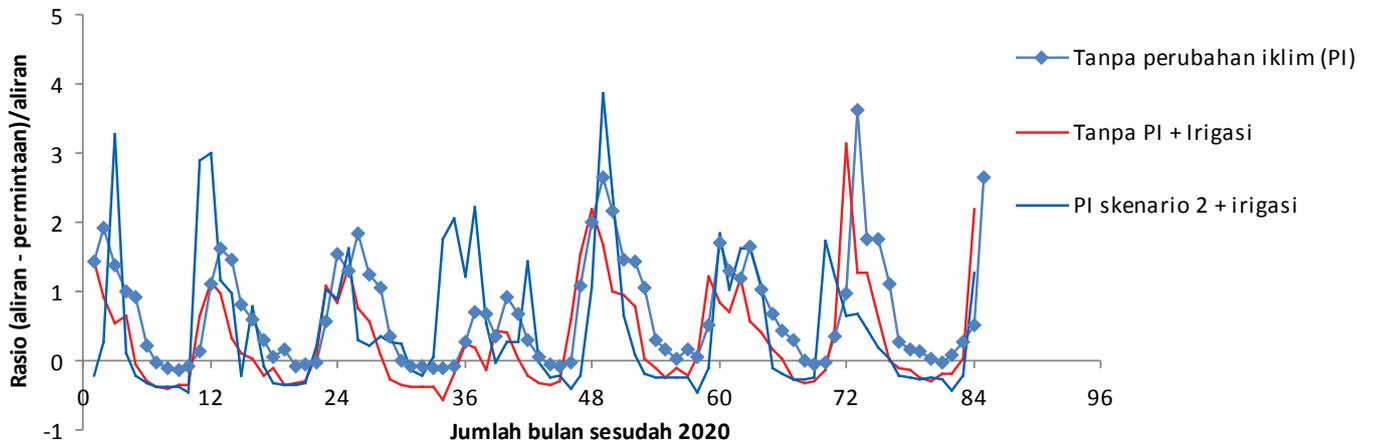
Hasil analisisnya menunjukkan ketahanan air di masa depan dipengaruhi oleh kenaikan jumlah penduduk dan yang berkaitan dengan itu, kenaikan kebutuhan air. Permasalahan yang terkait dengan aliran sungai yang bersifat musiman masih akan terus terjadi (Gambar 13), konsisten dengan proyeksi dampak perubahan iklim pada debit aliran sungai (Gambar 8), meski peningkatan infrastruktur seperti yang direncanakan dalam masterplan telah diimplementasikan. Gambar 13 juga menunjukkan permintaan air perkotaan dan perdesaan (pertanian) akan mengurangi air simpanan saat musim kemarau, sehingga negosiasi dan perencanaan pengambilan air yang melibatkan berbagai pengguna air haruslah dilakukan.



Gambar 11 Representasi sistem penyediaan air di Makassar dari Sungai Maros dan Jeneberang tahun 2010, dan peningkatan infrastruktur yang direncanakan tahun 2020 (warna abu-abu) (Tjandratmadja dkk. 2012b).

Gambar 12 Kerangka kajian untuk menilai ketahanan air Kota Makassar berdasarkan berbagai skenario (Tjandraatmadja dkk. 2012b).



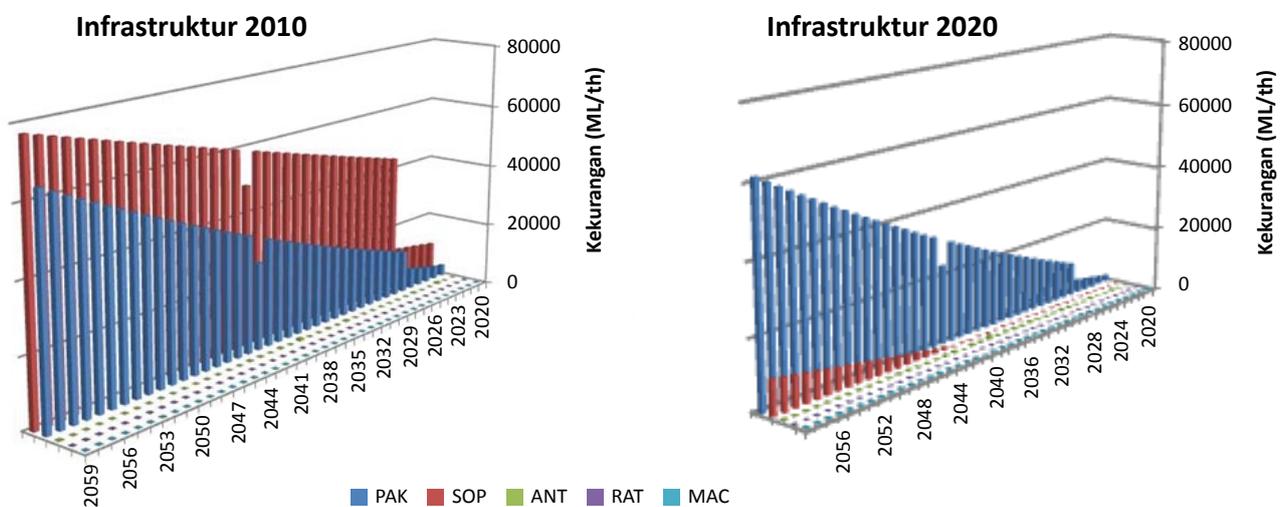


Gambar 13 Rasio antara aliran masuk dan permintaan yang menunjukkan efek sifat musiman dari sistem penyediaan air untuk memenuhi kebutuhan air perkotaan dan irigasi, dari 2020 sesudah infrastruktur yang direncanakan dalam masterplan diimplementasikan.

Dengan kondisi infrastruktur tahun 2010, kekurangan air menjadi sesuatu yang umum mulai dari tahun 2020 bagi wilayah yang dilayani oleh dua IPA besar (Somba Opu dan Pannaikang). Jika Masterplan air bersih diimplementasikan, maka kebutuhan wilayah pelayanan Somba Opu dapat dipenuhi hingga 2044, sesudahnya diperlukan penambahan pasokan (Gambar 14). Dampak pada IPA lain tidak terlalu kelihatan karena luas zona pelayanannya yang sangat kecil. Perlu diketahui Masterplan penyediaan air disusun berdasarkan konsultasi pada PDAM Makassar, dan merupakan bagian dari Masterplan Metropolitan MAMMINASATA. Masterplan tersebut mengajukan beberapa program di antaranya: peningkatan dan pembaharuan infrastruktur (pengurangan kebocoran, peningkatan kapasitas) dan perubahan zona wilayah pelayanan dari masing-masing IPA.

Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan infrastruktur akan memberikan ketahanan penyediaan air jangka pendek. Masih akan diperlukan investasi lanjutan entah dari 2020 (jika Masterplan belum diimplementasikan) atau dari 2044 (jika Masterplan telah diimplementasikan), khususnya untuk IPA Pannaikang karena masih akan dipengaruhi oleh sifat musiman dari Bendung Lekopancing. Sebab itu, alternatif selain peningkatan IPA semata haruslah mulai dipertimbangkan.

Seiring ketidakmampuan PDAM dalam memenuhi semua permintaan, diperkirakan akan terjadi kenaikan penggunaan air tanah yang pada akhirnya meningkatkan resiko ketidakberlanjutan sumberdaya air tanah.



Gambar 14 Dampak perubahan iklim dan peningkatan infrastruktur terhadap kapasitas pasokan dari masing-masing IPA. Gambar sebelah kiri menggunakan skenario infrastruktur 2010, gambar sebelah kanan menggunakan skenario 2020. Simbol IPA adalah: PAK (Pannaikang), SOP(Somba Opu), ANT (Antang), RAT (Ratulangi), and MAC (Maccini Sombala).

# Tema 3: Identifikasi Pilihan-pilihan Pembangunan Air Perkotaan yang Teradaptasi terhadap Iklim

*Berdasarkan pengalaman adaptasi di negara ekonomi maju ataupun yang sedang bangkit, Tema 3 menemukan bahwa ketergantungan terhadap solusi teknologi saja tidaklah akan berkelanjutan. Ke depan, solusi pengelolaan air terpadu yang menggabungkan kesadaran dan partisipasi masyarakat serta teknologi menjadi solusi berkelanjutan dan sesuai dengan konteks setempat.*

Hasil kajian Tema 1 dan 2 telah memberikan pengetahuan yang lebih baik mengenai tantangan masa depan yang harus diadaptasi Kota Makassar. Riset pada Tema 3 selanjutnya mengidentifikasi potensi pilihan-pilihan adaptasi yang mungkin dapat meningkatkan ketahanan terhadap berbagai perubahan. Identifikasi dilakukan melalui (i) kajian pustaka dan studi kasus pengalaman adaptasi di Makassar maupun di dunia, dan (ii) lokakarya pemangku kepentingan (baca Tjandraatmadja dkk. 2012c dan Tjandraatmadja dkk. 2012d untuk informasi lebih rinci).

Pilihan-pilihan dikategorikan sebagai cara “*lunak*”, ditujukan untuk memunculkan perubahan sosial dan perilaku, dan cara “*keras*”, berupa solusi teknologi dan kerecakasaan.

## Pengalaman dari Luar Negeri dan Makassar

Dalam memastikan keberlanjutan air di masa depan, berbagai pengalaman di dunia menunjukkan bahwa ketergantungan kepada solusi teknologi saja tidak akan menjadi solusi yang berkelanjutan. Sebaliknya, keduanya sangat diperlukan, baik cara *lunak* (perubahan pola pikir) maupun teknologi. Sasaran, efektivitas dan ketepatan masing-masing pilihan, serta waktu dan urutan implementasi dari berbagai cara tersebut biasanya tergantung dari konteks dan dapat disesuaikan dengan kesempatan dan tantangan pada setiap wilayah aplikasi (Tabel 3).

Contoh implementasi dan pembelajaran dari beberapa studi kasus lokal adalah instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal, dan pendidikan masyarakat dalam hal pengelolaan air limbah di daerah berpendapatan rendah di Makassar (Box 1); dan partisipasi masyarakat dalam program pengelolaan sampah padat melalui kampanye “*Reuse, Reduce dan Recycle*” (3R) di Karanganyar, Makassar (Box 2). Contoh dari luar negeri adalah peningkatan efisiensi

Tabel 3 Faktor yang mempengaruhi keberlanjutan cara-cara adaptasi, sehingga perlu dipertimbangkan saat memilih pilihannya (Tjandraatmadja dkk. 2012d).

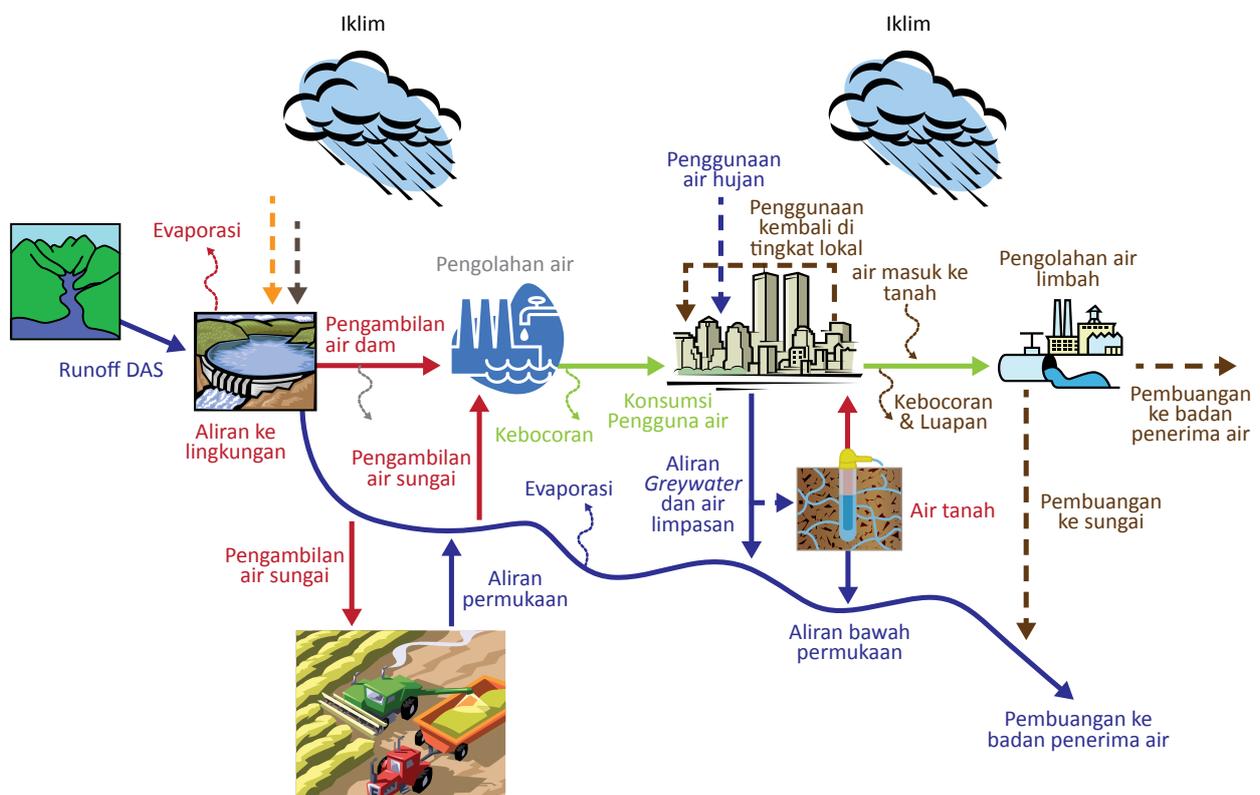
FAKTOR DALAM MEMILIH	
Adaptasi cara “ <i>Keras</i> ”	Adaptasi cara “ <i>Lunak</i> ”
<ul style="list-style-type: none"><li>• Iklim</li><li>• Topografi</li><li>• Ukuran kepadatan lahan</li><li>• Hunian dan penggunaan air</li><li>• Simpanan dan ketersediaan air</li><li>• Implementasi strategi pengelolaan</li><li>• Hukum dan penegakannya</li><li>• Ketepatan</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Penduduk yang dituju</li><li>• Skala</li><li>• Budaya</li><li>• Sumberdaya yang diperlukan dan yang tersedia</li><li>• Urgensi masalah air</li><li>• Mencocokkan permasalahan air dengan sumber permasalahan manusianya</li></ul>

pemakaian air melalui kombinasi antara pengurangan kebocoran, pendidikan masyarakat, perencanaan infrastruktur, hukum, dan kerjasama kemitraan antara industri dan perdagangan di Sydney, Australia (Box 3).

Pengalaman adaptasi di negara maju maupun yang sedang bangkit menunjukkan bahwa ketergantungan pada solusi teknologi saja sering berkaitan dengan kenaikan biaya peningkatan infrastruktur dan pemeliharaan di masa depan. Di sana saat ini banyak muncul penerapan solusi pengelolaan air terpadu yang menggabungkan kesadaran dan partisipasi masyarakat serta teknologi untuk mendapatkan solusi yang sesuai dengan konteks lokal. Studi kasus dan pengalaman dari luar negeri juga menunjukkan efisiensi air yang sangat signifikan dapat diperoleh melalui pendidikan masyarakat dan kerjasama antara pemerintah, industri dan pemangku kepentingan.

Selain itu, adaptasi harus mempertimbangkan intervensi dan dampak siklus air perkotaan sebagai satu kesatuan utuh, serta menggabungkan solusi desentralisasi dan sentralisasi (Maheepala dkk. 2010) (juga lihat Gambar 15). Strategi adaptasi bisa juga meliputi:

- Meningkatkan efisiensi air/meningkatkan kegunaan sumberdaya air yang ada saat ini/mengurangi limbah
- Penggunaan sumberdaya air yang ada dengan cara lebih baik dan pendayagunaan semua sumberdaya yang ada: air pipa, air tanah, air hujan, dll
- Mengurangi limbah dan pencemar untuk mempertahankan sumberdaya air yang ada
- Memanfaatkan sumberdaya air alternatif ketika akses kepada pusat penyediaan air tidak efektif dari segi biaya
- Mendidik masyarakat dan mengikutkan mereka dalam program adaptasi
- Investasi jangka panjang: mempertimbangkan biaya dan kebutuhan pemeliharaan sepanjang umur
- Harus holistik (dalam hal biaya/kebersihan/kemudahan dan kualitas hidup/keadilan)



Gambar 15 Masing-masing elemen siklus air perkotaan mempengaruhi satu sama lain (Tjandraatmadja dkk. 2012c).



## BOX 1 Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal (IPAL komunal), Makassar

### LATAR BELAKANG

IPAL komunal dibangun untuk mengolah air limbah rumah tangga, sebelum dibuang ke kanal drainasi, di wilayah yang rentan dan memiliki sanitasi buruk. Hal ini untuk mengurangi bakteri berbahaya dan pencemar yang dapat merusak lingkungan perairan dan berdampak pada kesehatan masyarakat.

### CARA

- Mengumpulkan air limbah dari 40-100 rumah tangga, mengolahnya di unit IPAL komunal
- Mendidik para penghuni dalam hal pembuangan air limbah

### HASIL

- Modal biaya Rp. 500 to 600 juta/100 rumahtangga
- Ongkos operasi dan pemantauan Rp. 5.000 hingga Rp 10.000
- Limbah yang telah terolah memenuhi standar nasional
- Kebersihan yang lebih baik
- Pencemar berkurang

### PEMBELAJARAN

- Mengubah perilaku masyarakat adalah tantangan terbesar dalam IPAL komunal. Perubahan perilaku perlu pendidikan dan advokasi dalam jangka waktu yang panjang
- Ketersediaan lahan: sulit menemukan lahan bebas yang memenuhi persyaratan teknis di daerah yang padat permukimannya
- Morfologi lahan: lahan datar, air tanah dangkal, sangat mudah dipengaruhi pasang surut, menghambat pembangunan jaringan berbasis gravitasi di banyak lokasi

### KOLABORATOR PROYEK

- Dinas Pekerjaan Umum (Seksi Sanitasi)
- Tim Fasilitator Masyarakat (Koordinator, Tim Teknis, Tim Penyehatan Masyarakat)
- Tim Kelompok Kerja Air Minum dan Penyehatan Lingkungan (AMPL)
- Camat/Lurah (Pemerintah setempat)
- Ikatan Ahli Teknik Penyehatan Lingkungan Indonesia (IATPLI)
- Badan Keswadayaan Masyarakat (BKM) / Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM)

### INFORMASI LANJUT

Dinas Pekerjaan Umum (Seksi Sanitasi)



Distribusi IPAL komunal



Sistem pipa



Pengumpulan dan pengolahan air limbah

## BOX 2 Pengelolaan Sampah: *Recycle, Reuse and Reduce (3R)* di Karang Anyar, Makassar

### LATAR BELAKANG

Membuang sampah sembarangan berdampak pada pelayanan umum, mencemari lingkungan (aliran air dan emisi GRK) dan pelayanan dasar lainnya (drainasi).

Sebuah program yang diarahkan untuk mengubah perilaku masyarakat dalam pembuangan sampah untuk mendorong keuntungan daur ulang sampah telah diuji cobakan di Kelurahan Karang Anyar yang berpenduduk sekitar 5000 orang.



Pelatihan membuat barang sehari-hari dari materi daur ulang dan cara-cara yang diadopsi untuk mendorong penghijauan dan pembuatan kompos (Sumber: PPLH Sumapapua, 2007).

### CARA

- Rencana implementasi yang rinci: kajian lokasi dan *baseline*
- Pelibatan masyarakat dan pimpinan masyarakat melalui lokakarya
- Pendidikan pengelolaan sampah dan pelatihan manfaat dari daur ulang sampah: pemisahan sampah, kompos organik dan penggunaannya, kerajinan tangan dari materi daur ulang, penjualan barang yang masih bisa digunakan kembali (logam, plastik)
- Lokakarya peningkatan kualitas pengolahan sampah di desa
- Investasi keuangan/dana awal untuk pusat daur ulang yang dikelola oleh masyarakat dan untuk peralatan (mesin jahit, bibit, alat kompos)
- Transfer pengetahuan ke desa lain oleh penduduk

### HASIL

- Meningkatnya pelayanan umum: jalan-jalan sekitar jadi bersih dan hijau karena masyarakat menerapkan prinsip 4R (*Reduce, Reuse, Recycle and Recover*)
- Masyarakat mulai memisahkan sampah yang bisa digunakan sebagai kompos atau tidak, dan menggunakan kompos untuk menanam tanaman
- Penduduk membuat kerajinan tangan memakai material buangan, misalnya tas, tempat tissue, sandal, dompet dan lainnya yang memiliki nilai jual
- Program ini mendapat penghargaan dan publisitas. Karang Anyar dikunjungi berbagai lapisan masyarakat mulai dari pemerintahan, desa lain, dunia usaha dan siswa sekolah. Dalam Lomba Kampungku Bersih tahun 2008, RW 04 meraih juara utama dan RW 03 juara dua
- Volume sampah pada jalan air menjadi berkurang

### PEMBELAJARAN

- Penerimaan dan partisipasi masyarakat dari sejak awal menaikkan tingkat penerimaan masyarakat terhadap program
- Perlu kerjasama antar berbagai pemangku kepentingan: pemerintah, LSM, pimpinan masyarakat, media masa, dll
- Untuk mencapai sasaran, target dan jangka waktu implementasi perlu dibuat
- Di sebagian rumah, kurangnya 'ruang' menghambat penggunaan alat kompos
- Pemasaran produksi kerajinan tangan masih menjadi tantangan

### KOLABORATOR PROYEK

- PT Unilever Foundation, Media and NGO Care, Pemerintah propinsi dan kota

### FURTHER INFORMATION

PPE Sumapapua (Sulawesi, Maluku dan Papua). Dinas PU



## BOX 3 Strategi Pengurangan Air di Kota Sydney, Australia

### LATAR BELAKANG

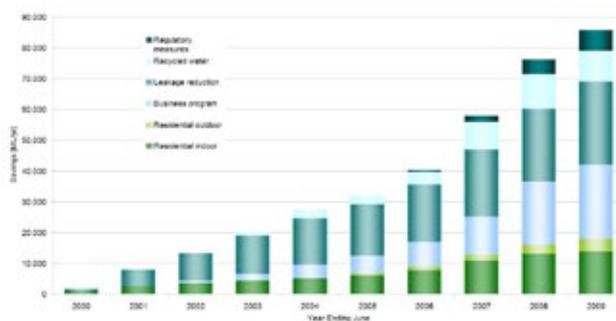
Pola kebutuhan air di masa lalu mengisyaratkan bahwa akan ada kekurangan air di masa depan. Oleh karenanya negara bagian New South Wales (NSW) menginstruksikan Kota Sydney untuk mengurangi kebutuhan air bakunya hingga 25%.

### CARA

- Program pengurangan kebocoran
- Program efisiensi air: kemitraan dengan industri untuk memaksimalkan efisiensi air, kampanye ke masyarakat tentang efisiensi air, promosi penggunaan alat-alat dengan konsumsi air yang rendah
- Program terkait hukum dan aturan
- Air daur ulang
- Implementasi, pemantauan dan *review*: selama proses implementasi program dievaluasi setiap tahun dan prioritas dikaji ulang untuk mengarahkan investasi lebih lanjut

### HASIL

- Konsumsi air total berkurang 25% meskipun jumlah penduduknya meningkat (lihat gambar)
- Penghematan terbesar berasal dari program yang mengoptimalkan operasi, program pengurangan kebocoran misalnya, telah menyumbang  $\frac{1}{4}$  dari total penghematan



Sydney Water ( 2011) Water conservation and recycling implementation Report 2009-10, Sydney Water Corporation. [http://www.sydneywater.com.au/Publications/Reports/AnnualReport/2009/docs/compliance/2008-09\\_WCRIR\\_Report\\_FINAL.pdf](http://www.sydneywater.com.au/Publications/Reports/AnnualReport/2009/docs/compliance/2008-09_WCRIR_Report_FINAL.pdf), diakses 26 Juli 2012.

### PEMBELAJARAN

- Pelaksanaan strategi yang kompleks hanya terjadi jika ada kerjasama antara berbagai pihak terkait: perusahaan air minum, penanggung jawab tataruang dan perencanaan, pemerintah kota, pihak yang berwenang untuk standarisasi nasional, masyarakat, dll.
- Mengadopsi beberapa cara: gabungan antara cara “lunak” dan “keras” yang ditujukan untuk mendorong hasil pada jangka pendek, menengah dan panjang.
- Strategi jangka panjang (15 tahun) menggunakan perencanaan jangka panjang dengan program-program yang dilaksanakan secara bertahap. Pemantauan rutin dan telaah hasilnya – dibandingkan dengan sasaran awal – meningkatkan keefektifan investasi.
- Pengembangan kebijakan dan skema programnya dikoordinasikan dengan kebijakan atau inisiatif nasional dan di NSW (misal Basix, WELS-water efficiency labelling scheme)
- Perusahaan air minum daerah bekerjasama dengan berbagai pelanggan dan pemangku kepentingan, misalnya industri (besar dan kecil), penduduk, sekolah dan bangunan masyarakat untuk menjawab kebutuhan spesifik dari masing-masing kepentingan.

### INFORMASI LANJUT

Sydney Water Corporation  
(SydneyWater.com.au)



## Perspektif Pemangku Kepentingan

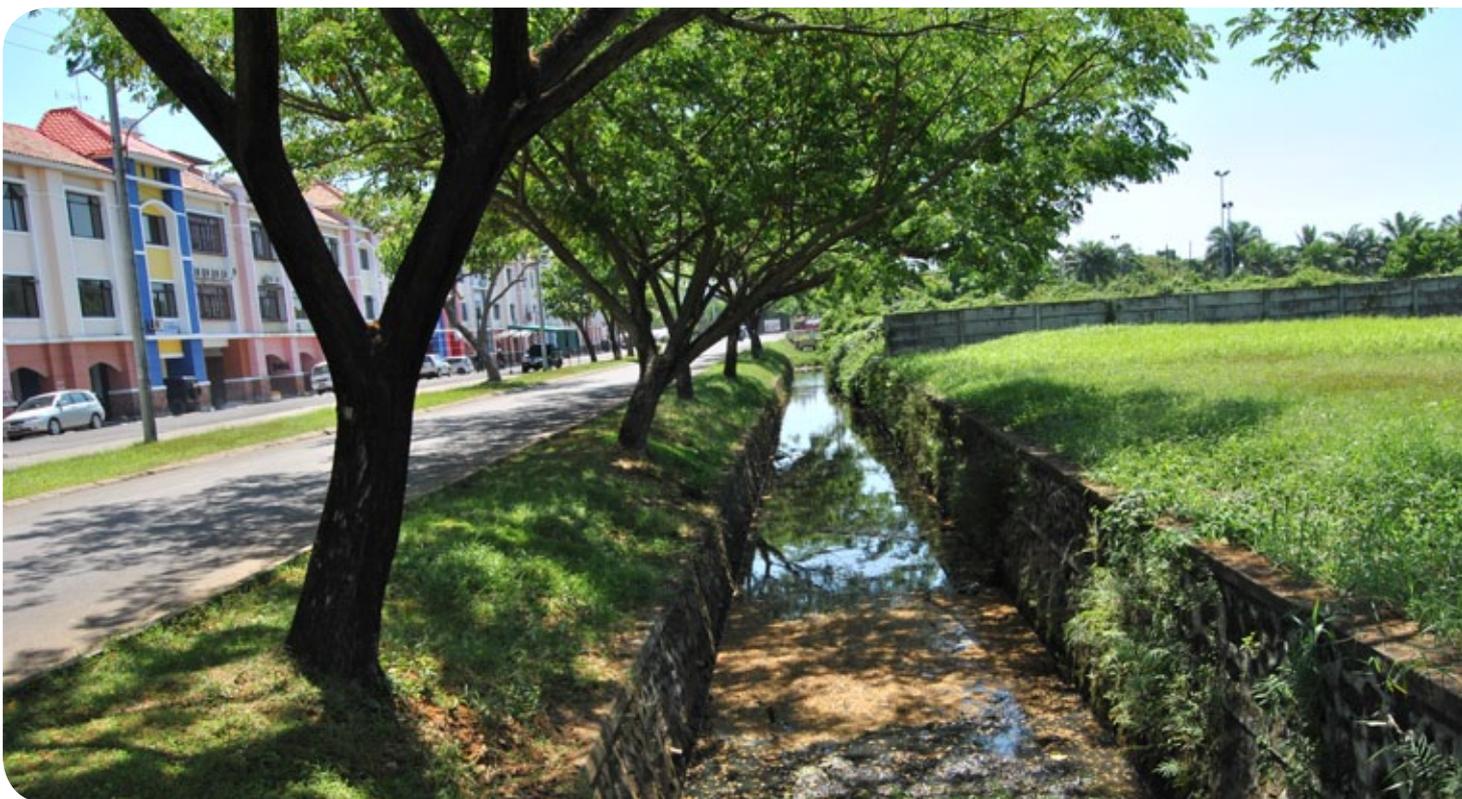
Pada 24 April 2012 telah dilaksanakan lokakarya pemangku kepentingan di Makassar. Lokakarya ini membicarakan skenario perubahan iklim, dampaknya pada penyediaan air Kota Makassar di masa depan, dan menyusun pilihan-pilihan adaptasi yang mungkin dapat meningkatkan ketahanan air masa depan dalam konteks proyeksi pembangunan dan perubahan iklim. Kegiatan dihadiri 46 utusan dari pemerintahan regional dan lokal, perusahaan air minum dari tiga kabupaten, operator swasta dari dua IPA terbesar, akademisi dan lembaga non pemerintah.

Peserta lokakarya diberi beberapa presentasi yang menjelaskan tentang tantangan pelayanan air dan air limbah saat ini, proyeksi iklim masa depan di MAMMINASATA, dan beberapa contoh strategi adaptasi di Makassar maupun di Australia. Peserta diminta mengidentifikasi potensi adaptasi yang akan meningkatkan ketahanan penyediaan air dan pengelolaan

air limbah di Makassar sekaligus penghalang maupun pendorongnya. Selanjutnya, peserta memilih pilihan-pilihan yang disukai serta menyusun strategi untuk pengimplementasiannya.

Pilihan-pilihan yang diidentifikasi meliputi (lihat juga Tabel 4):

- Resapan air tanah melalui Biopori – sebuah teknologi sederhana dan murah
- “sosialisasi” – pendidikan dan kampanye permasalahan air di antara pembuat kebijakan, industri, dan masyarakat untuk mengubah pola pikir dalam waktu jangka panjang
- Peningkatan simpanan IPA dan penggunaan kembali *recovery tanks* untuk meningkatkan kapasitas pasokan sebesar 7 persen
- Alternatif sumber air baru, misalnya pengolahan dan penggunaan kembali *greywater*, dalam visi jangka panjangnya





Pilihan-pilihan tersebut ada yang berupa hal baru, ada juga yang sudah dalam tahap perencanaan atau sedang akan diimplementasikan seperti dijelaskan berikut.

*Biopori* merupakan teknologi cerdas dengan peralatan sederhana untuk membuat lubang resapan. Pilihan ini untuk menambah masukan air ke dalam air tanah. Keberhasilan jangka panjangnya memerlukan pemeliharaan dari penghuni rumah di mana *Biopori* itu berada. Kerangka hukum untuk implementasi *Biopori* sedang dikembangkan dan dana yang diperlukan untuk pilot studi diusahakan melalui Pusat Ekoregion SUMAPAPUA (PPE). Sistem ini juga sudah diuji coba di beberapa kota di Indonesia. Namun kontribusinya pada kondisi tanah di Makassar dan kapasitas infiltrasi jangka panjangnya, terkait pemeliharaan dan pengoperasiannya oleh masyarakat, masih perlu dikaji dan sangat dianjurkan untuk melakukan uji coba yang terpancaw. Selain itu, diperlukan investasi untuk mendidik dan memberikan insentif pada warga masyarakat untuk memelihara *Biopori* itu dalam waktu kedepannya.

*“Sosialisasi”* (atau kampanye untuk peningkatan kesadaran) merupakan program yang ditujukan untuk mengubah pola pikir. Karena pola pikir dapat mempengaruhi bagaimana manusia memikirkan dampak dan ketergantungannya kepada lingkungan, maka program semacam ini diharapkan dapat menyebabkan efek ganda ke berbagai perubahan dalam jangka waktu panjang. Misalnya, membantu mendorong penggunaan air secara efisien dan mengurangi kebiasaan membuang sampah padat karena itu akan berdampak pada aliran air, mencemari permukaan dan sumur, dll. Untuk implementasinya, harus ada sasaran yang jelas, target audiens dan pesan yang sesuai, serta kebutuhan untuk meneliti strategi implementasi dan ukuran suksesnya. Target audiens dapat dimulai dari pembuat-kebijakan utama kemudian diperlebar ke ranah umum.

Feasibilitas dari *recovery tanks* masih dalam proses evaluasi oleh PT Traya Tirta, perusahaan yang mengoperasikan IPA Pannaikang dan Somba Opu. Perusahaan ini mengestimasi bahwa *recovery tanks* akan memberikan kenaikan sebesar 7% pada produksi dari masing-masing IPA (Tjandraatmadja dkk. 2012d). Implementasi dari teknologi ini dan operasinya akan dilakukan oleh PT Titra, yang merupakan operator pelayanan khusus.

Seperti telah dikemukakan, untuk keberlanjutan pelayanan air di masa depan diperlukan paduan berbagai pilihan dan cara, tidak terfokus pada satu cara atau pilihan saja. Waktu dan urutan implementasinya dipengaruhi oleh berbagai ‘penghalang’ dan ‘penunjang’ yang telah diidentifikasi dalam lokakarya pemangku kepentingan. Perlu dicatat, identifikasi pilihan-pilihan ini baru langkah awal yang memungkinkan adanya analisa kesenjangan bagi masing-masing pilihan. Proses ini harus dilanjutkan dengan kajian ilmiah yang komprehensif untuk mendapatkan pengetahuan yang lebih baik dan untuk mengkaji ketepatan dan keberlanjutan dari setiap pilihan.





Tabel 4 Contoh pilihan adaptasi penyediaan air yang disusun dalam lokakarya pemangku kepentingan (Tjandraatmadja dkk. 2012d)

KATEGORI	CARA	RINCIAN	TUJUAN	PENUNJANG
Mengelola sumberdaya yang ada	<b>Lubang resapan (Biopori) pada masing-masing rumah</b>	Instalasi lubang resapan kecil (diameter 10 cm) diisi dengan bahan organik di setiap rumah di Makassar	Resapan air untuk air tanah dan pengelolaan banjir	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teknologi biaya murah</li> <li>• Peraturan dan biaya untuk implementasi tersedia</li> <li>• Motivasi: masyarakat sadar adanya kekurangan air pada musim kemarau</li> </ul>
Cara “lunak”	<b>Sosialisasi (Program kesadaran bagi orang dewasa)</b>	Penyebarluasan fakta-fakta terkait dengan air/lingkungan kepada pengambil kebijakan, industri dan masyarakat	Perubahan pola pikir dan sikap terhadap alam, dan melihatnya sebagai sesuatu yang berharga dan perlu dipelihara	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu rencana detail dan jangka panjang, dengan tujuan yang jelas dan terukur</li> <li>• Fasilitator pada tingkat desa.</li> <li>• Perlu contoh dan demonstrasi</li> <li>• Target audiens: masyarakat dan sektor swasta</li> </ul>
Sumber baru	<b>Recovery tank pada masing-masing IPA (instalasi penjernih air)</b>	Konstruksi tanki pengolahan dan penyimpanan air olahan dari IPA (saat ini terbuang)	Tambahan pasokan air (+7% kapasitas IPA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operator IPA sedang melakukan analisa feasibilitas</li> </ul>
Sumber baru	<b>Pengumpulan dan pengolahan greywater</b>	Pengumpulan dan pengolahan volume pembuangan greywater	Pengurangan pencemaran dan kemungkinan sumber air baru	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu pengetahuan yang lebih baik tentang karakter dan volume greywater</li> </ul>
Operasi dan pemeliharaan	<b>Pengerukan kanal</b>	Pembuangan sedimen dan material padat dari kanal	Mengembalikan kapasitas drainasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat-alat berat</li> <li>• Pendidikan untuk mengubah perilaku buang sampah sembarangan dan mengurangi jumlah pembuangan sampah ke kanal</li> </ul>

# Tema 4: Pelibatan Pemangku Kepentingan, Kemitraan dan Pembangunan Kapasitas

*Pelibatan dan kemitraan dengan pemangku kepentingan merupakan elemen penting dalam proyek penelitian ini. Tema 4 membangun dan memelihara keterlibatan dan partisipasi dua-arah selama proyek berlangsung, juga meneliti jaringan pemangku kepentingan, serta kesamaan pandangan dan potensi konflik dari berbagai kepentingan.*

## Strategi Pelibatan Pemangku Kepentingan dan Implementasinya

Proyek SUD memerlukan keterlibatan yang kuat dan efektif dari para pemangku kepentingan. Untuk memfasilitasi keperluan itu, peneliti membuat dokumen “Rencana Pelibatan Pemangku Kepentingan” (Larson dkk. 2012a) pada saat proyek dimulai. Rencana tersebut didesain sebagai “dokumen hidup” yang senantiasa diperbarui dengan berbagai catatan proses pelibatan dan hasilnya. Dokumen juga mengandung lima cara untuk memantau dan mengevaluasi proses pelibatan.

Identifikasi pemangku kepentingan dilakukan saat proyek dimulai melalui lokakarya pemangku kepentingan, telaah dokumen pemerintah dan wawancara dengan berbagai perwakilan organisasi pemerintahan (Alexander dkk. 2012; Larson dkk. 2012a). Pemangku kepentingan langsung, yaitu yang berhubungan erat dengan masalah pengelolaan air dan perubahan iklim – misalnya PDAM dan Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS), dilibatkan secara teratur selama proyek berlangsung. Pemangku kepentingan tidak langsung – misalnya Departemen Kesehatan (DINKES) dilibatkan hanya pada aktivitas-aktivitas utama seperti lokakarya dan simposium.

Pengetahuan mengenai jaringan sosial di antara pemangku kepentingan, yang dapat menentukan kapasitas potensial untuk beradaptasi, diperoleh melalui cara analisa jaringan sosial (Larson dkk. 2012b). Hasilnya menunjukkan jaringan sosial informal yang ada lebih luas dibandingkan jaringan formal yang seharusnya, dan ini menghasilkan sistem pengelolaan air yang adaptif dan kokoh. Secara khusus, pada jaringan informal terlihat jelas peran dari UNHAS dan lembaga non-pemerintah nasional dan internasional, serta lembaga donor. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa secara umum ada kesadaran yang baik tentang isu-isu terkait perubahan

iklim dan sistem air Makassar, serta konsensus yang kuat mengenai isu ini di antara pemangku kepentingan (Box 4) (Stone-Jovicich dkk. 2012). Kombinasi antara kesadaran dan kolaborasi yang baik antara berbagai pemangku kepentingan terkait dengan air tersebut menunjukkan sistem pemerintahan yang kokoh dan memiliki potensi untuk beradaptasi.

Proses pelibatan dibangun melalui empat fokus: melibatkan semua pemangku kepentingan berdasarkan sifat keteladanan; membangun kesadaran pemangku kepentingan akan potensi dampak perubahan iklim; membangun kapasitas pemangku kepentingan utama mengenai prinsip pengelolaan air perkotaan terpadu; dan membangun kesadaran dan kapasitas pemangku kepentingan secara langsung dengan cara memahami konteks lokal pelayanan air dan pilihan-pilihan adaptasi potensial. Aktivitas pelibatan dilakukan dengan beragam mitra dan pemangku kepentingan, dan telah ada lebih dari 250 orang terlibat dalam proyek penelitian ini. Aktivitas utama meliputi enam lokakarya, satu simposium dan enam simposium-mini, satu seminar, dan ‘newsletter’ yang disebarakan secara berkala melalui milis pemangku kepentingan.



Gambar 16 Peserta lokakarya bulan Oktober 2010 sedang mengidentifikasi dan memprioritaskan permasalahan air dan air limbah yang perlu diperhatikan saat ini, dan di masa depan.

## Evaluasi Pelibatan Pemangku Kepentingan, Proyek dan Pembelajaran

Tujuan utama evaluasi adalah mengukur apakah proyek penelitian ini telah mengimplementasikan dokumen perencanaannya dan untuk mendokumentasikan pembelajaran sosial yang terjadi sepanjang proyek berjalan. Secara umum, proses pelibatan pemangku kepentingan dianggap sangat memuaskan, dan semua aktivitas yang direncanakan sukses diimplementasikan (Larson dkk. 2012a). Semua pemangku kepentingan mengindikasikan bahwa informasi yang dihasilkan proyek ini sangat membantu, penting dan baru bagi mereka. Proyek penelitian ini juga dipandang relevan terhadap tugas dan fungsi mereka. Secara khusus, pemangku kepentingan menyadari dan mengapresiasi bahwa proyek ini “mendengar” dan “menjawab” kebutuhan dan concern mereka. Selain itu, sebagai respons terhadap kebutuhan dan anjuran pemangku kepentingan, fokus utama proyek ini bergeser dari “sistem air perkotaan dan peningkatannya menggunakan prinsip IUWM” menjadi “dampak perubahan iklim pada sistem air dan identifikasi pilihan adaptasi potensial”.

Secara fundamental, proyek SUD ini adalah belajar bagaimana meningkatkan adaptasi Makassar terhadap perubahan iklim melalui pembangunan berkelanjutan. Ini adalah sarana untuk menyatukan berbagai kelompok manusia (wakil pemerintah, ilmuwan, praktisi air, dll) dengan bermacam pengetahuan, kepercayaan, dan pengalaman yang berbeda-beda. Berbagai aktivitas dalam proyek ini (contohnya pelibatan awal, rapat, lokakarya, wawancara, dll) telah memberikan banyak kesempatan kepada peserta untuk saling berbagi pengetahuan, kepercayaan, dan pengalaman tentang kerentanan sistem air perkotaan di Makassar terhadap perubahan iklim (dan lainnya), lalu bersama-sama mendesain strategi untuk mengurungnya. Contoh dari proses pembelajaran yang terjadi adalah kenyataan bahwa pada akhir proyek terdapat kesepakatan pemahaman mengenai permasalahan yang ada, pemahaman itu tidak ada ketika proyek dimulai. Selama proyek berlangsung, ada juga perubahan mendasar dalam hal pendefinisian permasalahan dan proses untuk mencari solusinya – dari yang awalnya bersifat konseptualisasi keilmuan menjadi konseptualisasi yang didorong oleh pemangku kepentingan.

## Pembangunan Kapasitas

Implementasi proyek penelitian telah dilakukan sedemikian rupa sehingga memberikan banyak kesempatan untuk proses pembangunan kapasitas secara informal. Selain itu, dua pelatihan formal telah dilakukan di Melbourne, Australia. Pertama adalah pelatihan “Pemodelan Perubahan Iklim” yang diselenggarakan pada 1-13 November 2010. Sebanyak 14 peserta menghadirinya, belajar menjalankan CCAM, melakukan perhitungan data dan memanfaatkan perangkat lunak visualisasi, dan menggunakan hasil simulasi iklim untuk berbagai analisa umum.

Kedua adalah pelatihan “Pelayanan Air yang Berkelanjutan: Pelajaran dari Kota-kota di Australia” yang diselenggarakan pada 3-13 Juli 2012. Tujuh peserta dari Makassar (Akademisi, pemerintah lokal, dan kementerian lingkungan hidup) belajar tentang penggunaan “REALM” untuk memodelkan keseimbangan kebutuhan dan pasokan air di suatu daerah. Mereka juga berkesempatan belajar dari pengalaman Australia dalam merencanakan dan mengimplementasikan pengelolaan air perkotaan terpadu sebagai upaya adaptasi perkotaan yang berkelanjutan melalui studi tour serta interaksi dengan ilmuwan, staff pemerintahan, dan praktisi air Australia.



Gambar 17 Peserta training “Pelayanan Air yang Berkelanjutan” sedang berdiskusi tentang kriteria pengkajian pilihan-pilihan adaptasi untuk Makassar.

## BOX 4 Memahami Pandangan, Nilai dan Kepercayaan Pemangku Kepentingan

### LATAR BELAKANG

Tema 4 melakukan kajian untuk memahami persepsi dan konsensus tentang perubahan iklim dan dampaknya pada sistem air di Makassar dari para pemangku kepentingan.

Kajian menerapkan teknik Analisa Konsensus – yang biasa digunakan untuk memahami konsensus kultural dalam antropologi. Analisa dilakukan melalui beberapa fase pengumpulan data dan analisis (lihat tabel).

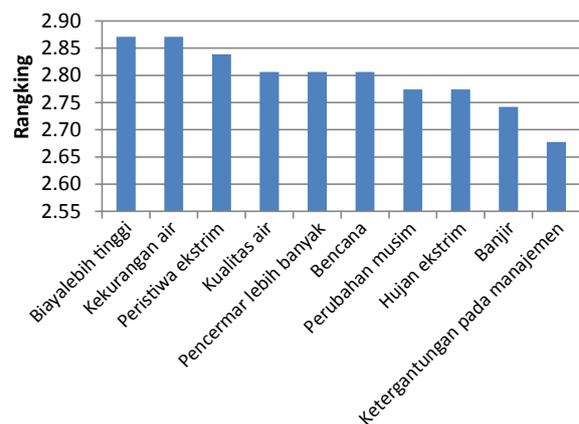
FASE	KEGIATAN	PESERTA
1	Oktober 2010, lokakarya tiga hari, dilanjutkan dengan wawancara satu-per-satu wakil pemerintah yang tidak dapat menghadiri lokakarya	34 (lokakarya)
2	Januari 2011, lokakarya dua hari	25
3	November 2012, Simposium satu hari	37

### HASIL TERKAIT DENGAN PERSEPSI PERUBAHAN IKLIM

- Sebagian besar perhatian/kekhawatiran pemangku kepentingan terkait dengan hal-hal bio-fisik (misalnya “erosi”, “kekeringan”, “longsor tanah”), diikuti oleh dimensi sosial (semisal “penyakit”, “kelaparan” dan “dampak pada orang dan masyarakat”), isue ekonomi (yaitu “dampak negatif ekonomi”), dan konsep abstrak lainnya (misalnya “ketidakpastian” dan “kerentanan”)
- Lima hal yang paling sering disebutkan adalah “banjir”, “cuaca/iklim/hujan yang tidak terduga”, “lebih panas”, “kekeringan” dan “kenaikan muka air laut”.

### HASIL TERKAIT DENGAN PERSEPSI DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA SISTEM AIR PERKOTAAN DI MAKASSAR

Sebagian besar responden menyatakan “kekurangan air” (lihat gambar). Namun pada November 2011, opini berubah dan dampak seperti “biaya yang lebih tinggi” muncul, sementara dampak yang tadinya banyak dikemukakan (misalnya “banjir”) menjadi dianggap lebih kecil kemungkinan terjadinya.



Persepsi dampak perubahan iklim pada sistem air perkotaan di Makassar

### TERKAIT DENGAN KESAMAAN PANDANGAN, SECARA UMUM:

- Ada kesadaran yang baik mengenai masalah-masalah terkait perubahan iklim dan sistem air di Makassar
- Ada konsensus kuat mengenai tipe dampak perubahan iklim dan tentang tingkat kemungkinan dampak tersebut terjadi di Makassar

### INFORMASI LANJUT

Stone-Jovicich dkk. 2012

# Refleksi dan Rekomendasi

Proyek SUD menghasilkan pengetahuan rinci mengenai perubahan iklim dan potensi dampaknya pada sumber air permukaan baku di metropolitan MAMMINASATA dan keberlanjutan penyediaan air bersih bagi Kota Makassar pada beberapa dekade ke depan. Secara umum, temuan proyek ini menunjukkan (i) permasalahan-permasalahan terkait ketersediaan dan kualitas air baku di wilayah MAMMINASATA akan tetap muncul di masa depan, dan (ii) penyediaan air Kota Makassar akan menjadi tidak aman di beberapa dekade ke depan, kecuali alternatif – selain dari peningkatan IPA – dipertimbangkan.

Proyek ini juga telah mengidentifikasi alternatif yang mungkin bermanfaat dalam mengatasi permasalahan, melalui solusi teknologi untuk sumber-sumber baru, pengelolaan sumber-sumber yang ada sekarang, operasi dan perawatan dari infrastruktur yang ada, dan program-program untuk mempromosikan perubahan pola pikir. Namun karena keterbatasan lingkup penelitian, proyek ini belum melakukan kajian yang komprehensif untuk mengetahui kesenjangan dan keberlangsungan dari tiap-tiap pilihan.

Rekomendasi kami adalah:

1. Melakukan kajian lanjutan mengenai kecocokan dan keberlanjutan dari pilihan-pilihan yang telah teridentifikasi (termasuk yang sudah diimplementasikan)

Kajian tersebut harus menggunakan analisis ilmiah untuk membandingkan berbagai pilihan secara obyektif, misalnya, menggunakan pendekatan multi-kriteria yang mempertimbangkan status pengetahuan, dan analisa biaya-dan-manfaat secara ekonomi, lingkungan dan sosial.

2. Memperluas kajian ketahanan air masa depan ke seluruh wilayah MAMMINASATA

Proyek ini mengkaji ketahanan penyediaan air masa depan di Kota Makassar saja. Mengingat adanya ketergantungan pada sistem air sungai di beberapa kabupaten di MAMMINASATA, maka perluasan kajian ke seluruh wilayah MAMMINASATA akan memberikan ketahanan air untuk kota dan wilayah yang lebih luas. Hal itu akan memungkinkan adanya analisa sumberdaya air terpadu untuk menjawab berbagai kesenjangan pengetahuan antar daerah tangkapan sungai dan batas administrasi (kabupaten). Karena penelitian ini dilakukan secara partisipatif dengan banyak aktivitas pembangunan



kemampuan, diharapkan sejauh hal-hal tertentu, penelitian selanjutnya dapat dilakukan oleh organisasi mitra penelitian ini.

3. Melakukan kajian dampak perubahan iklim pada sektor lain

Proyek ini fokus kepada sektor air. Masih diperlukan kajian dampak pada sektor lain karena adanya hubungan antara berbagai sektor (misalnya air, pangan dan energi). Hasil simulasi model iklim dari proyek ini dapat digunakan untuk mendukung studi semacam itu.

4. Mengumpulkan, menyimpan dan membagi data secara strategis

Proyek ini menemukan bahwa data-data terkait status lingkungan, khususnya sumberdaya air tanah dan pengambilannya, sangat terbatas. Padahal, data-data tersebut sangat diperlukan untuk memantau dan mengevaluasi keberlangsungan sumberdaya air (air permukaan dan air tanah) secara kontinyu. Diperlukan upaya strategis untuk mengidentifikasi pengetahuan atau data apa saja yang diperlukan, lalu melakukan pengumpulan. Adanya ketersediaan data yang tersimpan dan dipertukarkan secara strategis, akan membantu proses pengambilan keputusan berdasarkan data terbaik yang tersedia. Proses pertukaran data dapat diwujudkan dengan membuat pusat data di kantor pemerintahan atau di Universitas, dan membuat persetujuan pertukaran data di antara para pengguna.

5. Analisa dampak pada air limbah dan air limpasan  
Karena keterbatasan lingkupannya, proyek ini baru mengkaji dampak pada penyediaan air Kota Makassar. Pengalaman menunjukkan, suksesnya adaptasi memerlukan pertimbangan dari berbagai komponen (penyediaan air, air limpasan, dan air limbah) dalam siklus air perkotaan. Maka masih diperlukan analisa dampak pada air limbah dan air limpasan.
6. Melakukan *sosialisasi* mengenai keberlanjutan air dan adaptasi iklim kepada masyarakat luas  
Telaah pustaka proyek ini menunjukkan solusi pengelolaan air terpadu menggunakan kombinasi kesadaran dan partisipasi masyarakat serta teknologi akan memberikan solusi yang berkelanjutan, dibandingkan jika hanya menyandarkan pada solusi teknologi saja.
7. Menyebarkan hasil penelitian proyek ini lebih luas lagi termasuk ke industri, kelompok lingkungan, pembangkit energi, pengembang, dll.  
Tujuan dari peningkatan kesadaran ini adalah mendukung berbagai upaya yang dijalankan untuk mengubah perilaku masyarakat.

8. Memastikan bahwa hasil proyek penelitian ini dipertimbangkan dalam upaya perencanaan di masa depan.

Sumberdaya air sangatlah rentan terhadap variabilitas dan perubahan iklim. Pengelola air umumnya menggunakan data iklim dan air masa lalu untuk mengkarakterisasi keragaman hidrologis dan mengarahkan perencanaan sumberdaya air mereka. Mengingat hasil sejumlah penelitian mendukung adanya pemanasan global dan potensi perubahan iklim wilayah di beberapa dekade mendatang (IPCC 2007), maka dianjurkan untuk mulai memasukkan resiko perubahan iklim dalam setiap strategi dan perencanaan pengelolaan air. Pada konteks ini, Dinas Tarkim yang berwenang soal Masterplan MAMMINASATA menyatakan “informasi perubahan iklim dari proyek penelitian ini perlu dipertimbangkan dalam setiap Masterplan” (Larson dkk. 2012b). Memang, beradaptasi dengan dampak perubahan iklim merupakan tantangan baru bagi banyak kota di dunia, termasuk Makassar. Perlu waktu untuk membangun kapasitas dan pengetahuan yang diperlukan untuk mengelola dampaknya, dan untuk memasukkan pengetahuan ini pada proses perencanaan. Proyek penelitian seperti ini merupakan titik awal, idealnya, untuk menciptakan keuntungan bersama dan sinergi dengan berbagai aspek kebijakan pembangunan.



# Laporan dan Publikasi dari Proyek SUD

*Laporan dan publikasi berikut ini dihasilkan dalam proyek SUD, dan sebagian besar dikutip dalam teks. Beberapa makalah jurnal ilmiah juga akan dihasilkan saat proyek ini selesai.*

Achmad A, Barkey RA, Iman MN, Rezkyani R. 2012. **Studi dampak perubahan iklim pada erosi tanah di DAS Maros, Tallo dan Jeneberang di wilayah MAMMINASATA.** Pusat Penanggulangan Dampak Perubahan Iklim Wilayah Indonesia Timur, Universitas Hasanuddin. Sebuah Laporan sebagai bagian penelitian “Climate Adaptation Through Sustainable Urban Development – Case Study of Urban Water System in Makassar Indonesia”, Kerjasama antara UNHAS, Indonesia dan CSIRO, Australia

Alexander KS, Moglia M, Tjandraatmadja G, Nguyen M, Larson S, Trung NH, Barkey RA. 2011. **Evaluation of Water Needs Index Case Studies.** In Chan, F., Marinova, D. and Anderssen, R.S. (eds) MODSIM2011, 19th International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2011, pp. 2866-2877. ISBN: 978-0-9872143-1-7. <http://www.mssanz.org.au/modsim2011/G3/alexander.pdf>.

Alexander KS, Tjandraatmadja G, Neumann LE, Kirono D, Larson S, Djalante R, Barkey RA, Achmad A, Yudono A, Darwaman S, Kaimuddin K, Selintung M, Primiantoro T. 2012. **Climate adaptation through sustainable urban development in Makassar, Indonesia. Water Needs Index.** A report submitted to the CSIRO-AusAID Research for Development Alliance, Australia.

Barkey RA, Achmad A, Kaimuddin, Selintung M, Yudono A, Darmawan S. 2011. **Review on water service provision in Makassar City, Indonesia.** Research Centre for Climate Change Impacts in Eastern Indonesia, Hasanuddin University, Makassar, Indonesia. A report submitted to CSIRO, Australia.

Inman M, Meharg S, Kirono DGC, Nguyen M, Trung NH, Barkey RA. 2012. **Building Capacity for Integrated Urban Water Management – case studies from Indonesia and Vietnam.** Planet Under Pressure Conference, London, March 2012.

Inman M, Meharg S, Kirono DGC, Nguyen M, Trung NH, Barkey RA. 2012. **Adapting Under pressure. Progress and Parallels from two rapidly developing Cities in South East Asia.** Planet Under Pressure Conference, London, March 2012.

Kirono DGC, McGregor J, Nguyen K, Katzfey J, Kent D. 2010. **Regional climate change simulation and training workshop on climate change over eastern Indonesia and Vietnam.** A Report to the CSIRO-AusAID Research for development Alliance, Australia.

Kirono DGC and Project Team. 2012. **Climate Adaptation through Sustainable Urban Development: Water System in Makassar, Indonesia.** International Workshop on “Urban Sustainability: Adapting to change”, Can Tho, Vietnam, 13-15 March 2012.

Kirono DGC, Kent D, Nguyen K, Djatmiko H, Kaimuddin M. 2012. **Projected rainfall characteristics for South Sulawesi, Indonesia.** *In Prep.*

KLH. 2012. **CSIRO-AusAID Climate Adaptation Through Sustainable Urban Development (SUD) Project. Riset Kolaboratif Manajemen dan Infrastruktur Sumber Daya Air untuk Adaptasi Perubahan Iklim.** Dalam Sinergi Hijau. *Media Komunikasi Lingkungan Sulawesi Maluku Papua.* Pusat Pengelolaan Ekoregion Sulawesi Maluku Papua. Kementrian Lingkungan Hidup. Juni 2011, halaman 8-10.

Larson S, Alexander K, Djalante R, Tjandraatmadja G, Barkey R and Kirono D. 2010. **Climate Adaptation Through Sustainable Urban Development in Makassar, Indonesia: October 2010 Stakeholder Workshop Report.** Unpublished report as part of the Project on Climate Adaptation through Sustainable Urban Development in Makassar, Indonesia.



Larson S, Kirono DGC, Barkey RA, Tjandraatmadja G. 2012a. **Stakeholder engagement within the Climate Adaptation Through Sustainable Urban Development in Makassar-Indonesia Project, the First year report.** January 2012. *A Report prepared for the CSIRO-AusAID Research Alliance, CSIRO, Australia.*

Larson S, Alexander KS, Djalante R, Kirono DGC. 2012b. **The added value of understanding informal social networks in an adaptive capacity assessment: Explorations in the context of urban water management system of Makassar City, Indonesia.** *Submitted to the Water Resources Management.*

Neumann LE, Kirono DGC, Kent D. 2012. **Influence of modelling methodology on the estimation of climate change impacts on streamflows in the Maros catchment, Indonesia.** *In prep.*

Stone-Jovicich S, Larson S, Alexander K. 2012. **Climate Adaptation Through Sustainable Urban Water Development in Makassar, Indonesia: In Search of Common Ground.** *In prep.*

Tjandraatmadja G, Larson S, Kirono D, Neumann L, Lipkin F, Alexander KI, Maheepala S, Djalanti R, Barkey RA, Achmad A, Selintung M, Darmawan S, Yudono A. 2012a. **Challenges in urban water provision for Makassar, South Sulawesi, Indonesia.** A report submitted to the CSIRO-AusAID Research for Development Alliance, Australia. *In prep.*

Tjandraatmadja G, Neumann L, Lipkin F, Maheepala S, Kirono D. 2012b. **Modelling water supply and demand for Makassar city.** A Report. CSIRO AusAID Alliance and Climate Adaptation Flagship, Melbourne, Australia. *In prep.*

Tjandraatmadja G, Stone-Jovicich S, Muryanto I, Suspawati E, Gunasekara C, Iman MN and Talebe A. 2012c. **Tools for urban water management and adaptation to climate change.** CSIRO AusAID Alliance and Climate Adaptation Flagship, Melbourne, Australia. *In prep.*

Tjandraatmadja G, Larson S, Kirono D, Salman D, Barkey R, Selintung M. 2012d. **Climate Adaptation through Sustainable Urban Development: Developing Adaptation Options to Improve Future Water Security in Makassar City.** CSIRO AusAID Alliance and Climate Adaptation Flagship, Melbourne, Australia. *In prep.*

# Daftar Pustaka

Hulme M, Sheard N. 1999. **Climate change scenarios for Indonesia**. Climatic Research Unit, Norwich, UK. 6pp.

IPCC. 2007. **Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Solomon, S., D. Qin., M., Manning, Z. Chen, M. Marquis, KB. Averyt, M. Tignor and HL. Miller (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 996pp.

KRI International Corp. and Nippon Koei Co. Ltd. 2006 **Rencana tata ruang terpadu untuk wilayah metropolitan MAMMINASATA. Laporan Akhir, Laporan Utama**. Departemen Pekerjaan Umum, Badan Kerjasama Pembangunan Metropolitan MAMMINASATA (BKSPMM), Badan Kerjasama International Jepang (JICA). Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia.

Maheepala S, Blackmore J, Diaper C, Moglia M, Sharma A, Kenway S. 2010. **Manual for adopting integrated urban water management planning**, Water Research Foundation and CSIRO Australia.

Matt MacDonald. 2011. **Wastewater Investment Master Plan Package I: Makassar – interim Master plan**, Indonesia Infrastructure Initiatives, February 2011.

Selintung, M. dkk. (tanpa tanggal). **Survei Sosial Ekonomi Kota Makassar**. Metropolitan Sanitation Management and Health Project Preparation Technical Assistance.



