



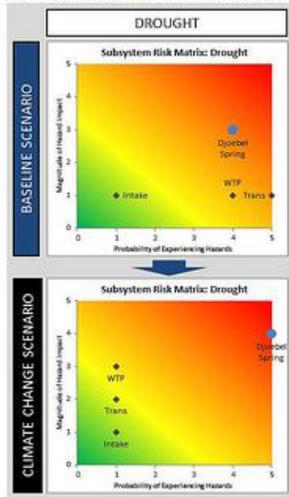
USAID INDONESIA URBAN WATER SANITATION AND HYGIENE

# KAJIAN KERENTANAN DAN RENCANA ADAPTASI PENYEDIAAN AIR MINUM PDAM KABUPATEN MOJOKERTO

## LAPORAN RANGKUMAN

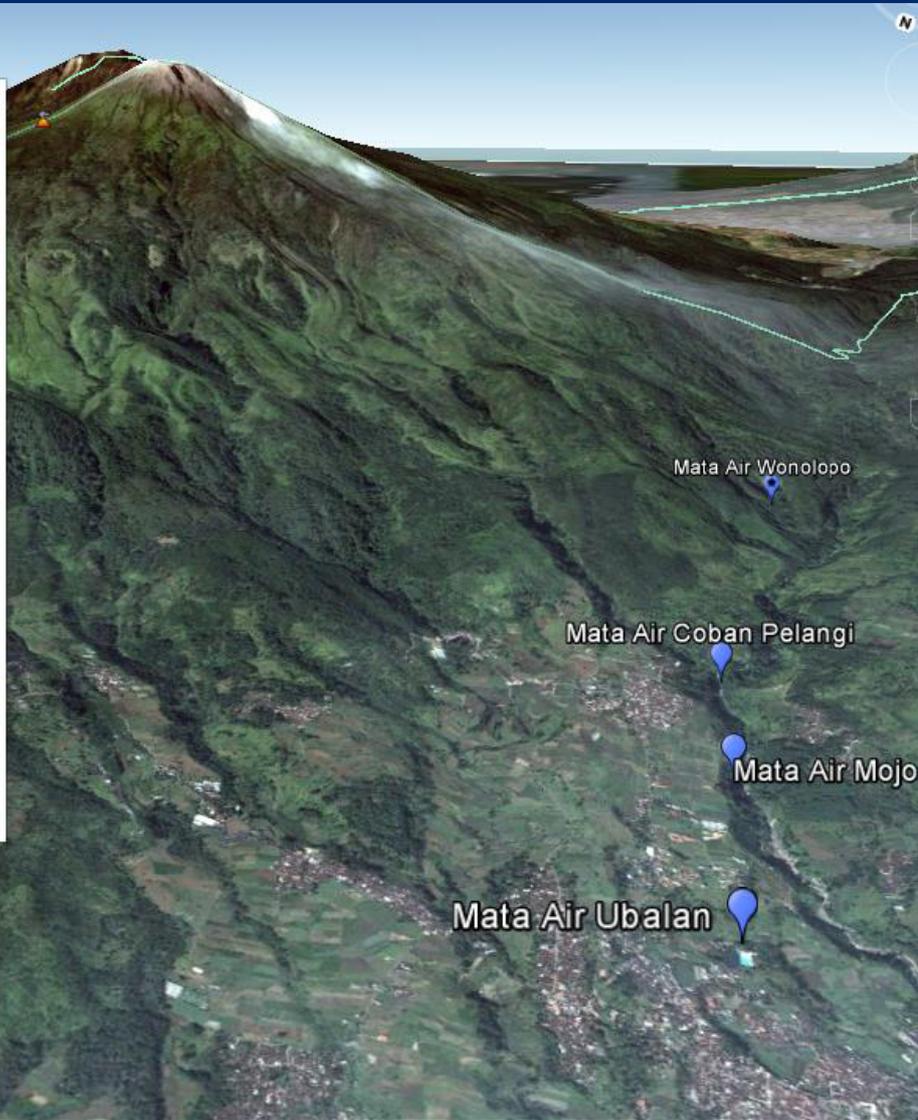
### Mata Air Jubel

Mata Air Jubel provides about 20% of PDAM Mojokerto's district raw water. The Asset Risk Matrix (shown below) for Mata Air Jubel indicates that the spring was vulnerable to water shortages under the current climate and even more so under climate change.



Directions: [To here](#) - [From here](#)

Mata Air Jubel



JULY 2014

This document was produced for review for USAID/Indonesia by the Indonesia Urban Water, Sanitation and Hygiene (IUWASH) project, implemented by DAI, in accordance with ADS Chapter 320.3.2.4 (e) 05/05/2009 Revision.

Lima mata air yang berada di punggung Gunung Welirang digunakan sebagai sumber air baku PDAM Kabupaten Mojokerto. Mata air Jubel (kiri bawah) dan mata air Wonolopo (kanan atas) menjadi bahasan pemangku kepentingan dalam kegiatan penilaian risiko aset.

*(Map View: Google Earth©)*

USAID INDONESIA URBAN WATER SANITATION AND HYGIENE

# KAJIAN KERENTANAN DAN RENCANA ADAPTASI PENYEDIAAN AIR MINUM PDAM KABUPATEN MOJOKERTO

## LAPORAN RANGKUMAN

<b>Project:</b>	<b>Indonesia Urban Water, Sanitation, and Hygiene (IUWASH)</b>
<b>DAI Project Number:</b>	<b>1001457</b>
<b>Assistance Objective (AO):</b>	<b>AO Improved Management of Natural Resources, under (IR) 3 – Increased Access to Water and Sanitation.</b>
<b>Sponsoring USAID Office and</b>	<b>USAID/Indonesia</b>
<b>Contract Number:</b>	<b>AID-497-C-11-00001</b>
<b>Contractor's Name:</b>	<b>Development Alternatives Inc.</b>
<b>Date of publication:</b>	<b>July 2014</b>

This document was produced for review for USAID/Indonesia by the Indonesia Urban Water, Sanitation and Hygiene (IUWASH) project, implemented by DAI, in accordance with ADS Chapter 320.3.2.4 (e) 05/05/2009 Revision.



# DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN EKSEKUTIF .....</b>	<b>VI</b>
<b>I PENDAHULUAN.....</b>	<b>I</b>
1.1 TUJUAN DAN STRUKTUR LAPORAN .....	1
1.2 KERANGKA KAJIAN KERENTANAN DAN PERENCANAAN ADAPTASI PENYEDIAAN AIR MINUM .....	2
<b>2 KAJIAN KERENTANAN PENYEDIAAN AIR MINUM.....</b>	<b>5</b>
2.1 PENYEDIAAN AIR MINUM.....	5
2.1.1 Gambaran Umum PDAM Kabupaten Mojokerto .....	5
2.1.2 Aset-aset Alami PDAM.....	6
2.1.3 Aset-aset Fisik/Terbangun PDAM .....	9
2.1.4 Sistem Pemantauan Aset.....	10
2.2 KAJIAN KERENTANAN PENYEDIAAN AIR MINUM: SKENARIO DASAR (BASELINE SCENARIO) .	12
2.2.1 Skenario Dasar: Aset Alami.....	12
2.2.2 Skenario Dasar: Aset Fisik.....	13
2.2.3 Skenario Dasar: Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air (Supply and Demand).....	15
2.3 KAJIAN KERENTANAN PENYEDIAAN AIR MINUM: SKENARIO PERUBAHAN IKLIM (CLIMATE CHANGE DRIVEN).....	19
2.3.1 Perubahan Iklim di Mojokerto, Jawa Timur .....	19
2.3.2 Skenario Perubahan Iklim: Aset Alami.....	21
2.3.3 Skenario Perubahan Iklim: Aset Fisik.....	22
2.3.4 Skenario Perubahan Iklim: Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air (Supply and Demand).....	23
<b>3 PERENCANAAN ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM.....</b>	<b>25</b>
3.1 PENDEKATAN DALAM PERENCANAAN ADAPTASI .....	25
3.2 TITIK-TITIK KERENTANAN .....	25
3.3 DAFTAR PANJANG PILIHAN ADAPTASI.....	26
3.4 DAFTAR PENDEK PILIHAN ADAPTASI DAN TITIK-TITIK KERENTANAN .....	27
<b>4 RENCANA AKSI .....</b>	<b>29</b>
4.1 LANGKAH KE DEPAN UNTUK IMPLEMENTASI RENCANA ADAPTASI .....	29
4.2 INTEGRASI KE DALAM PERENCANAAN JANGKA MENENGAH DAN JANGKA PANJANG .....	30
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>31</b>
LAMPIRAN 1: KRONOLOGI PROSES VA & AP .....	31
LAMPIRAN 2: PETA DAERAH TANGKAPAN AIR DI KABUPATEN MOJOKERTO .....	32
LAMPIRAN 3: PETA TATA GUNA LAHAN KABUPATEN MOJOKERTO .....	33
LAMPIRAN 4: PETA ASET-ASET TERBANGUN PDAM KAB. MOJOKERTO .....	34
LAMPIRAN 5: DATA CURAH HUJAN KABUPATEN MOJOKERTO .....	35
LAMPIRAN 6: MATRIKS RISIKO ASET PER SUBSISTEM.....	36
LAMPIRAN 7: EVALUASI PILIHAN-PILIHAN ADAPTASI.....	40

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1: KABUPATEN MOJOKERTO, JAWA TIMUR.....	5
GAMBAR 2: SUMBER AIR BAKU PDAM KABUPATEN MOJOKERTO.....	6
GAMBAR 3: MATA AIR JUBEL.....	6
GAMBAR 4: MATA AIR COBAN PELANGI.....	7
GAMBAR 5: MATA AIR MOJO.....	7
GAMBAR 6: LIMA MATA AIR YANG DIGUNAKAN PDAM MOJOKERTO.....	8
GAMBAR 7: RISIKO KEKERINGAN DI KABUPATEN MOJOKERTO.....	12
GAMBAR 8: RISIKO BANJIR DI KABUPATEN MOJOKERTO.....	13
GAMBAR 9: PIPA TRANSMISI DARI MATA AIR PELANGI.....	14
GAMBAR 10: RISIKO LONGSOR DI KABUPATEN MOJOKERTO.....	14
GAMBAR 11: KEBUTUHAN DOMESTIK VS. KAPASITAS PRODUKSI PDAM.....	16
GAMBAR 12: VOLUME AIR TANAH YANG DIAMBIL PDAM, HIPPAM, INDUSTRI, DAN HIPPA DI MOJOKERTO.....	16
GAMBAR 13: NERACA AIR TANAH DI MOJOKERTO DALAM 12 BULAN.....	17
GAMBAR 14: SKOR RISIKO PADA SKENARIO DASAR (BASELINE) DAN SKENARIO PERUBAHAN IKLIM.....	18
GAMBAR 15: SEBARAN HUJAN DAN LOKASI STASIUN HUJAN.....	19
GAMBAR 16: PERUBAHAN POLA HUJAN.....	20
GAMBAR 17: PERBANDINGAN RATA-RATA CURAH HUJAN UNTUK DUA RENTANG PERIODE PENGAMATAN DI STASIUN HUJAN PACET.....	21
GAMBAR 18: ANALISIS RISIKO KEKERINGAN PADA MATA AIR JUBEL.....	21
GAMBAR 19: ANALISIS RISIKO BANJIR PADA SBD KEMLAGI.....	22
GAMBAR 20: KEBUTUHAN DOMESTIK DAN NON-DOMESTIK VS. KETERSEDIAAN SUMBER AIR PADA SKENARIO PERUBAHAN IKLIM.....	24
GAMBAR 21: KENAIKAN KEBUTUHAN VS. KETERSEDIAAN AIR PADA SKENARIO PERUBAHAN IKLIM.....	24
GAMBAR 22: MATA AIR JUBEL DI PUNGGUNG GUNUNG ARJUNO.....	25
GAMBAR 23: KONSTRUKSI SUMUR RESAPAN DI HULU DAERAH TANGKAPAN AIR DI MOJOKERTO.....	29

## DAFTAR TABEL

TABEL 1: KERANGKA KAJIAN KERENTANAN DAN PERENCANAAN ADAPTASI IUWASH.....	3
TABEL 2: PROFIL PDAM DJOEBEL TIRTA KABUPATEN MOJOKERTO.....	6
TABEL 3: SUMUR DALAM DI KABUPATEN MOJOKERTO.....	9
TABEL 4: ASET-ASET TERBANGUN PDAM KABUPATEN MOJOKERTO.....	10
TABEL 5: SISTEM PEMANTAUAN ASET ALAMI.....	11
TABEL 7: DAFTAR PANJANG PILIHAN ADAPTASI.....	26
TABEL 8: PRIORITASI PILIHAN ADAPTASI MENGGUNAKAN ANALISIS MULTI-KRITERIA.....	27

# RINGKASAN EKSEKUTIF

Dengan mempertimbangkan akibat yang mungkin timbul karena adanya perubahan iklim, maka menjadi penting bagi PDAM dan pemerintah daerah mengkaji bagaimana fluktuasi temperatur dan pergeseran pola hujan akan mempengaruhi sistem penyediaan air minum, dan selanjutnya mengintegrasikan upaya-upaya adaptasi ke dalam mekanisme dan dokumen perencanaan untuk mengantisipasi risiko-risiko perubahan iklim di masa mendatang. Untuk itu, Program Indonesia Urban Water, Sanitation, and Hygiene (IUWASH) yang disponsori USAID mendukung PDAM dan Pemerintah Kabupaten Mojokerto mengembangkan proses **Kajian Kerentanan dan Perencanaan Adaptasi Penyediaan Air Minum**. Hasil-hasil dari proses ini terangkum dalam laporan berikut yang menguraikan: gambaran utama mengenai risiko-risiko yang dihadapi infrastruktur PDAM, baik yang alami maupun terbangun, bagaimana risiko-risiko tersebut dapat berubah terkait perubahan iklim, usulan aksi-aksi adaptasi untuk mengurangi risiko-risiko saat ini dan masa mendatang, dan identifikasi langkah-langkah selanjutnya untuk implementasi aksi-aksi tersebut.

Dokumen Kajian Kerentanan dan Rencana Adaptasi (KKRA) Penyediaan Air Minum ini disusun dalam waktu sekitar 18 bulan dengan dampingan IUWASH. Langkah-langkah utama dalam proses ini meliputi Kajian Kerentanan Penyediaan Air Minum yang disusun Universitas Brawijaya, serangkaian lokakarya dan diskusi dengan PDAM dan pemangku kepentingan lainnya, dan konsultasi dengan pengambil kebijakan Kabupaten Mojokerto. Proses penyusunan KKRA menggunakan analisis risiko aset (MRA-Matriks Risiko Aset), analisis geospasial, model perubahan iklim global dan regional, serta analisis multi-kriteria.

Dalam menyusun hasil-hasil proses kajian kerentanan, titik-titik kerentanan utama PDAM Kabupaten Mojokerto berada di wilayah hulu kabupaten. Khususnya **Mata Air Jubel** dan **Mata Air Wonolopo** memperlihatkan kerentanan akan berkurangnya debit dalam tahun-tahun terakhir, berupa tren yang diperkirakan akan menjadi lebih buruk dengan adanya perubahan iklim, karena fluktuasi pola curah hujan akan menyebabkan berkurangnya imbuhan ke dalam air tanah. Disamping itu, terkait dengan infrastruktur terbangun, **sistem distribusi dan reservoir dari Mata Air Wonolopo, Coban Pelangi, dan Mojo** memperlihatkan risiko tinggi terhadap kerusakan akibat banjir dan longsor dengan kondisi iklim saat ini. Risiko-risiko ini akan meningkat dengan adanya perubahan iklim dimana kejadian-kejadian badai menjadi lebih ekstrim.

Berdasarkan hasil-hasil tersebut, para pemangku kepentingan telah mengidentifikasi pilihan-pilihan aksi adaptasi untuk mengurangi risiko-risiko saat ini dan yang akan datang karena adanya perubahan iklim dalam jangka panjang. Diantara pilihan-pilihan adaptasi yang dikembangkan oleh PDAM dan pemangku kepentingan lainnya adalah: memperkuat kebijakan pengambilan/pemanfaatan air, penerapan dan pemeliharaan sistem imbuhan air tanah buatan, peningkatan kapasitas penyimpanan air minum, dan penurunan tingkat kehilangan air. Dengan mempertimbangkan pilihan-pilihan adaptasi yang dikembangkan PDAM dan pemangku kepentingan, IUWASH juga merekomendasikan untuk mempertimbangkan aksi-aksi adaptasi berikut: penguatan dan/atau pemindahan perpipaan transmisi utama, peningkatan manajemen aset, dan investasi dalam pengembangan sistem pendukung pengambilan keputusan dalam hal sumber daya air.

Ke depan, sebagai langkah tindak lanjut, PDAM mengalokasikan anggaran untuk pemeliharaan sumur resapan di wilayah-wilayah yang kritis, sementara Pemerintah Kabupaten Mojokerto akan mendorong upaya-upaya konservasi di hulu wilayah imbuhan, termasuk upaya-upaya penanaman termasuk pembangunan sumur resapan tambahan. Pemerintah Kabupaten Mojokerto juga mempertimbangkan perlunya regulasi untuk memperkuat pengelolaan sumber daya air di wilayah kabupaten. Di tingkat masyarakat, sebuah forum sedang dibangun untuk mendukung pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan upaya-upaya pengurangan potensi bahaya, seperti longsor.

Langkah-langkah jangka menengah yang dalam pembahasan dengan PDAM termasuk perlunya monitoring hidrologis dan meteorologis, penggantian infrastruktur utama yang sudah tua, dan perlindungan perpipaan, terutama yang di atas permukaan tanah, yang rawan terhadap banjir dan longsor. Dalam kaitan implementasi aksi-aksi adaptasi mendesak dan jangka pendek, adalah penting untuk mengintegrasikan hasil-hasil kajian kerentanan dan rencana adaptasi ini ke dalam mekanisme perencanaan pengembangan PDAM dan rencana pembangunan pemerintah kabupaten.

# I PENDAHULUAN

## I.1 TUJUAN DAN STRUKTUR LAPORAN

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Indonesia menghadapi berbagai jenis risiko saat mana PDAM menyediakan air bersih kepada pelanggannya. Risiko-risiko ini mencakup perubahan tata guna lahan, urbanisasi yang cepat dan tidak terencana, kompetisi untuk memperoleh sumber daya air yang terbatas, bencana alam, dan banyak lagi yang lainnya. Yang penting diperhatikan bahwa banyak risiko-risiko ini akan dan pada beberapa hal diperparah dengan dampak negatif perubahan iklim, yang merubah lama dan intensitas pola hujan di seluruh kepulauan Indonesia.

Dengan potensi beratnya permasalahan yang disebabkan perubahan pola hujan, penting bagi PDAM, pemerintah kabupaten selaku pemilik, dan pemangku kepentingan lainnya untuk mengkaji sejauh mana perubahan iklim akan memberikan dampak pada penyediaan air bersih, termasuk upaya-upaya adaptasi yang sesuai ke dalam mekanisme perencanaan daerah untuk mengurangi risiko-risiko di masa depan. **Kajian Kerentanan dan Rencana Adaptasi Penyediaan Air Minum PDAM Kabupaten Mojokerto** menguraikan langkah-langkah penting untuk tujuan tersebut. Tujuan khusus dokumen ini adalah untuk:

1. Merangkum risiko-risiko saat ini yang dihadapi aset alami PDAM (misalnya: sumber air dan daerah tangkapan air di sekitarnya) dan aset fisik (seperti: instalasi penyediaan air bersih dan tendon air) dalam kondisi perubahan iklim (Bab 2);
2. Melihat sejauh mana risiko-risiko ini dapat meningkat terkait dengan perubahan iklim pada “pertengahan abad (*midcentury*)” (Bab 2);
3. Mengajukan bauran aksi-aksi adaptasi praktis yang dapat diambil PDAM untuk mengurangi risiko baik dalam kondisi iklim saat ini maupun kondisi perubahan iklim (Bab 3); dan
4. Menjajagi langkah-langkah untuk implementasi aksi-aksi adaptasi dan mengintegrasikannya ke dalam mekanisme dan dokumen perencanaan (Bab 4).

Kajian Kerentanan dan Rencana Adaptasi (KKRA) Penyediaan Air Minum ini disusun dalam waktu 18 bulan dengan dukungan USAID melalui Indonesia Projek *Urban Water, Sanitation, and Hygiene* (IUWASH). Langkah-langkah penting mencakup penyusunan Kajian Kerentanan Penyediaan Air Bersih melalui kerja sama dengan Universitas Brawijaya, serangkaian lokakarya dan diskusi dengan PDAM Kabupaten Mojokerto dan pemangku kepentingan lainnya, serta paparan/audiensi dengan Bupati Mojokerto. Hasil-hasil dari langkah-langkah ini merupakan bahasan dalam dokumen ini termasuk dalam lampiran-lampirannya.

Penting untuk diperhatikan sejak awal bahwa dengan selesainya dokumen laporan ini tidak berarti bahwa proses identifikasi kerentanan terhadap perubahan iklim dan aksi-aksi adaptasi terkaitnya sudah selesai. Dengan keterbatasan waktu dan sumber daya lainnya, laporan ini (dan masukan-masukan terkait) menyajikan pandangan umum kerentanan atas perubahan iklim dan potensi aksi-aksi adaptasi. Dengan kata lain, dokumen ini merupakan langkah pertama untuk peningkatan daya tahan sistem penyediaan air minum di Kabupaten Mojokerto. Pada akhirnya, daya tahan hanya dapat dicapai melalui proses iteratif/berulang dari kegiatan kajian, perencanaan, aksi, dan pemantauan yang memadai atas dampak untuk memahami dengan lebih baik apa yang bermanfaat dan mana yang tidak.

## I.2 KERANGKA KAJIAN KERENTANAN DAN PERENCANAAN ADAPTASI PENYEDIAAN AIR MINUM

Metodologi yang mendasari penyusunan **Kajian Kerentanan dan Rencana Adaptasi Penyediaan Air Minum PDAM Kabupaten Mojokerto** adalah dokumen IUWASH yang berjudul Laporan Pendahuluan: Kajian Kerentanan Perubahan Iklim dan Perencanaan Adaptasi Penyediaan Air Bersih atau “*Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Water Supply: Inception Report*” (dapat diunduh melalui <http://iuwash.or.id/category/download-publication/technical-report/>). Berdasarkan praktek-praktek terbaik (*best practices*) yang berkembang dalam adaptasi perubahan iklim bidang penyediaan air bersih, dokumen ini menyajikan kerangka kajian kerentanan dan perencanaan adaptasi dengan prinsip-prinsip sebagai berikut:

- a. Perubahan iklim bukan merupakan masalah dan bidang terpisah atau tersendiri, tetapi merupakan sumber risiko yang lekat terkait dengan bagaimana penyedia layanan (PDAM) dan pelanggannya menggunakan dan mengelola sumber daya air dan lahan. Oleh karenanya, sangat baik dilakukan secara **terpadu**, mengacu dan berkontribusi pada mekanisme dan upaya perencanaan yang lebih menyeluruh pada penyedia layanan (PDAM) dan pemerintah daerah;
- b. Model-model perubahan iklim “*top-down*” sering kali memerlukan biaya yang tinggi dan data yang banyak. Oleh karenanya, **pendekatan “bawah-atas” (bottom-up)** yang berfokus pada apa yang diketahui tentang lingkungan saat ini dan sejauh mana penyediaan air bersih terkait dengan perubahan iklim lebih cocok bagi bidang penyediaan air minum di Indonesia;
- c. Untuk mengarah pada kajian kerentanan dan proses perencanaan adaptasi, kerangka KKPA Penyediaan Air Minum IUWASH membedakan aset ke dalam **aset alami** (dalam bentuk sumber daya air seperti sungai, mata air, dan sumur dalam) dan **aset terbangun** (seperti bangunan sadap/*intake*, jaringan pipa transmisi, IPAM, dan tandon air). Kerangka ini juga melihat sejauh mana sistem penyediaan air bersih/minum (SPAM) bisa memenuhi kebutuhan pelanggannya baik pada kondisi saat ini maupun dalam kondisi perubahan iklim. Pemahaman tentang keseimbangan pasokan dan kebutuhan air (*supply and demand*) penting dikembangkan untuk menjamin ketersediaan air di masa yang akan datang;
- d. Kajian kerentanan dan proses perencanaan adaptasi merupakan upaya **pembelajaran, kolaborasi, dan peningkatan kapasitas**. Jadi, bukan hanya “membuat dokumen rencana”, tetapi merupakan pemikiran dan pembelajaran secara kolaboratif antara PDAM, pemerintah kabupaten, dan pemangku kepentingan lainnya untuk merencanakan lebih baik dalam menghadapi masa depan yang berubah secara signifikan; dan
- e. Kajian kerentanan dan proses perencanaan adaptasi dilakukan secara **berulang/iteratif**. Dengan melihat bahwa pengetahuan dan penelitian tentang perubahan iklim terus berkembang, PDAM harus melihat kajian kerentanan dan proses adaptasinya terkait dengan rencana lima tahunannya (*business/corporate plan*), untuk memastikan bahwa perencanaannya mempertimbangkan pedoman/temuan ilmiah dan kondisi lokal terkini.

Berdasarkan prinsip-prinsip di atas, Tabel I di bawah merangkum empat fase dan langkah-langkahnya yang merupakan kerangka yang digunakan dalam KKPA Kabupaten Mojokerto.

Tabel 1: Kerangka Kajian Kerentanan dan Perencanaan Adaptasi IUWASH

Fase	Langkah	Alat/Methodologi
1. <b>Evaluasi situasi saat ini: Skenario Dasar (Baseline Scenario)</b>	a. Pelibatan Pemangku Kepentingan: Menggali tujuan dan pandangan PDAM dan pemerintah daerah; b. Pengumpulan dan Analisis Data: Uraian tentang sistem, jenis sumber daya air (baku), data historis hidro-meteorologi, data pelanggan, dan proyeksi pasokan/kebutuhan ( <i>supply/demand</i> ); c. Kajian Kerentanan Skenario Dasar: identifikasi bahaya yang ada dan evaluasi risiko-risikonya.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapat pendahuluan dengan pemangku kepentingan</li> <li>• Wawancara dengan nara sumber utama</li> <li>• Analisis Geospasial</li> <li>• Matriks Risiko Aset PDAM</li> </ul>
2. <b>Kajian Kerentanan Perubahan Iklim: Skenario Perubahan Iklim (Climate Change-driven Scenario)</b>	a. Analisis dan sintesis data perubahan iklim setempat melalui hasil penelitian, wawancara, dan model-model yang ada; b. Pengembangan skenario perubahan iklim: menggunakan informasi kuantitatif dan kualitatif untuk melihat dampak di masa mendatang; c. Kajian kerentanan dengan skenario perubahan iklim: mempertimbangkan sejauh mana bahaya-bahaya dapat berubah, sehingga potensi risiko yang dihadapi PDAM pun berubah.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis Geospasial</li> <li>• General Circulation Models (GCM)</li> <li>• Matriks Risiko Aset PDAM</li> <li>• Lokakarya pemangku kepentingan</li> </ul>
3. <b>Perencanaan Adaptasi: Bauran prioritas aksi-aksi adaptasi</b>	a. Menyusun daftar panjang (long list) opsi-opsi adaptasi untuk aset alami dan aset terbangun; b. Menyusun daftar pendek (short-list) opsi-opsi adaptasi; c. Prioritas bauran aksi-aksi adaptasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis Multi-kriteria</li> <li>• Analisis biaya-manfaat (cost-benefit)</li> <li>• Lokakarya pengambil kebijakan</li> </ul>
4. <b>Implementasi, Integrasi, dan pembelajaran</b>	a. Implementasi yang seimbang di antara aksi-aksi adaptasi b. Integrasi aksi adaptasi prioritas ke dalam mekanisme dan dokumen perencanaan PDAM dan SKPD terkait; c. Implementasi aksi adaptasi, termasuk pemantauannya, secara berulang (iterative) untuk membangun pengetahuan dan pengalaman (pembelajaran).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Business/Corporate Plan PDAM</li> <li>• Studi kelayakan</li> <li>• Sistem M&amp;E (monitoring &amp; evaluasi)</li> </ul>

Dalam Fase 1 dan 2, aspek penting dalam kajian kerentanan dan proses perencanaan adaptasi (KKPA) adalah identifikasi jenis-jenis bahaya yang dihadapi aset alami dan aset terbangun PDAM. Untuk melihat hal ini, bahaya-bahaya ini digolongkan ke dalam empat kategori:

- **Kekeringan (Kelangkaan Air):** Sebagian besar penyedia air bersih menghadapi berbagai tingkat risiko terkait dengan kelangkaan air baku, baik itu karena panjangnya periode sedikit sampai tanpa presipitasi/hujan atau menurunnya imbuhan (*recharge*) karena perubahan tata guna lahan (daerah tangkapan air). Perubahan iklim diperkirakan dapat memperberat risiko dari bahaya ini, terutama karena musim kemarau diperkirakan akan lebih panjang dan lebih berat di masa mendatang, musim hujan yang lebih pendek akan menghasilkan imbuhan yang lebih rendah.

Terkait dengan aset terbangun, kekeringan (musim kemarau panjang) tidak akan menimbulkan kerusakan fisik. Walaupun instalasi tidak dapat beroperasi dengan penuh, dengan berkurangnya air baku, instalasi tersebut tidak akan rusak, sehingga dapat kembali beroperasi penuh ketika pasok air baku normal kembali. Namun demikian, jaringan pipa transmisi dapat mengalami kerusakan dengan adanya kekeringan yang berkepanjangan, karena penduduk sekitar yang menyambung ke/merusak jaringan pipa tersebut untuk memenuhi kebutuhan airnya. Ini terjadi biasanya pada perpipaan yang ada di permukaan tanah.

- **Banjir:** meningkatnya intensitas badai dengan adanya perubahan iklim diperkirakan dapat menyebabkan makin seringnya kejadian banjir. Kejadian ini menimbulkan risiko bagi aset fisik PDAM, khususnya pada bangunan sadap/intake, IPAM, dan tendon air, karena sering kali lokasinya berdekatan sungai atau sumber air lainnya. Banjir juga mempengaruhi kualitas air pada aset alami (sumber air baku), dengan meningkatnya kekeruhan, sehingga pengolahan air baku menjadi lebih sulit dan biaya yang diperlukannya meningkat.
- **Longsor:** Juga terkait dengan peningkatan intensitas dan durasi/lamanya hujan, bahaya longsor menimbulkan risiko terbesar pada infrastruktur, terutama di sumur bor dan mata air serta bangunan sadap air permukaan mengingat lokasinya biasanya terletak di lokasi yang curam, di ketinggian. Namun demikian, ancaman longsor relatif rendah terhadap kualitas dan kuantitas aset alami, terkecuali pada kejadian ekstrim, misalnya yang bisa mengubah arah aliran sungai.
- **Kenaikan Muka Air Laut:** Bahaya lainnya yang biasanya terkait dengan perubahan iklim adalah kenaikan muka air laut dengan adanya kenaikan temperatur air laut. Kenaikan muka air laut umumnya menimbulkan risiko terbesar bagi aset alami PDAM berupa adanya intrusi air payau, dimana hal ini umum terjadi di daerah-daerah pesisir Indonesia, karena pemompaan air tanah yang tidak terkendali. Kenaikan muka air laut akan memperberat masalah ini, dan dapat juga menjadi ancaman bagi aset terbangun yang berlokasi di pesisir, yaitu dengan adanya penggenangan air laut yang lebih sering di daerah pesisir pantai.

Implementasi kerangka ini dilengkapi dengan alat dan metodologi (lihat kolom paling kanan pada Tabel 1), termasuk Matriks Risiko Aset PDAM, analisis geospasial, *general circulation models*, dan analisis multi-kriteria. Masing-masing alat ini memiliki kegunaan penting dalam kajian kerentanan dan proses perencanaan adaptasi penyediaan air bersih Kabupaten Mojokerto, dimana hasil-hasilnya ditampilkan dalam bab-bab selanjutnya.

## 2 KAJIAN KERENTANAN PENYEDIAAN AIR MINUM

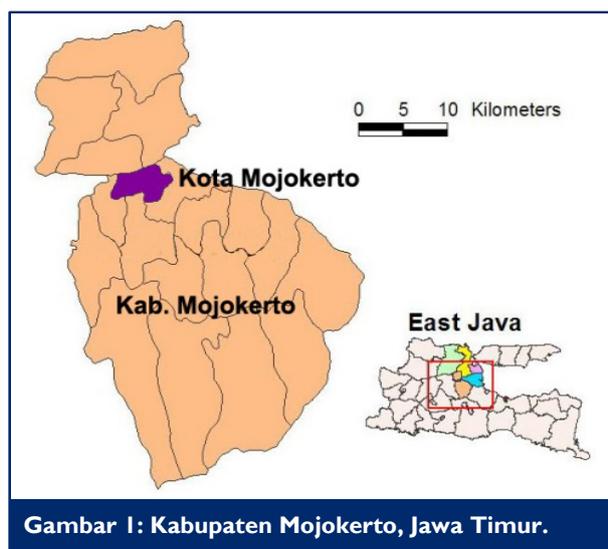
Bab 2 Dokumen KKPA Kabupaten Mojokerto menyajikan kondisi saat ini mengenai penyediaan air bersih perpipaan di Kabupaten Mojokerto (Sub-bab 2.1) dan identifikasi kerentanan spesifik dari sistem tersebut baik dalam kondisi iklim saat ini (Sub-bab 2.2) maupun dalam skenario perubahan iklim tengah abad (*mid-century*) 2045-2055 (Sub-bab 2.3).

### 2.1 PENYEDIAAN AIR MINUM

Sub-bab ini berisi penjelasan mengenai kondisi penyediaan air minum Kabupaten Mojokerto, termasuk gambaran umum tentang PDAM, aset alami yang diandalkan PDAM untuk air bakunya, dan aset terbangun dimana PDAM melakukan pengolahan, mengatur penyimpanan, dan mendistribusikan air olahannya kepada pelanggannya. Bahasan Sub-bab ini mengacu pada “Kajian Kerentanan Penyediaan Air Minum Kabupaten Mojokerto” yang disusun Universitas Brawijaya dengan dukungan IUWASH dan juga mengakomodasi hasil-hasil konsultasi pemangku kepentingan serta sumber-sumber data sekunder.

#### 2.1.1 Gambaran Umum PDAM Kabupaten Mojokerto

PDAM Kabupaten Mojokerto menyediakan pelayanan air bersih perpipaan bagi masyarakat Kabupaten Mojokerto, yang terdiri dari 18 kecamatan dengan sekitar 1,1 juta penduduk. Dengan luas sekitar 700 km<sup>2</sup>, wilayah kabupaten berbatasan dengan wilayah dataran rendah di Utara dengan wilayah Metropolitan Surabaya sampai di Selatan dengan wilayah hulu Gunung Arjuna. Berdasarkan peta, wilayah Kabupaten Mojokerto mengelilingi Kota Mojokerto, yang merupakan wilayah administrasi otonom. Dalam sepuluh tahun terakhir, populasi Kabupaten Mojokerto meningkat dengan rata-rata 1,2% per tahunnya, dengan pertumbuhan tertinggi terkonsentrasi di sekitar Kota Mojokerto. Ekonomi daerah Kabupaten Mojokerto didominasi oleh pertanian, walaupun sektor industri meningkat dalam lima tahun terakhir seiring dengan ekonomi yang tumbuh secara gradual. Walaupun demikian, tingkat kemiskinan merupakan masalah sosial yang menjadi perhatian kabupaten.



PDAM Kabupaten Mojokerto dibangun tahun 1980 dan merupakan penyedia air bersih perpipaan bagi masyarakatnya. Tabel 2 di bawah memperlihatkan gambaran utama PDAM dan daerah pelayanannya dalam tiga tahun terakhir berdasarkan data audit.

**Tabel 2: Profil PDAM Djoebel Tirta Kabupaten Mojokerto**

	Karakteristik	2012	2011	2010
Pelanggan	Jumlah Pelanggan	15.467	13.286	12.117 (data Business Plan-BP)
	Cakupan di wilayah pelayanan	9.36%	na	na
Teknis	Total Produksi Air	3.609.660 m <sup>3</sup>	3.323.996 m <sup>3</sup>	3.240.362 m <sup>3</sup>
	Total Air Terjual	2.832.620 m <sup>3</sup>	2.567.327 m <sup>3</sup>	2.323.125 m <sup>3</sup>
	Tingkat Kehilangan Air (NRW)	777.040 m <sup>3</sup> (21,53%)	756.669 m <sup>3</sup> (22,76%)	917.737 m <sup>3</sup> (28,31%)
	Jumlah staf	84 (BP)	83	83
Keuangan	Tarif Rata-rata	Rp. 2.245 /m <sup>3</sup> (BP)	Rp. 1.798,99/m <sup>3</sup>	Rp 1.594,09/m <sup>3</sup>
	% Cost Recovery	Na	83%	77%
	Tarif Cost recovery	Na	Rp. 2.165,69	Rp. 2.065,87
	Total Nilai Aset	16.810	14.914	11.886

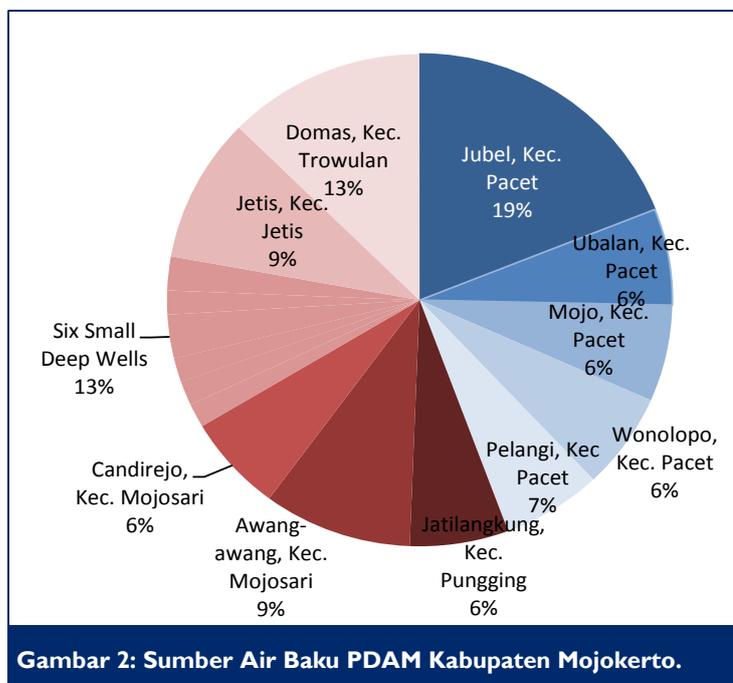
### 2.1.2 Aset-aset Alami PDAM

Aset alami PDAM mencakup semua sumber air baku, termasuk akuifer dan sistem air tanah yang menjadi sumber mata air dan sumur bor dalam serta air permukaan seperti sungai dan danau. Secara garis besar, semua daerah tangkapan air tempat semua sumber daya air berada dapat juga dilihat sebagai aset alami PDAM, mengingat bahwa kondisi daerah tangkapan air sangat mempengaruhi kondisi sumber air-sumber air tersebut.

#### Sumber air baku. PDAM

Kabupaten Mojokerto memanfaatkan air bakunya dari mata air dan sumur bor dalam. Gambar 1 dan juga peta (Gambar 2) memperlihatkan sumber air-sumber air baku utama yang digunakan PDAM dan lokasi spasialnya dalam daerah tangkapan air. Semua sumber air-sumber air baku yang digunakan PDAM Kabupaten Mojokerto berlokasi di wilayah Kabupaten Mojokerto, sehingga memudahkan dalam pengelolaannya.

Seperti terlihat dalam diagram pie, PDAM Kabupaten Mojokerto menggunakan beragam mata air dan sumur bor dalam untuk memenuhi kebutuhan air bersih penduduknya, termasuk lima (5) mata air dan sebelas (11) sumur bor dalam



**Gambar 2: Sumber Air Baku PDAM Kabupaten Mojokerto.**



**Gambar 3: Mata Air Jubel.**

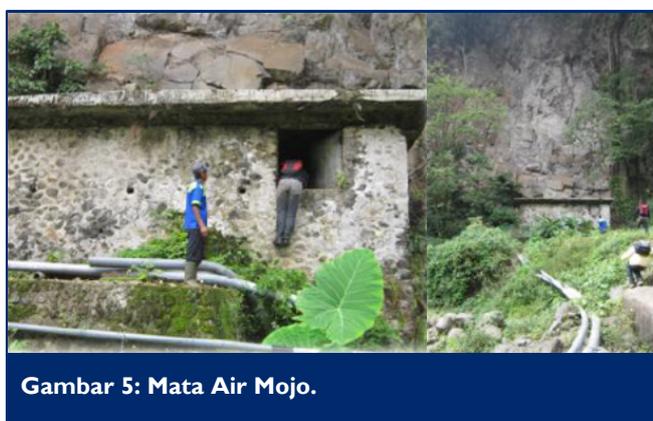
(tergambar dalam arsiran warna merah). Penting untuk dicatat bahwa diagram pie tersebut memperlihatkan kapasitas terpasang pada masing-masing jenis sumber, namun bukan merupakan kapasitas mata air atau air tanah. Kapasitas terpasang total dari sumber air-sumber air tersebut sekitar 160 lt/dt dengan kapasitas produksi total sebesar sekitar 130 lt/dt.

Karakteristik utama sumber air-sumber air alami tersebut adalah sebagai berikut:

- **Mata Air Jubel** merupakan mata air yang paling lama dan paling besar digunakan sebagai sumber air baku, dengan kapasitas terpasang 30 lt/dt. Dibangun pada tahun 1929, sumber air ini terletak di Kecamatan Trawas dan melayani wilayah Gondang, Jatirejo, Trowulan, dan Sooko di bagian barat daerah pelayanannya serta Kutorejo, Mojosari, dan Pungging di bagian selatannya. Debit mata air ini memperlihatkan adanya penurunan, yaitu berkurang dari 40 lt/dt pada jaman kolonial dan sekarang hanya berkisar antara 18 lt/dt sampai 20 lt/dt. Walaupun sebab pasti dari penurunan debit ini belum diketahui, namun kajian dasar yang dilakukan Universitas Brawijaya menguraikan bahwa terjadi kegiatan penebangan pohon di hulu mata air pada tahun 2001. Di tahun 2005, debitnya mengalami penurunan menjadi sekitar 30 lt/dt atau turun sekitar 10 lt/dt dalam 8 tahun terakhir. Penurunan yang terus menerus ini menjadi perhatian PDAM dimana aset-aset terbangun menjadi tidak maksimal digunakan, karena debit mata air turun di bawah kapasitas terpasang instalasi bangunan sadap.
- **Mata Air Ubalan** berlokasi di Pacet dan memasok 10 lt/dt bagi PDAM. Bangunan sadap mata air ini dibangun tahun 1974 dan PDAM mulai menggunakannya di tahun 1990. Selain menjadi sumber air baku bagi PDAM, mata air ini juga merupakan objek pariwisata (kolam renang dan wisata alam) dan juga sumber air berbasis masyarakat (HIPPAM). Mata air ini melayani pelanggan PDAM di Kecamatan-kecamatan Pacet, Gondang, Jatirejo, Trowulan, dan Sooko.
- **Mata Air Coban Pelangi** berlokasi di Pacet dengan kapasitas 10 lt/dt yang digunakan PDAM. Dibangun pada tahun 1990, bangunan sadap mata air direhabilitasi pada tahun 2004 setelah mengalami kerusakan akibat banjir besar di wilayah tersebut. Juga terdapat reservoir dan pengukur debit V-notch di dalamnya untuk mengukur debit, dimana saat ini pengukuran memperlihatkan 24 lt/dt. Topografi di sekitar mata air cukup curam seperti terlihat pada gambar reservoir di atas, yang terletak pada daerah tebing. Dalam survey lapangannya Tim Universitas Brawijaya juga mencatat adanya kebocoran pipa yang diperkirakan karena umur dari pipa-pipa tersebut. Air Coban Pelangi digunakan untuk melayani masyarakat Pacet, Gondang, Jatirejo, Trowulan, Sooko, Kutorejo, Dlangu, dan Mojosari.
- **Mata Air Mojo** berlokasi sekitar 800 m di bawah Coban Pelang Kecamatan Pacet. Dibangun pada tahun 1974, mata air ini menyediakan sekitar 10 lt/dt air baku bagi PDAM untuk selanjutnya melayani pelanggan di Pacet. Mata air ini terletak tidak jauh dari bendung yang digunakan untuk irigasi dan juga berdekatan dengan beberapa mata air yang lebih kecil yang digunakan masyarakat. Pipa transmisi mata air Mojo menghadapi masalah kebocoran yang sulit dikendalikan.

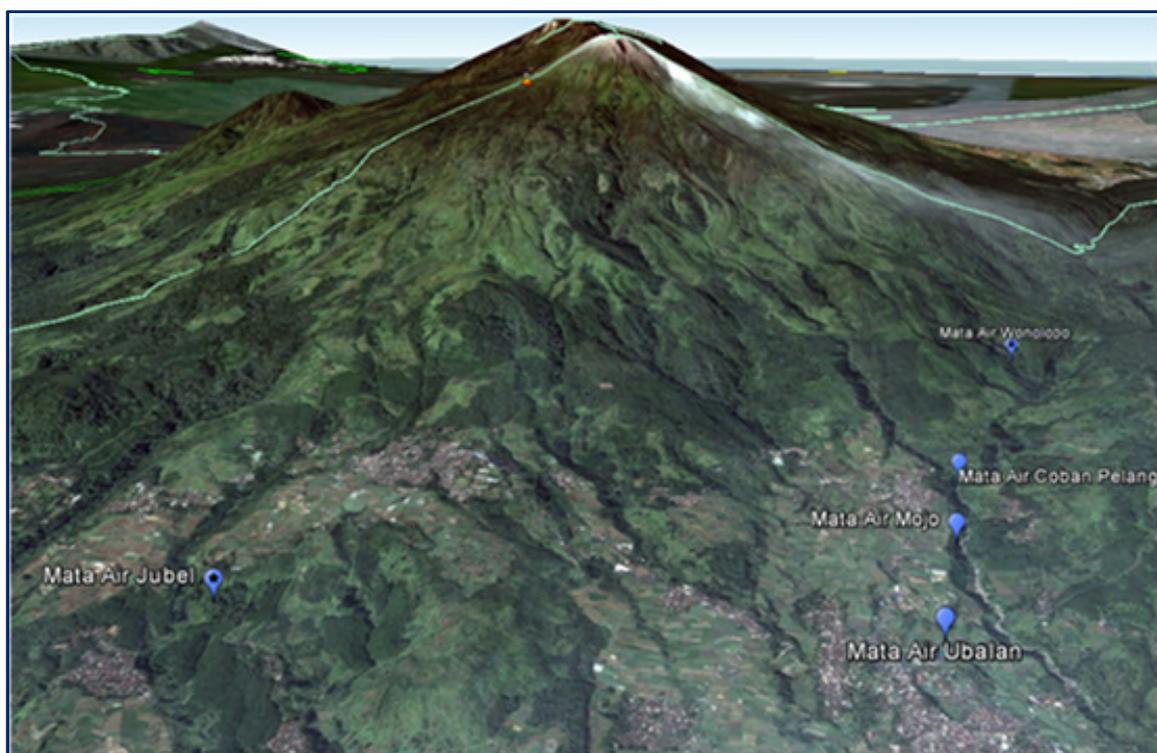


Gambar 4: Mata Air Coban Pelangi.



Gambar 5: Mata Air Mojo.

- **Mata Air Wonolopo** terletak pada punggung gunung yang berada pada hutan negara di bagian selatan Kecamatan Pacet. Debit total mata air adalah 45 lt/dt, dimana angka ini berkurang pada saat musim kemarau. Air dari mata air ini digunakan oleh PDAM dan HIPPAM untuk wilayah Wonolopo. Dengan mempertimbangkan bahwa debit mata air tidak tergunakan sepenuhnya dengan kapasitas terpasang 10 lt/dt, PDAM saat ini sedang mempertimbangkan untuk memasang pipa baru/tambahan untuk melayani wilayah Mojokerto lainnya.
- **Mata Air Dlundung** secara dikelola PDAM untuk melayani masyarakat Kecamatan Trawas yang merupakan lahan yang menjadi kewenangan Kementerian Kehutanan. Dengan debit sekitar 20 lt/dt, mata air ini memenuhi kebutuhan berbagai penggunaan, termasuk PDAM, sistem penyediaan air berbasis masyarakat HIPPAM, serta juga untuk keperluan irigasi. Pengelolaan daerah tangkapan airnya telah beralih beberapa kali antara HIPPAM dan PDAM, dan saat ini dikelola oleh HIPPAM.



**Gambar 6: Lima Mata Air yang Digunakan PDAM Mojokerto**

Lima mata air yang berada di punggung Gunung Welirang digunakan sebagai sumber air baku PDAM Kabupaten Mojokerto. Mata air Jubel (kiri bawah) dan mata air Wonolopo (kanan atas) menjadi bahasan pemangku kepentingan dalam kegiatan penilaian risiko aset. (Map View: Google Earth©)

Sumur dalam juga merupakan sumber air baku utama PDAM. Tabel 3 di bawah memperlihatkan 11 sumur bor dalam yang digunakan PDAM untuk melayani pelanggan Kabupaten Mojokerto. Secara umum ketersediaan dan kualitasnya cukup baik. Berdasarkan studi yang dilakukan Universitas Brawijaya, misalnya, beberapa contoh/sampel diambil dari beberapa lokasi dan diperiksa. Kualitasnya ternyata dapat digolongkan sebagai “air minum” dimana parameter-parameternya lebih baik daripada persyaratan yang ditetapkan Permenkes No. 416/1990. Air tanah dalam di bagian utara kabupaten (termasuk Jetis, Kemlagi, Banyulegi, dan Pulorejo) memperlihatkan kadar TDS (*total dissolved solids*) yang lebih tinggi dibandingkan daerah selatannya. Demikian pula halnya dengan kadar magnesium dan kesadahan dengan kadar yang sedikit lebih tinggi. Namun demikian, keseluruhan parameter-parameter tersebut masih memenuhi persyaratan Permenkes tersebut.

Mengenai stabilitas keseluruhan dari sumber air-sumber air tersebut, besaran debitnya memperlihatkan adanya penurunan pada tiga dari lima mata air yang digunakan PDAM (Jubel, Ubalan, dan Mojo). Demikian juga kondisi pada enam dari sebelas sumur bor dalam yang dimanfaatkan PDAM (Jatilangkung, Awang-awang, Kemlagi, Dawar Blandong I, Jetis, dan Domas).

**Tabel 3: Sumur Dalam di Kabupaten Mojokerto**

Lokasi	Tahun dibangun	Kapasitas (lt/dt)		Debit Sumber (lt/dt)	
		Terpasang	Produksi	Tahun dibangun	2009
Jatilangkung, Desa Jatilangkung, Kec. Pungging	1984	10	10	15	10
Awang-awang, Ds. Awang-awang, Kec. Mojosari	1984	15	15	20	15
Candirejo, Kec. Mojosari	-	10	-	-	-
Puri, Desa Puri, Kec. Puri	1984	2,5	2,5	2,5	2,5
Ngoro, Desa Ngoro, Kec. Ngoro	1984	2,5	2,5	2,5	2,5
Bangsalsari, Kec. Bangsal	1984	2,5	2,5	2,5	2,5
Kemlagi, Desa Mojodadi, Kec. Kemlagi	1997	4,5	4,5	7,5	4,5
Dawar Blandong I, Desa Pulorejo, Kec. Dawar Blandong	1984	2,5	1,5	2,5	1,5
Dawar Blandong II, Desa Banyulegi, Kec. Dawar Blandong	1994	3,5	3,5	3,5	3,5
Jetis, Ds. Canggal, Kec. Jetis	1994	15	10	15	7,5
Domas, Desa Domas, Kec. Trowulan	2004	20	10	20	10

**Daerah tangkapan di sekitar sumber air.** Produktifitas dan keberlanjutan sumber air-sumber air baku PDAM terkait erat dengan karakteristik daerah tangkapan air di sekitarnya. Dalam kaitan ini, wilayah Kabupaten Mojokerto hampir seluruhnya terletak dalam wilayah Sungai Brantas, yang melintasi 14 kabupaten dan kota di Jawa Timur. Terkait dengan aset-aset alami tersebut di atas, enam di antaranya berada dalam wilayah Sungai Brantas dan menjadi perhatian dalam bahasan ini, yakni: Brangkal, Ketintang, Bangsal, Ngastemi, Gembolo, dan Janjing (lihat **Lampiran 2** untuk peta wilayah sungai terkait). Wilayah Brangkal merupakan yang terbesar, dengan cakupan 310 km<sup>2</sup> dari luas Kabupaten Mojokerto.

Secara umum, tata guna lahan di Kabupaten Mojokerto dapat dibagi ke dalam tiga jenis: sawah padi, hutan-kebun (termasuk tanaman pangan dan produk hutan), dan lahan non-pertanian (termasuk perumahan, daerah komersial, daerah industri, dan hutan lindung). Luas lahan pertanian (padi) relatif tetap, namun jenis lahan pertanian lainnya cenderung berkurang, sementara populasi terus meningkat dan beberapa industri tumbuh di wilayah kabupaten. **Lampiran 3** menampilkan peta penggunaan lahan di wilayah kabupaten.

### 2.1.3 Aset-aset Fisik/Terbangun PDAM

Aset-aset fisik atau terbangun PDAM mencakup bangunan sadap (intake), jaringan pipa transmisi, bak penampung/reservoir, dan jaringan pipa distribusi. Aset-aset terbangun ini berfungsi untuk memperoleh air baku dari aset-aset alami, kemudian mengolahnya dan menyalurkannya ke pelanggan PDAM. Tabel berikut menyajikan ringkasan aset-aset terbangun utama PDAM yang menyalurkan sebagian besar air olahan serta memiliki nilai aset terbesar:

Tabel 4: Aset-aset Terbangun PDAM Kabupaten Mojokerto

No	Kategori Aset	Lokasi	Keterangan Teknis	Nilai pada saat Serah Terima (Rp; 2012)	Akumulasi Penyusutan (Rp; 2012)	Nilai Buku (Rp; 2012)
I	Tanah	Kantor, lokasi intake, lokasi tandon,	Termasuk yang untuk tandon	188,256,509	0	188,256,509
II	Intake/ Bangunan Sadap	Wonolopo, Coban Pelangi, Mojosari, IKK Bangsal, IKK Kemlagi, IKK Ngoro, IKK Puri, IKK Trowulan, fasilitas pada Banyulegi, Kembang Belor di Pacet	Di mata air: bangunan penangkap air	1,371,100,199	279,064,782	1,092,035,417
III	Pompa & rumah pompa	Wonolopo, Coban Pelangi, Mojosari, IKK Bangsal, IKK Kemlagi, IKK Ngoro, IKK Puri, IKK Trowulan	Generator, klorinator, hidrofor, stasiun panel listrik	2,124,681,600	903,434,981	1,221,246,619
IV	IPAM	Banyulegi, Kembang Belor di Pacet		58,381,500	51,835,367	6,546,133
V	Transmisi / distribusi	Di seluruh daerah pelayanan PDAM	Perpipaan, katup, dan aksesoris perpipaan	14,889,279,105	7,092,289,445	7,796,989,660
VI	Sambungan Rumah	Di seluruh daerah pelayanan PDAM	Pipa/meter air ukuran 1/2-3/4"	4,311,505,078	2,458,099,767	1,853,405,311
VII	Aset-aset umum		Kendaraan, bangunan, peralatan, perabotan, dll.	1,841,815,675	1,250,895,144	590,920,531
	<b>Total</b>			<b>24,785,019,666</b>	<b>12,035,619,485</b>	<b>12,749,400,181</b>

Beberapa karakteristik penting aset-aset terbangun PDAM Kabupaten Mojokerto:

- Dengan memperhatikan luas wilayah kabupaten, jaringan distribusi PDAM menjangkau daerah-daerah berbukit. Oleh karenanya, merupakan tantangan bagi PDAM untuk mengendalikan kebocoran (fisik) dan memeriksa jaringan tersebut, terutama setelah terjadi hujan besar yang dapat berakibat pada perubahan posisi jaringan pipa.
- Mengingat PDAM menggunakan air baku dari mata air dan air tanah dalam dengan kualitas yang baik, PDAM memerlukan pengolahan minimal, sehingga biaya pengolahan relatif rendah.
- PDAM menghadapi persoalan umum di Indonesia berupa umur infrastruktur. Beberapa unit/bangunan sadap mata air dan jaringan pipa distribusi, misalnya, dibangun selama pemerintah kolonial Belanda, sehingga perlu dana investasi untuk penggantian/rehabilitasi aset-aset tersebut. Disamping itu, umur infrastruktur tersebut menyebabkannya rentan terhadap kejadian badai yang hebat yang menimbulkan banjir dan longsor.

Lampiran 4 menyajikan peta yang menggambarkan skema aset-aset terbangun PDAM, termasuk lokasi jaringan pipa distribusi.

#### 2.1.4 Sistem Pemantauan Aset

Salah satu aspek penting dalam penyediaan air bersih adalah pemantauan berkala atas aset-aset alami dan aset terbangun PDAM. Untuk aset-aset alami, sangat penting diperhatikan untuk mengetahui kondisi sumber air baku dan karakteristik hidrologis wilayah daerah tangkapan sekitarnya. Untuk itu, PDAM perlu memiliki akses terhadap data-data hidrogeologis seperti data presipitasi (hujan), muka

air tanah, debit mata air, debit air permukaan, serta data tentang pengguna air lainnya yang dapat mempengaruhi/mengurangi ketersediaan air (baku) yang diperlukan PDAM. Idealnya, data hidro-meteorologis (hidro-met) untuk lokasi-lokasi utama yang berkaitan dengan PDAM dicatat harian (tidak perlu data jam-jaman), sehingga akan membantu PDAM untuk memahami bagaimana daerah tangkapan air merespon kejadian/perubahan cuaca.

Demikian pula halnya dengan aset-aset terbangun; penting untuk mengetahui kondisi aset-aset tersebut, sisa umur teknisnya, dan perkiraan biaya penggantinya. Tidak adanya data-data ini dapat menjadi masalah dalam pengelolaannya dan PDAM akan kesulitan untuk merencanakan pembiayaan penggantian/peremajaan aset-aset tersebut.

Tabel 5 berikut merangkum data pemantauan aset alami utama, termasuk stasiun dan sistem yang ada di lapangan untuk mendapatkan data-data tersebut.

**Tabel 5: Sistem Pemantauan Aset Alami**

<b>Topik</b>	<b>Sistem/Peralatan</b>	<b>Jenis Data</b>	<b>Data Historis</b>
Presipitasi	15-18 stasiun hujan dioperasikan BMKG	Data hujan harian yang dicatat secara manual	- Sejak tahun 1990an pada sebagian besar stasiun pengamatan - Stasiun yang beroperasi paling lama: Pacet (1890)
Temperatur	15-18 stasiun dioperasikan BMKG	Data harian: angka tertinggi, terendah, dan rata-rata	- Sejak tahun 1990an pada sebagian besar stasiun pengamatan - Stasiun yang beroperasi paling lama: Pacet (1890)
Debit Air Permukaan	Tidak ada stasiun pencatat yang terdokumentasikan kajian Universitas Brawijaya	Tidak ada data debit sungai yang diperoleh untuk daerah studi	- Tidak ada data historis yang diperoleh untuk daerah studi
Debit Mata Air	Flow meter di 3 dari 5 mata air yang digunakan PDAM	Debit (liter per detik) yang dicatat secara manual; dicatat sekali dalam sehari	- Data historis terbatas dimana meter air di Jubel, Ubalan, dan Mojo dipasang tahun 2013
Debit Sumur Bor (Akuifer)	Tidak ada flow meter di 11 sumur dalam yang digunakan PDAM	Tidak ada data jam-jaman yang tercatat pada sumur dalam	- Tidak tersedia. Debit sumur dilakukan hanya dicatat sesekali.

Berdasarkan hal tersebut di atas, data hidrogeologi dan meteorologi yang ada di Kabupaten Mojokerto adalah terbatas, sehingga sangat sulit untuk mengembangkan model prediktif yang akurat tentang bagaimana debit air permukaan dan tingkat imbuhan dapat berubah di masa mendatang berdasarkan perubahan tata guna lahan, perubahan iklim, atau, lebih mungkin karena kedua faktor tersebut yang terjadi secara bersamaan. Tim Universitas Brawijaya membuat analisis hidrograf dan menghitung koefisien *run-off* untuk 6 sungai berdasarkan analisis empiris yang melihat data-data topografi, daerah tangkapan, panjang aliran sungai, tata guna lahan di setiap daerah tangkapan air, dan curah hujan. Bahasan tentang ini diuraikan dalam Bab 4 dokumen Kajian Kerentanan.

Dalam hal kualitas air, Tim Universitas Brawijaya tidak memperlihatkan bahwa sumber air diperiksa secara berkala oleh PDAM atau pemerintah. Untuk itu, Tim melakukan pengambilan sampel berikut analisisnya yang diuraikan dalam Bab 4.4 dokumen Kajian Kerentanan.

Mengenai sistem pencatatan aset-aset terbangun, PDAM Kabupaten Mojokerto belum menggunakan sistem informasi geografis (SIG) untuk menggambarkan dan mencatat lokasi aset-asetnya termasuk karakteristik-karakteristik utama aset-aset tersebut (seperti data pemeliharaan, kerusakan, tahun dibangun, dan data lainnya). Data-data tersebut hanya dicatat dalam format *spreadsheet*.

## 2.2 KAJIAN KERENTANAN PENYEDIAAN AIR MINUM: SKENARIO DASAR (BASELINE SCENARIO)

Dengan menggunakan data bahaya historis dan saat ini yang diperoleh selama pengumpulan data, tahapan akhir dalam kerangka VAAP adalah pengembangan kajian kerentanan untuk skenario dasar yang memperkirakan tingkat risiko atas aset-aset alami dan terbangun PDAM pada *iklim saat ini*. Aset-aset PDAM menghadapi ancaman dari bahaya yang ada saat ini, termasuk banjir, kekeringan, longsor, dan kenaikan muka air laut. Bahaya-bahaya ini merupakan rujukan penting untuk memahami bagaimana perubahan pada iklim dapat mengubah tingkat bahaya-bahaya tersebut di tahun-tahun mendatang.

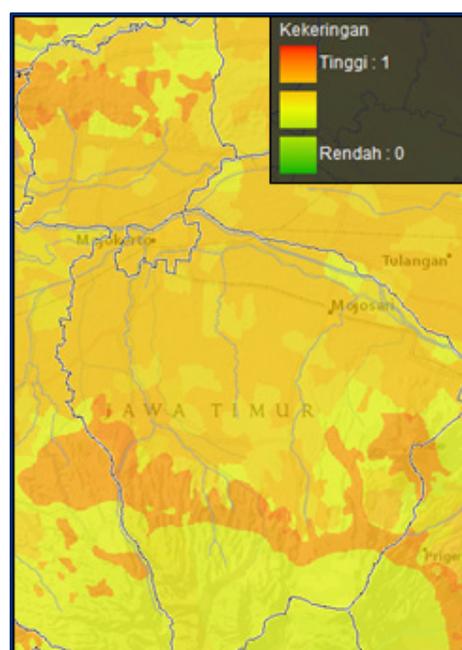
Rujukan penting dalam pengembangan skenario dasar meliputi: (1) Kajian Kerentanan Penyediaan Air Minum Kabupaten Mojokerto (juga disebut Kajian Dasar) yang disusun Universitas Brawijaya, (2) analisis Matriks Risiko Aset (MRA) yang dikembangkan bersama oleh para pihak dalam lokakarya di bulan Juli 2013, dan (3) diskusi-diskusi dengan PDAM dan SKPD terkait. Dalam menyusun MRA, selama dua hari peserta lokakarya mengkaji kerentanan empat subsistem PDAM, yaitu: mata air Jubel dan Wonolopo dan sumur dalam Banyulegi dan Kemlagi.

### 2.2.1 Skenario Dasar: Aset Alami

Terdapat dua risiko utama pada aset alami PDAM Kabupaten Mojokerto: kuantitas dan kualitas. Untuk mata air seperti Mata Air Jubel, misalnya, risiko yang ada adalah kurangnya kuantitas air dan/atau kualitas yang menurun karena pencemar dari luar (akuifer). Selanjutnya, risiko-risiko spesifik ini dapat terjadi sebagai akibat dari satu atau lebih bahaya, termasuk kekeringan (kelangkaan air), banjir, longsor, dan kenaikan muka air laut. Berdasarkan kajian kerentanan dan matriks risiko aset yang disusun pemangku kepentingan, berikut ini adalah tingkat kerentanan yang teridentifikasi dalam konteks saat ini untuk sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Kabupaten Mojokerto:

- **Kekeringan/Kelangkaan Air.** Berdasarkan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), risiko kelangkaan air karena kekeringan adalah **sedang**. Pada Gambar 7 terlihat bahwa lokasi-lokasi dengan risiko tertinggi berada pada tengah wilayah punggung gunung di bagian selatan dan dataran rendah bagian utara Mojokerto. Walaupun terdapat beberapa sumber air baku, namun kepadatan populasi di bagian utara Kabupaten Mojokerto juga tinggi, sehingga tingkat kebutuhan airnya tinggi dengan sumber-sumber yang terbatas tersebut.

Nilai skor dalam MRA yang diperoleh dalam lokakarya menekankan adanya risiko kelangkaan air. Mata air Jubel dan SBD Mojodadi teridentifikasi, misalnya, memiliki risiko sedang dalam hal kelangkaan air. Mata Air Jubel merupakan sumber penting mengingat mata air ini merupakan sumber air baku utama bagi PDAM,



Gambar 7: Risiko Kekeringan di Kabupaten Mojokerto.

sementara debitnya mengalami penurunan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu penyebab dari penurunan ini adalah perubahan tata guna lahan di bagian hulu daerah tangkapan airnya, sehingga menurunkan tingkat imbuhan dan, pada akhirnya, mata air-mata air yang ada di sekitarnya. Mata air Wonolopo juga memiliki risiko kelangkaan air.

- **Banjir.** Berdasarkan BNPB, risiko banjir atas aset alami PDAM adalah **rendah** di sebagian besar wilayah kabupaten, kecuali di daerah dengan elevasi lebih rendah di sekitar Kota Mojokerto. Risiko yang lebih besar adalah atas aset-aset terbangun daripada atas kualitas atau kuantitas aset-aset alami. Mengingat bahwa PDAM mengandalkan pada air tanah, peningkatan kekeruhan (turbiditas) air permukaan dalam keadaan banjir tidak akan mempengaruhi kemampuan PDAM untuk menyediakan air bersih bagi pelanggannya.
- **Longsor.** Risiko longsor atas kuantitas dan kualitas aset-aset alami pada skenario dasar juga **rendah** dengan mempertimbangkan bahwa kejadian longsor kecil kemungkinannya akan mengurangi kuantitas debit mata air dan sumur dalam. Longsor juga tidak akan mempengaruhi kualitas air tanah yang digunakan sebagai sumber air oleh PDAM.
- **Kenaikan Muka Air Laut.** Risiko kenaikan muka air laut atas kuantitas dan kualitas aset-aset alami PDAM adalah **rendah**. Air laut kecil sekali kemungkinannya untuk mencemari sumur dalam-sumur dalam yang digunakan PDAM dengan melihat bahwa wilayah dataran rendah kabupaten berada 40 km dari laut.

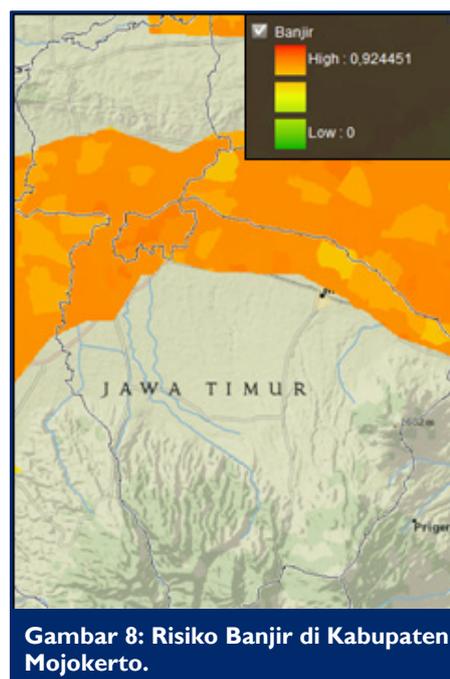
Seperti diuraikan dalam risiko kekeringan/kelangkaan air, perubahan tata guna lahan di hulu daerah tangkapan air dapat menyebabkan kelangkaan air dan juga banjir serta longsor, **walaupun tanpa memperhitungkan perubahan iklim**. Untuk itu, adalah sangat penting untuk menjaga tingkat resapan air yang memadai untuk imbuhan (*recharge*) bagi akuifer, tanpa melihat perubahan iklim di masa mendatang.

Akhirnya, seperti diuraikan dalam sub-bab 2.1.4 PDAM tidak memiliki sistem pemantauan yang sistematis untuk pengukuran kedalaman air tanah dan debit mata air. Oleh karenanya, walaupun persepsi pada saat kajian (kerentanan) dilakukan bahwa mata air-mata air utama memiliki debit yang mencukupi dalam jangka pendek, PDAM tidak memiliki sistem untuk melihat kecenderungan/tren untuk jangka waktu yang lebih panjang. Analisis data-data ini secara berkala dan juga kondisi aset-aset alami PDAM akan membantu manajemen PDAM untuk merencanakan kebutuhan yang akan datang dan memberi informasi mendesak bagi pemerintah daerah tentang kapan sumber air baku akan berkurang dan langkah penting untuk mengantisipasinya.

## 2.2.2 Skenario Dasar: Aset Fisik

Risiko utama atas aset terbangun PDAM adalah kerusakan fisik atas aset/infrastruktur PDAM. Banjir, misalnya, dapat merusak bangunan pengolahan air atau bangunan sadap dapat tertimbun akibat longsor, sehingga akan memerlukan biaya yang besar untuk rehabilitasi dan perbaikan. Selain itu, kekeringan dapat memicu masyarakat sekitar aset/infrastruktur PDAM untuk merusak jaringan pipa PDAM untuk memenuhi kebutuhan airnya. Berdasarkan kajian kerentanan dan MRA, berikut ini adalah kerentanan yang teridentifikasi berdasarkan konteks saat ini atas aset terbangun PDAM yang melayani empat wilayah/unit:

- **Kekeringan/Kelangkaan air:** Tingkat risiko akibat kekeringan atas infrastruktur PDAM relatif **rendah**. Dalam keadaan kekeringan, masyarakat cenderung akan



mencari air dari mata air atau air tanah/sumur mengingat ketersediaannya yang banyak. Disamping itu, PDAM Kabupaten Mojokerto belum mengalami kerusakan atas infrastrukturnya pada saat menghadapi musim kemarau panjang/kekeringan.

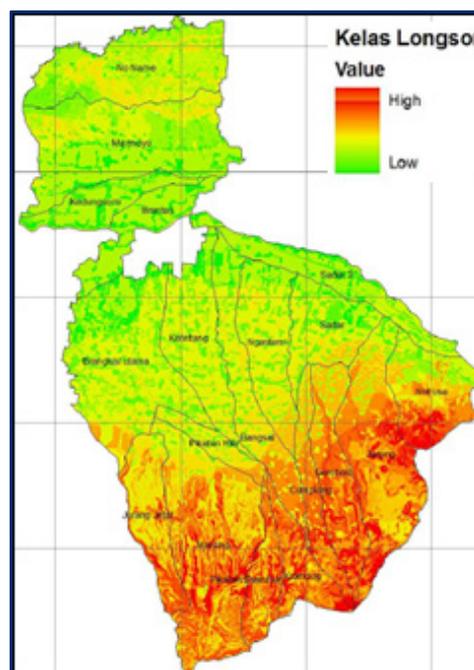
- **Banjir:** Mengingat elevasi yang lebih tinggi pada daerah selatan kabupaten, banjir akan terlokalisasi di bagian tengah kabupaten. Berdasarkan BNPB, daerah ini memiliki tingkat risiko **sedang sampai tinggi** atas bahaya banjir. Unit penyadapan SBD Jetis Permai berlokasi pada wilayah banjir ini, sementara lokasi SBD Mojodadi dan SBD Kauman berada di sekitarnya.

Di wilayah hulu daerah tangkapan air, jaringan pipa transmisi sepanjang Kali Kromong mulai dari Mata Air Wonolopo ke Mata Air Pelangi sampai Mata Air Mojo memiliki tingkat **risiko tinggi** atas kerusakan yang bisa ditimbulkan dari banjir bandang. Hal ini terkonfirmasi pada lokakarya pemangku kepentingan dimana peserta mengidentifikasi bahwa jaringan pipa transmisi sistem Wonolopo memiliki risiko atas banjir.



**Gambar 9: Pipa Transmisi dari Mata Air Pelangi.**

Pipa transmisi dari Mata Air Pelangi berlokasi di bantaran Sungai Kromong dan pernah terseret banjir beberapa kali dalam sepuluh tahun terakhir.



**Gambar 10: Risiko longsor di Kabupaten Mojokerto.**

- **Longsor:** Kombinasi antara topografi yang curam di wilayah selatan kabupaten (lihat Gambar 10) dan aset-aset terbangun yang berkelompok di sana, sangat jelas bahwa risiko atas longsor adalah **tinggi** untuk beberapa aset tersebut. Gambar 9 di atas, misalnya, memperlihatkan pipa yang tergantung pada sisi Sungai Kromong yang sangat rentan terhadap longsor. Selanjutnya, berdasarkan pengamatan lapangan Tim Universitas Brawijaya, terdapat sekurang-kurangnya empat lokasi dimana terdapat ancaman longsor yang dapat merusak jaringan pipa yang berasal dari mata air Coban Pelangi.
- **Kenaikan Muka Air Laut:** Risiko atas bahaya ini atas aset fisik PDAM relatif **tidak ada sampai rendah** untuk konteks iklim saat ini mengingat jaraknya ke laut yang cukup jauh.

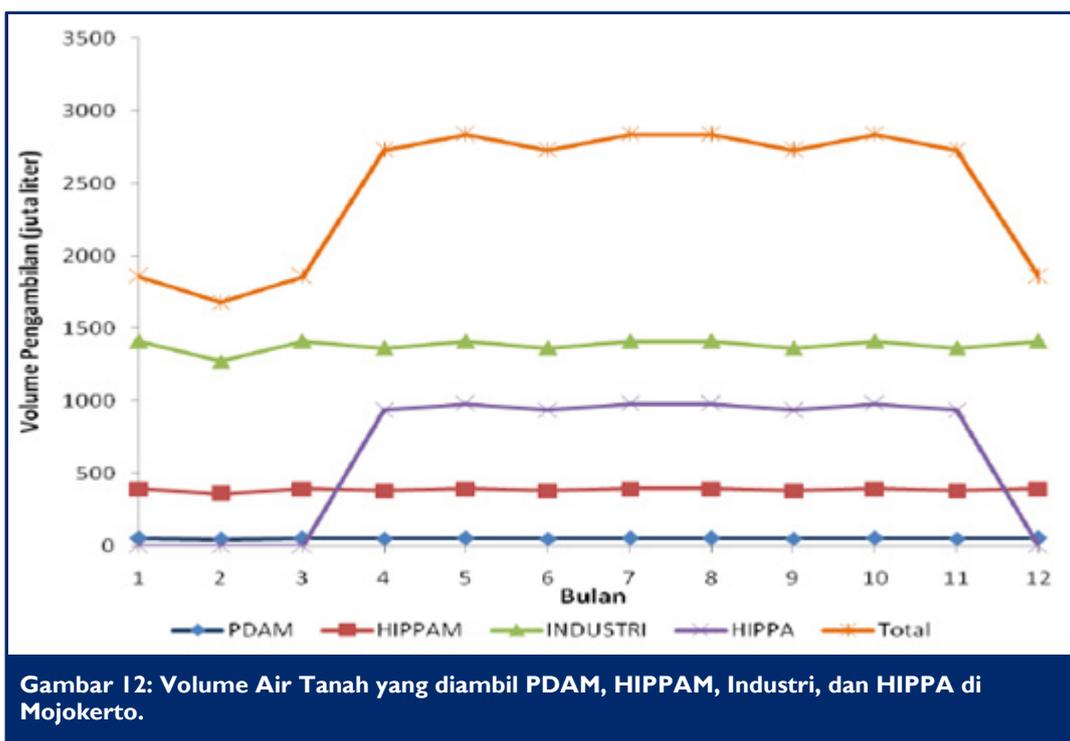
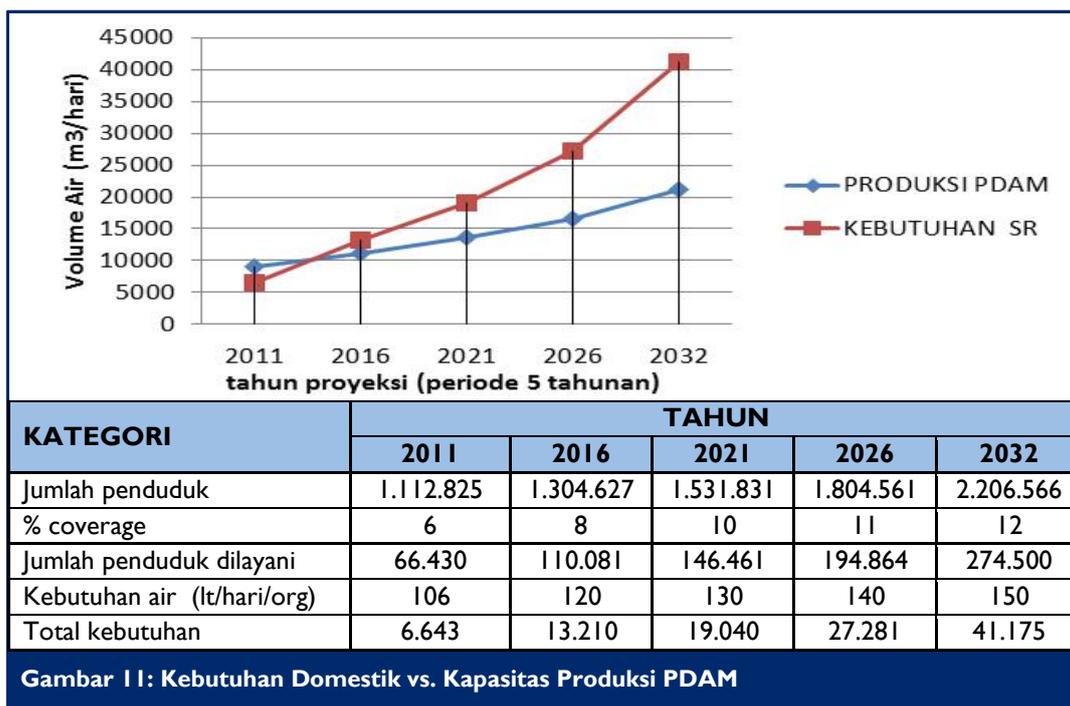
Sebagai ringkasan, tingkat bahaya atau risiko atas aset-aset PDAM berupa bangunan sadap, pengolahan, dan tandon untuk skenario dasar berbeda/bervariasi dimana hal ini terkait dengan lokasi masing-masing jaringan transmisinya. Berdasarkan hasil kajian Universitas Brawijaya dan konsultasi pemangku kepentingan, teridentifikasi bahwa aset-aset yang berlokasi sepanjang Sungai Kromong menghadapi dua bahaya sekaligus, yakni banjir dan longsor, sehingga perlu mendapat perhatian lebih dari PDAM untuk upaya-upaya penanggulangan/mitigasi bencananya. Lihat ringkasan lokakarya tentang bahasan MRA pada Gambar 15 dan hasil lengkapnya pada **Lampiran 6**.

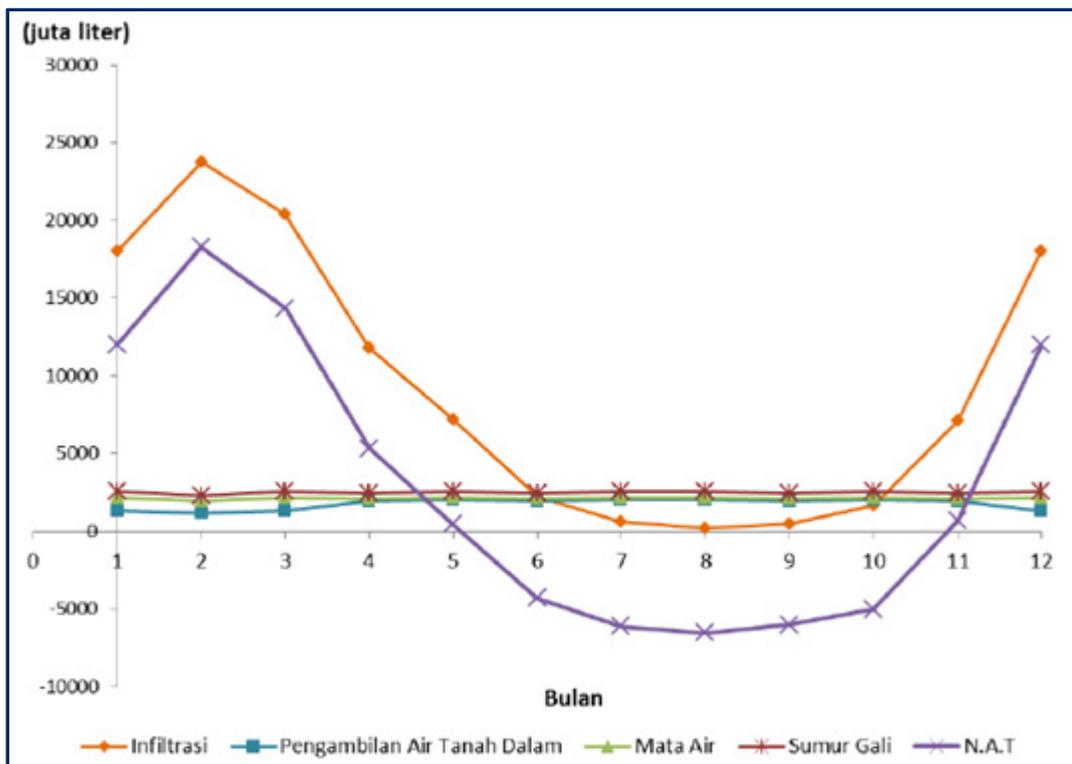
### 2.2.3 Skenario Dasar: Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air (*Supply and Demand*)

Untuk memahami dinamika kebutuhan dan pasokan (*supply* dan *demand*), Tim Universitas Brawijaya telah menyusun model/prediksi sampai tahun 2032. Tim berasumsi bahwa cakupan dapat terus meningkat sebesar 12% populasi sampai tahun 2032 dengan pemakaian air sebesar 150 lt/orang/hari. Hal-hal penting dari analisis *supply* dan *demand* ini adalah:

- Hambatan utama saat ini dalam memenuhi kebutuhan masyarakat adalah kapasitas infrastruktur PDAM. Seperti terlihat pada Gambar 12, peningkatan kebutuhan pelanggan PDAM akan melampaui kapasitas produksi PDAM hanya dalam 1-2 tahun ke depan.
- Pendorong utama atas meningkatnya kebutuhan air untuk skenario ini adalah (1) **pertumbuhan penduduk kabupaten** dan (2) **akses yang lebih luas terhadap air perpipaan** (yang berarti bahwa pelanggan akan menggunakan air lebih banyak per harinya). Berdasarkan pertumbuhan ekonomi masyarakat setempat, penting untuk mempertimbangkan bagaimana kebutuhan dari sektor lainnya juga tumbuh, seperti industri pengguna air.
- Terkait dengan pertumbuhan ekonomi di Mojokerto bersama-sama dengan tantangan-tantangan terkait dengan pemantauan kuantitas dan kualitas aset-aset sumber air, adalah sulit untuk menghitung pasokan keseluruhan yang ada di kabupaten. Dan juga sulit untuk membedakan bagaimana aset-aset tersebut terbagi ke dalam berbagai jenis penggunaan di seluruh wilayah kabupaten, baik itu untuk kebutuhan domestik, industri, dan pertanian.

Walaupun dengan keterbatasan data yang ada, Tim Universitas Brawijaya berupaya melakukan evaluasi pola pasokan dan kebutuhan sumber air tanah yang digunakan PDAM. Gambar 13 di bawah, misalnya, memperlihatkan tingkat kebutuhan PDAM (didefinisikan sebagai liter air yang diambil dari akuifer) relatif rendah jika dibandingkan dengan kebutuhan industri dan sistem penyediaan air berbasis masyarakat. Juga, Gambar 14 memperlihatkan bahwa kesetimbangan air secara keseluruhan (*water balance*) untuk air tanah mengalami defisit selama bulan kemarau terkering dalam setahunnya. Metodologi yang digunakan Tim Universitas Brawijaya diuraikan dengan rinci pada Bab V.3 laporan Kajian Kerentanan. Tentu saja penting diingat bahwa perubahan tata guna lahan yang terus menerus dapat juga berdampak pada tingkat imbuhan, sehingga akan menyebabkan berkurangnya kapasitas air tanah yang tersedia pada dekade-dekade yang akan datang.





Gambar 13: Neraca Air Tanah di Mojokerto dalam 12 Bulan

**KAJIAN KERENTANAN DAN RENCANA ADAPTASI PENYEDIAAN AIR MINUM PDAM KABUPATEN MOJOKERTO  
LAPORAN RANGKUMAN**

NATURAL ASSETS		SUMMARY																
BASELINE SCENARIO	Category	MA Jubel			SD Bangulegi			MA Wonolopo			SD Kemlagi							
	Specific Risk	River	Spring	Well	River	Spring	Well	River	Spring	Well	River	Spring	Well					
	Drought	Water Quantity/Quality Risks	na	2.40	na	na	na	2.00	na	0.80	na	na	na	3.20				
	Flooding	Water Quantity/Quality Risks	na	0.20	na	na	na	1.20	na	0.60	na	na	na	0.20				
	Landslides	Water Quality Risks	na	0.20	na	na	na	0.20	na	3.20	na	na	na	1.60				
	Sea Level	Water Quality Risks	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na				
<b>Sub Total by Asset</b>		na	0.93	na	na	na	1.13	na	1.53	na	na	na	na					
Climate Change Scenario	Category	MA Jubel			SD Bangulegi			MA Wonolopo			SD Kemlagi							
	Specific Risk	River	Spring	Well	River	Spring	Well	River	Spring	Well	River	Spring	Well					
	Drought	Water Quantity/Quality Risks	na	4.00	na	na	na	0.60	na	0.20	na	na	na	5.00				
	Flooding	Water Quantity/Quality Risks	na	0.20	na	na	na	0.60	na	1.20	na	na	na	5.00				
	Landslides	Water Quality Risks	na	1.80	na	na	na	1.00	na	3.20	na	na	na	2.40				
	Sea Level	Water Quality Risks	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na				
<b>Sub Total by Asset</b>		na	2.00	na	na	na	na	na	1.53	na	na	na	na					
BUILT ASSETS		SUMMARY																
BASELINE SCENARIO	Category	MA Jubel				SD Bangulegi				MA Wonolopo				SD Kemlagi				
	Specific Risk	Intake	Transmis sion	Water Treatme nt	Storage Facilities	Intake	Transmis sion	Water Treatme nt	Storage Facilities	Intake	Transmis sion	Water Treatme nt	Storage Facilities	Intake	Transmis sion	Water Treatme nt	Storage Facilities	
	Drought	Physical Damages to Infrastructure	0.20	1.00	0.80	na	0.60	0.40	0.40	na	0.40	0.80	na	0.80	4.00	0.40	na	na
	Flooding	Physical Damages to Infrastructure	0.20	0.20	0.20	na	0.20	0.80	1.60	na	1.80	3.20	na	1.60	0.80	0.40	na	na
	Landslides	Physical Damages to Infrastructure	1.20	0.60	1.60	na	5.00	0.40	0.40	na	0.60	2.40	na	0.60	4.00	0.40	na	na
	Sea Level	Physical Damages to Infrastructure	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
<b>Sub Total by Asset</b>		0.53	0.60	0.87	na	1.93	0.53	0.80	na	0.93	2.13	na	1.00	2.93	0.40	na	na	
Climate Change Scenario	Category	MA Jubel				SD Bangulegi				MA Wonolopo				System 4				
	Specific Risk	Intake	Transmis sion	Water Treatme nt	Storage Facilities	Intake	Transmis sion	Water Treatme nt	Storage Facilities	Intake	Transmis sion	Water Treatme nt	Storage Facilities	Intake	Transmis sion	Water Treatme nt	Storage Facilities	
	Drought	Physical Damages to Infrastructure	0.20	0.40	0.60	na	3.20	0.20	0.20	na	0.80	0.80	na	0.80	4.00	0.80	na	na
	Flooding	Physical Damages to Infrastructure	0.40	0.20	0.20	na	1.00	0.20	1.20	na	1.20	2.40	na	0.80	4.00	0.80	na	na
	Landslides	Physical Damages to Infrastructure	1.80	1.80	2.40	na	5.00	0.20	1.60	na	0.80	3.20	na	0.80	4.00	4.00	na	na
	Sea Level	Physical Damages to Infrastructure	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
<b>Sub Total by Asset</b>		0.80	0.80	1.07	na	3.07	0.20	1.00	na	0.93	2.13	na	0.80	4.00	1.87	na	na	

Gambar 14: Skor Risiko pada Skenario Dasar (Baseline) dan Skenario Perubahan Iklim.

## 2.3 KAJIAN KERENTANAN PENYEDIAAN AIR MINUM: SKENARIO PERUBAHAN IKLIM (CLIMATE CHANGE DRIVEN)

Dengan menggunakan hasil-hasil skenario dasar (*baseline*), bagian berikut menguraikan bagaimana risiko-risiko eksisting yang teridentifikasi berdasarkan skenario dasar dapat berubah yang berkaitan dengan risiko-risiko (baru) yang muncul karena perubahan iklim. Bagian pertama menjelaskan perubahan yang mungkin terjadi terkait dengan iklim Jawa Timur dan Kabupaten Mojokerto, dengan memfokuskan pada **kerangka waktu jangka menengah (tahun 2030 sampai 2050)** dengan **Skenario Emisi A2**. Berdasarkan rujukan yang ada terkait dengan dampak perubahan iklim di wilayah kajian, dokumen ini juga menggunakan proyeksi dalam skala yang lebih lokal secara statistik (*downscaled*) berdasarkan *Climate Wizard* yang merupakan upaya bersama antara Bank Dunia dengan *The Nature Conservancy*. Secara lebih spesifik, rangkaian lima model sirkulasi iklim global (*global climate circulation models-GCM*) dilakukan untuk Jawa Timur, dengan rata-rata hasil lima model tersebut yang selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk bahasan di berikut. GCM yang digunakan adalah:

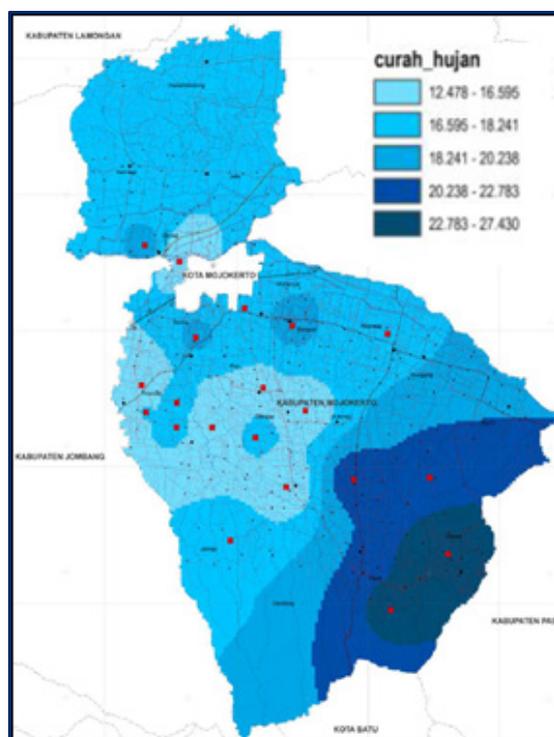
- CGCM3.1 (T47) Model 2
- CNRM-CM3
- GFDL-CM2.0
- GFDL-CM2.1
- IPSL-CM4

Proyeksi-proyeksi perubahan iklim tersebut diinterpretasikan sebagai pendekatan (*approximations*) kasar, yang menyajikan indikasi tentang apa yang *mungkin* terjadi alih-alih apa yang *akan* terjadi. Pemilihan skenario emisi itu sendiri memuat variasi yang besar dan sampai saat ini masih belum jelas betul tentang seberapa jauh skenario A2 cukup representatif dalam menggambarkan arah emisi di masa mendatang. Oleh karena itu, rujukan untuk model ini diartikan sebagai alat (*tool*) untuk mendorong diskusi, pembelajaran, dan aksi.

Bagian dua dan tiga skenario perubahan iklim mempertimbangkan bagaimana risiko-risiko yang teridentifikasi berdasarkan skenario dasar dapat juga berubah terkait dengan risiko-risiko baru (akibat perubahan iklim). Hal-hal penting sebagai rujukan untuk diskusi termasuk: (1) Kajian Kerentanan Penyediaan Air Minum PDAM Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur yang disusun Universitas Brawijaya, (2) lokakarya pemangku kepentingan yang dilakukan pada bulan Juli 2013 dan Desember 2013, dan (3) wawancara informasi penting serta diskusi-diskusi kelompok dengan perwakilan PDAM Kabupaten Mojokerto dan Pemerintah Kabupaten Mojokerto termasuk Bappeda.

### 2.3.1 Perubahan Iklim di Mojokerto, Jawa Timur

**Kondisi Saat Ini.** Seperti wilayah lainnya di Indonesia, Kabupaten Mojokerto memiliki iklim basah dan tropis dengan dua musim: hujan dan kemarau. Musim hujan biasanya terjadi selama 4 bulan, mulai sekitar Desember sampai Maret, sedangkan musim kemarau biasanya berlangsung mulai bulan Juni sampai Oktober. Temperatur udara



Gambar 15: Sebaran Hujan dan Lokasi Stasiun Hujan.

rata-rata tahunan bervariasi dari 25 sampai 35 derajat Celcius, dengan wilayah selatan kabupaten mengalami temperatur yang lebih dingin karena elevasinya lebih tinggi. Lampiran 5 memperlihatkan data curah hujan wilayah kabupaten berdasarkan 16 stasiun curah hujan demikian juga curah hujan kumulatif bulanan untuk periode 2002 sampai 2011.

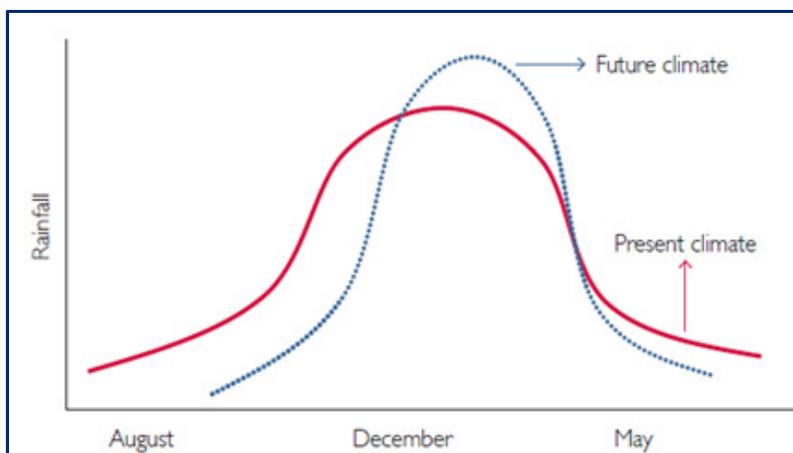
Penting untuk diperhatikan bahwa Kabupaten Mojokerto memiliki variasi musim yang besar terkait dengan variasi topografi, mulai dari daerah yang lebih rendah di sekitar Sungai Brantas yang juga mengitari Kota Mojokerto sampai ke daerah dengan topografi yang lebih tinggi di lereng Gunung Arjuno. Berdasarkan peta curah hujan pada Gambar 15, daerah kabupaten yang lebih rendah hanya menerima 12 sampai 17 cm hujan per tahunnya, sementara daerah yang lebih tinggi menerima hujan sebesar 23 sampai 27 cm per tahunnya. Disamping itu, Kabupaten Mojokerto memiliki 80 sampai 100 hari hujan per tahunnya, walaupun pernah terjadi kondisi ekstrim ketika terjadi 182 hari hujan pada tahun 2010 dan total curah hujan melebihi 37 cm. Kejadian anomali lainnya terjadi tahun 2004 dengan curah hujan sebesar 2.372 mm, khususnya kejadian badai hebat di bulan Februari yang menyebabkan banjir bandang di sungai Brantas dan Kromong.

**Perubahan Temperatur.** Berdasarkan rangkaian model seperti dirujuk di atas, rata-rata temperatur tinggi di wilayah Jawa Timur akan meningkat sekitar 2,5 °C (dari data dasar tahun 1960-1990) sebelum atau pada pertengahan abad. Kenaikan serupa diperkirakan akan terjadi pada temperatur rendah di seluruh wilayah kabupaten. Tingkat kepercayaan statistik pada proyeksi ini cukup tinggi, dan kenaikan serupa diperkirakan terjadi baik pada skenario iklim A2 maupun skenario A1B. Proyeksi ini dikuatkan oleh data lapangan: hasil bacaan pada stasiun lapangan di Mojosari, misalnya, memperlihatkan kenaikan rata-rata 0,3 derajat Celcius dalam 10 tahun terakhir. Perubahan-perubahan tersebut akan memberikan dampak yang besar pada tingkat evaporasi (penguapan) di wilayah kabupaten.

**Perubahan Presipitasi.** Berdasarkan rangkaian model yang digunakan, volume hujan tahunan di Jawa Timur tidak akan berfluktuasi banyak akibat perubahan iklim sampai pertengahan abad. Dengan kata lain, jumlah total presipitasi yang diterima dalam periode 12 bulan diperkirakan tidak akan berubah banyak dalam 35 sampai 45 tahun mendatang. Namun demikian, terdapat dua hal penting dalam prediksi ini.

Pertama; “stabilitas” hujan tahunan tidak berarti adanya stabilitas dalam hujan bulanan. Bulan Januari, misalnya, terlihat akan lebih basah daripada normal biasanya, dengan kenaikan sebesar 30 sampai 40 mm tambahan curah hujan. Sebaliknya, rangkaian data memperlihatkan bahwa bulan-bulan kering Agustus, September, dan Oktober-biasanya bulan terkering dalam setahunnya-akan menjadi lebih kering. Walaupun belum tentu pasti, prediksi-prediksi model tersebut sesuai dengan perkiraan bahwa perubahan iklim tampaknya akan mengubah *intensitas* curah hujan, dengan adanya tambahan curah hujan yang terjadi/diterima dalam waktu yang lebih pendek. Bersamaan dengan itu, masa-masa kering akan lebih panjang. Gambar 16 memperlihatkan kecenderungan ini.

Hal penting kedua adalah bahwa berdasarkan kajian Universitas Brawijaya, stasiun hujan Pacet- yang berlokasi pada elevasi yang lebih tinggi di bagian selatan kabupaten- secara umum

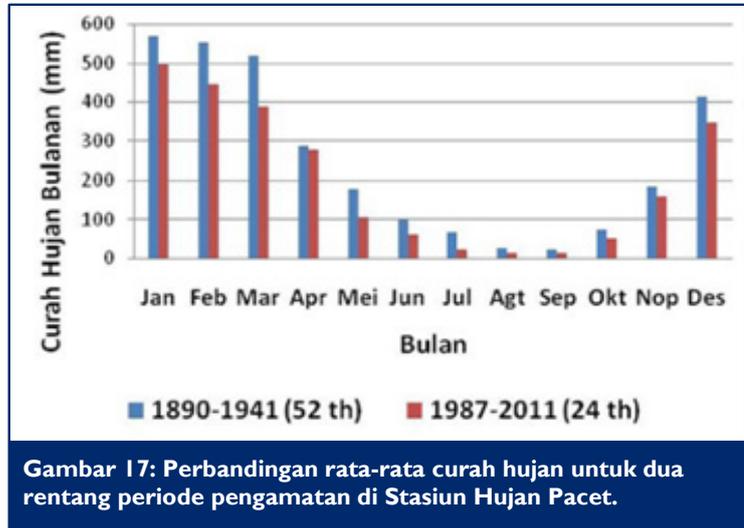


**Gambar 16: Perubahan Pola Hujan.**

memperlihatkan adanya penurunan presipitasi dalam abad sebelumnya (lihat Gambar 17). Secara khusus, rata-rata curah hujan selama periode 1890 sampai 1941 adalah 2.995 mm, sementara rata-rata periode 1987 sampai 2011 adalah 2.381 mm, yaitu memperlihatkan adanya penurunan 10%. Selanjutnya, berdasarkan data curah hujan secara lebih luas, Tim Universitas Brawijaya menyimpulkan bahwa terjadi penurunan curah hujan sebesar 11% dalam 40 tahun terakhir.

Dengan menggabungkan hasil pemodelan dan pengamatan lapangan, terlihat bahwa *tingkat presipitasi keseluruhan akan tetap atau menurun/berkurang sedikit, sedangkan variasi tengah-tahunan (variasi bulanan) tampaknya akan menjadi lebih ekstrim.*

Untuk membantu memahami dampak yang mungkin dari perubahan-perubahan ini, Tim Universitas Brawijaya membuat model hidrogologi dengan asumsi 2,5% penurunan curah hujan per dekadanya (lihat sub-bab V.1 laporan Kajian Kerentanan). Satu kesimpulan penting adalah bahwa daerah yang rawan kekeringan di kabupaten akan meningkat sebesar 9% paling lambat tahun 2022. Serupa dengan itu, besaran debit sungai Brangkal dan Bangsal akan juga berkurang, dengan penurunan terbesar terjadi pada musim kemarau di bulan Agustus (lihat sub-bab VII.1.1).

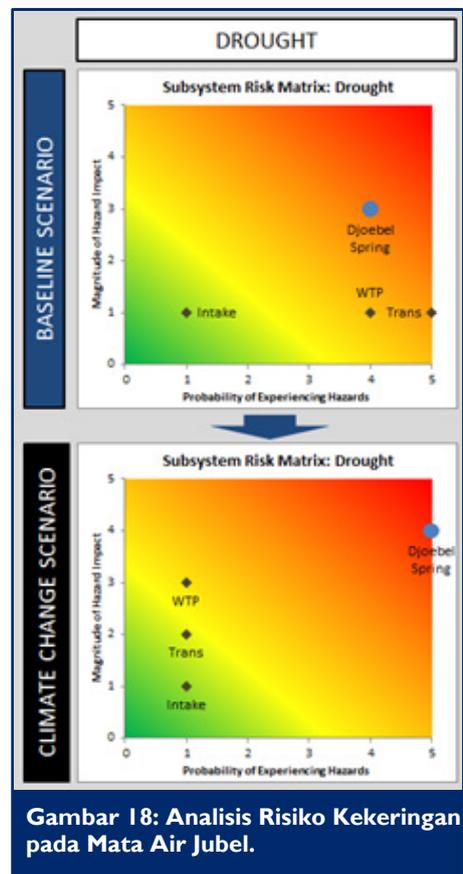


**Gambar 17: Perbandingan rata-rata curah hujan untuk dua rentang periode pengamatan di Stasiun Hujan Pacet.**

### 2.3.2 Skenario Perubahan Iklim: Aset Alami

Dengan menggunakan proyeksi di atas, catatan/data historis, dan diskusi pemangku kepentingan dalam lokakarya MRA, aset alami PDAM Kabupaten Mojokerto-berdasarkan diskusi di atas mengandalkan sumber mata air dan sumur dalam-menghadapi risiko-risiko di bawah dalam skenario perubahan iklim pertengahan abad:

- Kekeringan/Kelangkaan Air:** Dengan mempertimbangkan perkiraan pergeseran intensitas curah hujan bulanan-termasuk musim kemarau yang lebih panjang dan musim hujan yang lebih ekstrim dan mampat (pendek)-skenario perubahan iklim mengindikasikan bahwa adanya **risiko menengah/ sedang sampai tinggi** pada beberapa aset alami PDAM. Lebih khususnya lagi, hujan yang lebih besar akan berakibat pada berkurangnya infiltrasi dan imbuhan dan pada akhirnya debit (air tanah) yang lebih rendah. Kemungkinan ini disadari oleh para pemangku kepentingan dalam lokakarya MRA, dimana tingkat risiko pada mata air Jubel meningkat dari sedang-tinggi pada skenario dasar menjadi **sangat tinggi** pada skenario perubahan iklim seperti terlihat pada Gambar 18 di kanan. Dengan adanya risiko akibat perubahan tata guna/fungsi lahan, pemangku kepentingan sepakat bahwa perubahan iklim akan meningkatkan risiko tersebut. Mata air Wonolopo juga menghadapi risiko yang



**Gambar 18: Analisis Risiko Kekeringan pada Mata Air Jubel.**

lebih besar akan kelangkaan air berdasarkan para peserta dalam lokakarya kajian kerentanan.

- **Banjir.** Intensitas hujan yang lebih besar memiliki **risiko rendah** atas aset-aset alami PDAM. PDAM mengandalkan mata air dan sumur dalam sebagai sumber air bakunya, sehingga banjir diperkirakan tidak akan menjadi ancaman bagi kualitas sumber-sumber air baku tersebut.
- **Longsor.** Risiko akibat longsor atas kuantitas dan kualitas aset alami adalah **rendah** pada skenario perubahan iklim mengingat bahwa kejadian longsor kemungkinan tidak akan menyebabkan turunnya kuantitas mata air dan air tanah dalam yang ada. Longsor juga tidak akan membawa dampak pada kualitas sumber air tanah dalam yang digunakan PDAM.
- **Kenaikan Muka Air Laut.** Risiko ini pada aset alami PDAM adalah **rendah** pada skenario perubahan iklim mengingat letak dan jarak wilayah kabupaten yang jauh dari pesisir.

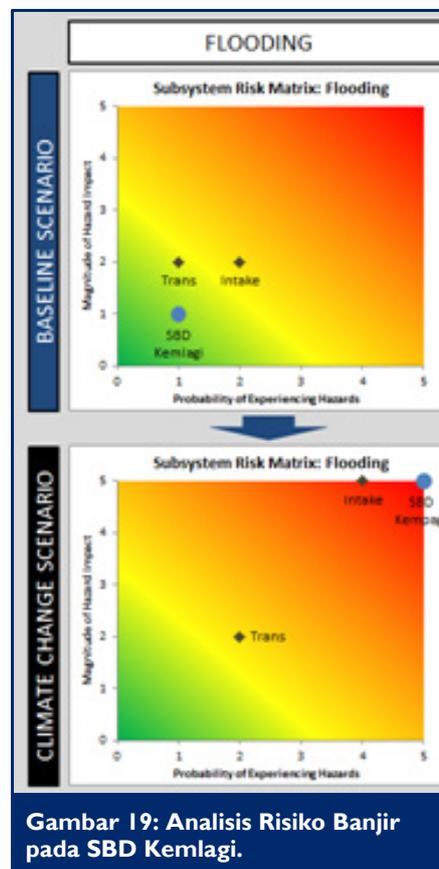
Seperti diindikasikan pada skenario dasar, penting untuk memantau dampak perubahan tata guna/fungsi lahan di bagian hulu daerah tangkapan air. Dengan melihat perkiraan perubahan-perubahan pola presipitasi, menjadi penting untuk menjaga dan mempertahankan tingkat penyerapan/infiltrasi bagi keberlanjutan mata air-mata air yang berlokasi di lereng Gunung Arjuno.

### 2.3.3 Skenario Perubahan Iklim: Aset Fisik

Berdasarkan kajian kerentanan dan lokakarya pengembangan Matriks Risiko Aset, teridentifikasi tingkat-tingkat kerentanan berikut berdasarkan skenario perubahan iklim atas aset-aset fisik/terbangun PDAM Kabupaten Mojokerto:

- **Kekeringan/Kelangkaan Air:** Risiko kekeringan atas aset terbangun, yakni kerusakan fisik infrastruktur SPAM PDAM, adalah **rendah**. Seperti diuraikan dalam skenario dasar, PDAM tidak/belum mengalami perusakan infrastrukturnya (jaringan pipa) oleh masyarakat dalam kondisi kekeringan.
- **Banjir:** Berdasarkan kemungkinan adanya kenaikan intensitas hujan badai, bahaya banjir merupakan **risiko sedang sampai sangat tinggi** atas aset-aset fisik PDAM di beberapa lokasi. Pertama dan terpenting adalah terdapat **risiko tinggi sampai sangat tinggi** akan banjir pada jaringan perpipaan transmisi di bagian hulu daerah tangkapan air, khususnya infrastruktur yang terkait dengan mata air Coban Pelangi, Wonolopo, dan Mojo. Risiko-risiko yang dihadapi infrastruktur ini sangat jelas saat ini, sehingga cuaca yang lebih ekstrim akan meningkatkan risiko-risiko ini.

Disamping itu, aset-aset tersebut yang berada di daerah tangkapan air yang lebih rendah di sekitar Kota Mojokerto dapat digolongkan memiliki **risiko sedang sampai tinggi** yang bisa berasal dari kerusakan fisik karena banjir. Bangunan sadap SBD Kemlagi, misalnya, diperkirakan memiliki risiko yang cukup besar akibat banjir pada skenario perubahan iklim berdasarkan masukan dari pemangku kepentingan (Gambar 19 di kanan). Laporan Universitas Brawijaya juga menyimpulkan bahwa risiko banjir akan meningkat di daerah yang lebih rendah, walaupun, berdasarkan sub-bab VII.1.2 (“Dampak Terhadap Rawan Bencana”) risiko banjir yang lebih besar di masa mendatang terkait dengan perubahan pola tata guna lahan di daerah tangkapan air.



Gambar 19: Analisis Risiko Banjir pada SBD Kemlagi.

- **Longsor:** Longsor merupakan risiko yang serius bagi PDAM Kabupaten Mojokerto dalam skenario perubahan iklim, dimana beberapa aset-aset memiliki **risiko tinggi sampai sangat tinggi** yang berupa kerusakan berat aset-asetnya. Seperti bahaya banjir, peningkatan intensitas hujan/badai akan melemahkan (ikatan) tanah, khususnya di lokasi-lokasi daerah tangkapan air yang curam termasuk lereng Gunung Arjuno. Seperti dijelaskan dalam skenario dasar, beberapa aset-aset terpenting PDAM berada pada daerah dengan elevasi yang lebih tinggi tersebut dan bahaya ganda dari degradasi daerah tangkapan air dan kejadian badai yang lebih hebat merupakan ancaman yang besar bagi keamanan aset-aset tersebut.
- **Kenaikan Muka Air Laut:** Kenaikan muka air laut bisa menjadi masalah untuk wilayah metropolitan Surabaya. Sedangkan untuk infrastruktur PDAM Kabupaten Mojokerto terletak cukup jauh dengan ketinggian yang cukup untuk terhindar dari bahaya kenaikan muka air laut.

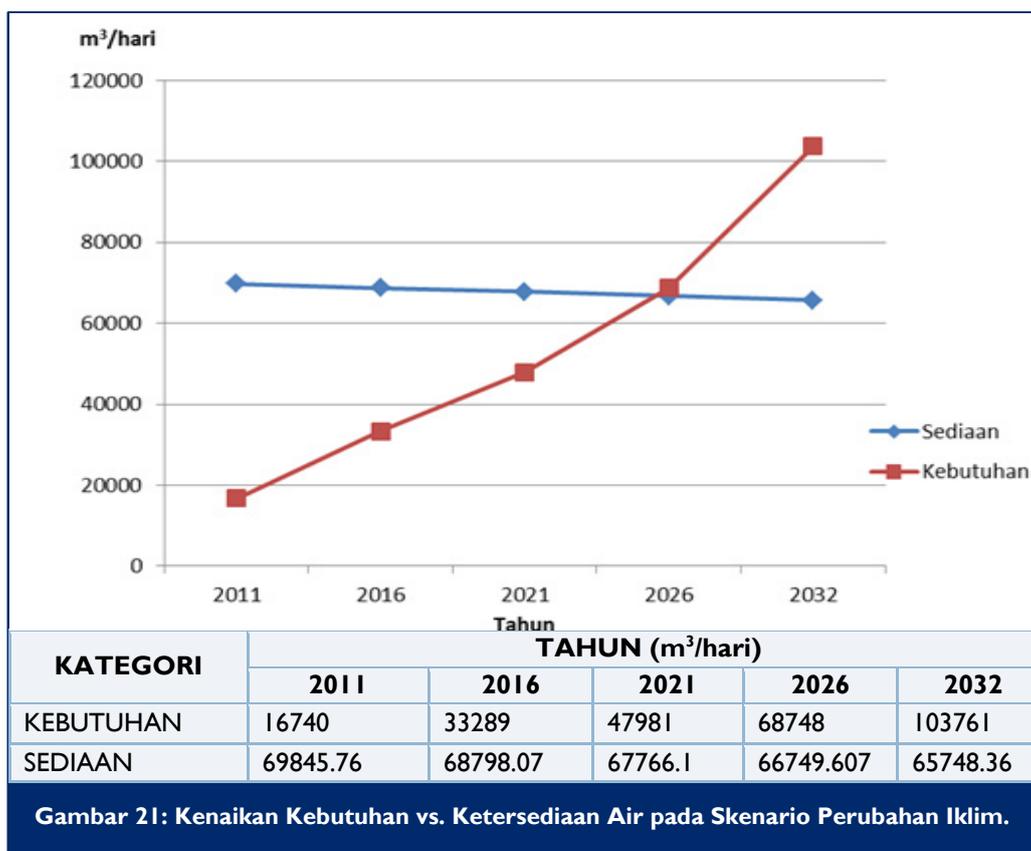
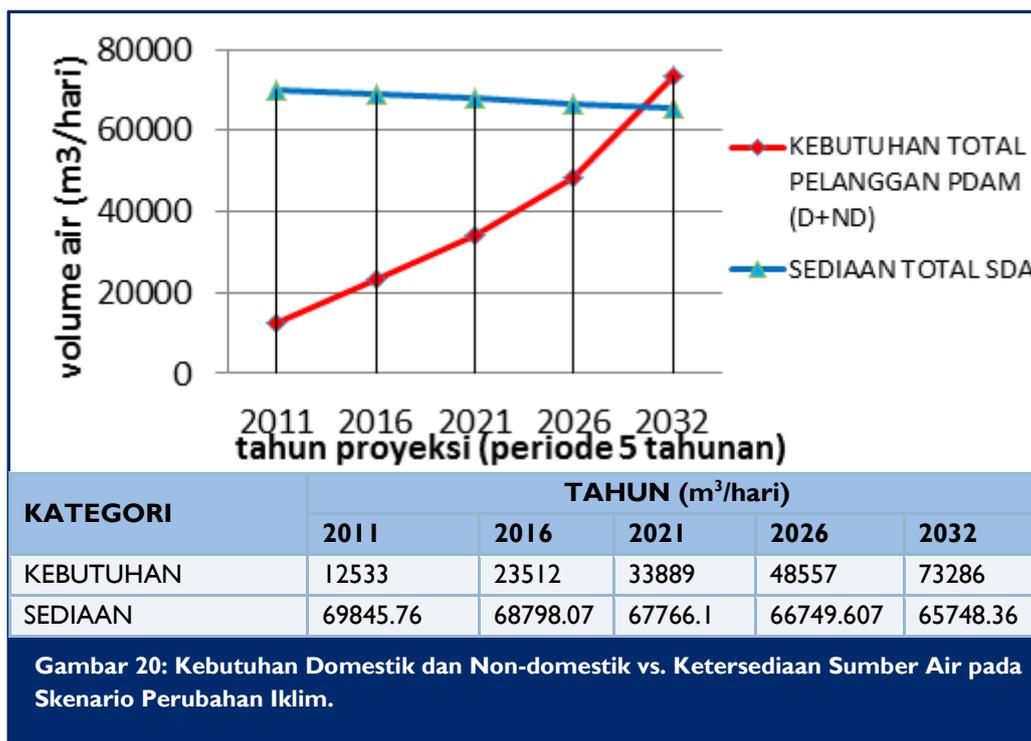
Sebagai ringkasan, perubahan iklim akan memperburuk ancaman-ancaman yang ada atas infrastruktur terbangun PDAM, terutama dengan adanya bahaya banjir di daerah tangkapan air yang topografinya lebih rendah dan bahaya longsor di bagian hulu daerah tangkapan air. Perubahan iklim diperkirakan tidak akan meningkatkan ancaman-ancaman baru bagi aset-aset terbangun. Terkait dengan rencana PDAM untuk rencana pengembangan, khususnya konstruksi infrastruktur, sangat dianjurkan bahwa PDAM mempertimbangkan risiko-risiko ini dalam perencanaan infrastruktur baru seperti jaringan pipa transmisi dan bangunan sadap. Ringkasan hasil-hasil lokakarya MRA terdapat pada Gambar 14 di atas dan hasil lengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

#### **2.3.4 Skenario Perubahan Iklim: Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air (Supply and Demand)**

Dengan menggunakan hasil perubahan iklim lokal di Mojokerto, Gambar 20 dan 21 di bawah memperlihatkan perkiraan kasar bagaimana pasokan dan kebutuhan air bersih dapat berubah melewati pertengahan abad. Data yang ditampilkan mengasumsikan bahwa penurunan keseluruhan pasokan air adalah sebesar sekitar 3% dalam periode 10 tahun. Beberapa butir penting lainnya yang perlu diperhatikan adalah:

- Sumber air baku yang ada secara signifikan memiliki kapasitas di atas volume produksi PDAM saat ini. Artinya, PDAM memiliki aset alami untuk terus memenuhi kebutuhan yang terus meningkat dan meningkatkan pelanggannya untuk jangka waktu pendek dan menengah, walaupun terdapat risiko-risiko perubahan iklim;
- Gambar 20 memproyeksikan bahwa pasokan yang ada tidak akan terlampaui tingkat kebutuhan sampai awal tahun 2030an. Namun demikian, perlu dipertimbangkan bahwa Gambar 20 mengasumsikan bahwa 30% pelanggan domestik mendapatkan air melalui hidran umum dengan tingkat penggunaan harian sebesar 30 liter. Apabila kita berasumsi bahwa semua pelanggan PDAM menggunakan air sebesar 150 liter per hari, maka ketersediaan air akan terlampaui kebutuhan pada tahun 2026 (Gambar 21).
- Analisis yang disajikan Tim Universitas Brawijaya tidak memperhitungkan perubahan tingkat imbuhan dengan adanya kerusakan daerah tangkapan air ataupun kenaikan intensitas hujan. Kombinasi kedua faktor ini akan secara signifikan menurunkan jumlah infiltrasi air tanah, sehingga akan menurunkan debit mata air dan sumur/air tanah. Skenario ini bisa saja sudah terjadi di sub-daerah tangkapan air sekitar mata air Jubel.

Secara umum, terlihat bahwa diperlukan analisis yang lebih rinci mengenai pasokan dan kebutuhan air di Mojokerto dengan mempertimbangkan risiko-risiko akibat perubahan iklim. Analisis tersebut harus melihat secara lebih menyeluruh kebutuhan air dari pengguna lainnya di daerah tangkapan air.



## 3 PERENCANAAN ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM

### 3.1 PENDEKATAN DALAM PERENCANAAN ADAPTASI

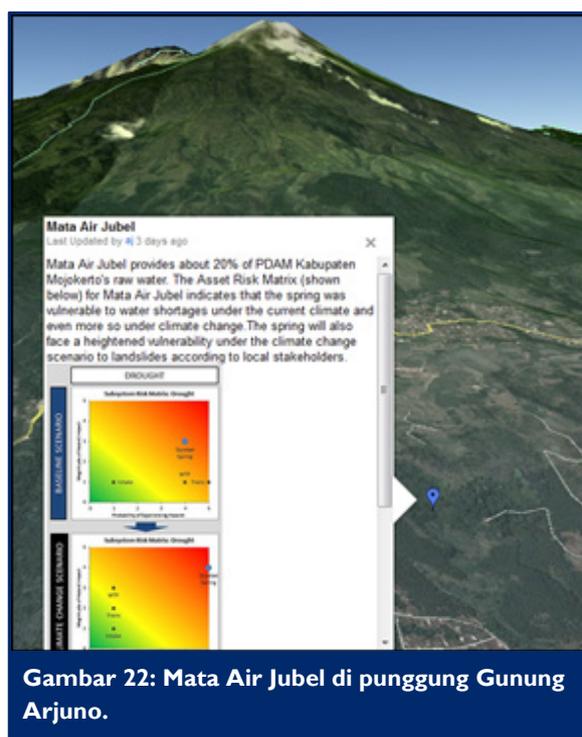
Berdasarkan IPCC (2012), adaptasi perubahan iklim adalah “proses penyesuaian pada iklim nyata/aktual atau diperkirakan dan dampak-dampaknya, untuk mengurangi bahaya atau mengambil manfaat dari kesempatan”. Aksi-aksi adaptasi dapat berupa beragam bentuk, termasuk modifikasi rencana yang ada (seperti memberi jarak yang lebih lebar antara bangunan pengolahan rencana dengan sungai yang berada di dekatnya), aksi adaptasi “ringan” (seperti rehabilitasi daerah tangkapan air melalui penanaman), atau aksi adaptasi “berat” (seperti konstruksi dinding penahan banjir antara sungai dan IPAM atau tendon). Bila memungkinkan, manajemen PDAM perlu memprioritaskan aksi adaptasi “tanpa penyesalan” (no regrets), yaitu pilihan adaptasi yang memberikan manfaat sampai saat iklim masa yang akan datang beserta dampak-dampaknya (IPCC, 2012).

Proses identifikasi pilihan-pilihan adaptasi spesifik, dalam banyak hal, serupa dengan langkah pengambilan keputusan untuk investasi PDAM dan pemerintah daerah secara umum. Secara lebih khusus, setelah mengidentifikasi titik-titik rentan geografis, misalnya aset utama yang sangat rentan, pengambil keputusan menyusun daftar panjang menjadi daftar pendek pilihan aksi adaptasi. Selanjutnya, daftar pendek tersebut diberi prioritas untuk pelaksanaannya, baik jangka pendek, jangka menengah, maupun jangka panjang. Untuk memfasilitasi proses ini, IUWASH menyelenggarakan beberapa diskusi pemangku kepentingan dari pertengahan 2013 sampai awal 2014 untuk menyusun daftar panjang pilihan-pilihan aksi adaptasi sesuai dengan identifikasi titik-titik kerentanan yang dapat diambil untuk meningkatkan daya tahan aset-aset alami dan terbangun PDAM. Selanjutnya, PDAM dan pemerintah daerah membahas biaya dan manfaat dari masing-masing aksi potensial tersebut, dengan menggunakan beberapa kriteria untuk menearing mana yang akan menjadi daftar pendek berikut prioritasnya. Hasil dari proses ini dijelaskan sebagai berikut:

### 3.2 TITIK-TITIK KERENTANAN

Sebagai kelanjutan proses kajian kerentanan atas aset alami dan terbangun PDAM, termasuk laporan Kajian Kerentanan yang disusun Universitas Brawijaya, serangkaian diskusi dan lokakarya pemangku kepentingan, dan sintesis oleh Tim IUWASH, titik-titik kerentanan berikut mendapat penekanan untuk analisis lebih lanjut dan perencanaan adaptasi:

- **Mata Air Jubel (Aset Alami):** Dengan kapasitas 30 lt/dt, saat ini Mata Air Jubel merupakan sumber air baku terbesar bagi PDAM. Dalam beberapa tahun terakhir, PDAM melihat adanya penurunan debit secara signifikan, penurunannya lebih besar dibandingkan sumber air-sumber air baku lainnya.
- **Mata Air Wonolopo (Aset Alami):** mata air ini saat ini belum dimanfaatkan secara optimal dan PDAM sedang mempertimbangkan untuk meningkatkan debit



Gambar 22: Mata Air Jubel di punggung Gunung Arjuno.

yang diambil dari mata air Wonolopo. Mata air ini terletak di daerah pegunungan, namun sudah memperlihatkan adanya penurunan debit selama musim kemarau.

- **Sistem Distribusi dan Tandon untuk Mata Air Wonolopo, Coban Pelangi, dan Mojo (Aset Terbangun):** Dengan memperhatikan kerusakan akibat dari banjir dan longsor sebelumnya terhadap aset-aset ini dan nilai penggantianannya, jelas bahwa infrastruktur ini sangat rentan terhadap kejadian badai di masa mendatang.

Sebagai ringkasan, *titik-titik kerentanan PDAM Kabupaten Mojokerto terkonsentrasi di wilayah hulu kabupaten.*

### 3.3 DAFTAR PANJANG PILIHAN ADAPTASI

Pilihan-pilihan adaptasi yang cukup beragam dikembangkan untuk menjadi pilihan bagi PDAM dalam meningkatkan daya tahannya. Sebagai bagian dari proses perencanaan adaptasi, IUWASH mencermati berbagai pilihan adaptasi yang bisa dipertimbangkan oleh PDAM untuk titik-titik kerentanan yang telah teridentifikasi. Tabel 7 di bawah menjabarkan daftar panjang beberapa pilihan aksi adaptasi perubahan iklim.

**Tabel 6: Daftar Panjang Pilihan Adaptasi**

Klasifikasi Adaptasi	Pilihan Adaptasi Spesifik
Perlindungan Sumber Air	Perlindungan Daerah Tangkapan Air: penetapan zona lindung penting untuk imbuhan air atau perlindungan mata air
	Program imbuhan akuifer
	Program ekstensifikasi pertanian untuk mengatasi erosi tanah
	Perbaikan pengumpulan dan pengolahan limbah
	Jasa Lingkukan ( <i>Payment for Environmental Services</i> )
Efisiensi Penggunaan Air dan Pengendalian Kebutuhan Air	Pengendalian Tingkat Kehilangan Air ( <i>Non-Revenue Water</i> ): penurunan kebocoran air
	Pemeliharaan dan penggantian water meter
	Pengaturan struktur tarif untuk penggunaan air yang efisien (mis. tarif progresif)
	Pemasaran sosial untuk perubahan perilaku pelanggan (agar lebih hemat menggunakan air)
	Program insentif pelanggan (mis. peralatan yang lebih hemat air)
Pilihan Infrastruktur	Penggunaan kembali ( <i>reuse</i> ) air limbah untuk pertanian dan industri
	Peningkatan kapasitas penyimpanan air dengan membangun tandon baru
	Diversifikasi sumber air melalui pembangunan sumur dalam, air permukaan, dan transfer antar cadangan air (embung, bendung)
	Check dam untuk menurunkan laju air larian ( <i>runoff</i> ) dan membantu imbuhan akuifer
	Peningkatan akses sistem sanitasi yang baik untuk mengurangi pencemaran di hulu sumber air dan air tanah dalam
	Peningkatan pengolahan air limbah untuk penggunaan kembali pada pertanian dan industri
	Perluasan/peningkatan sistem drainase
Konstruksi tanggul atau penahan (air) laut	
Manajemen Informasi	Relokasi/perkuatan infrastuktur IPAM terhadap bahaya banjir
	Sistem pendukung pengambilan keputusan ( <i>Decision-Support System</i> ) untuk pengaturan jatah/alokasi air
	Stasiun pemantauan hidrologi/meteorologi
	Sistem pengelolaan aset berbasis GIS
	Penerapan sistem komputer (untuk pembuatan rekening: pencatatan penggunaan air lebih akurat)

### 3.4 DAFTAR PENDEK PILIHAN ADAPTASI DAN TITIK-TITIK KERENTANAN

Berdasarkan identifikasi titik-titik kerentanan dan pertimbangan atas pilihan aksi-aksi adaptasi, PDAM kemudian menentukan kriteria utama untuk membandingkan aksi-aksi tersebut dan mengurutkan aksi-aksi yang potensial. Kriteria-kriteria ini adalah:

- Biaya usulan kegiatan adaptasi;
- Kompleksitas, termasuk kompleksitas teknis dan koordinasi di antara pemangku kepentingan;
- Dukungan politis (dan tingkat aksi politis yang diperlukan)
- Kecepatan pelaksanaan; dan
- Dampak/manfaat bagi pengurangan risiko atas aset-aset.

Tabel 8 di bawah berisi ringkasan daftar pendek pilihan adaptasi yang dipertimbangkan untuk dua aset/sistem PDAM dan bahaya-bahaya yang akan ditanggulangnya. Daftar lengkap tentang pilihan-pilihan adaptasi disampaikan di **Lampiran 7**.

**Tabel 7: Prioritasi Pilihan Adaptasi menggunakan Analisis Multi-kriteria**

Aset	Pilihan-pilihan Adaptasi Prioritas	Kekeringan	Banjir	Longsor	M. A. Laut
Mata Air Jubel	Penguatan kebijakan, termasuk pembatasan pengambilan air permukaan dan air tanah	*	*	*	*
	Program ekstensifikasi pertanian untuk mengatasi erosi tanah	*	*	*	
	Membangun forum para pihak untuk menghindari/mengurangi konflik terkait penggunaan sumber air	*			
	Pembuatan dan pemeliharaan sumur resapan	*	*	*	
	Peningkatan sistem drainase	*	*	*	
	Penerapan sistem komputer untuk rekening dan akunting PDAM	*	*	*	
	Menghimpun dana cadangan untuk bencana	*	*	*	*
Mata Air Wonolopo	Program imbuhan akuifer (pengembalian air ke alam)	*	*	*	*
	Peningkatan sistem drainase	*	*	*	
	Peningkatan kapasitas penyimpanan air dengan membangun tandon baru	*	*		
	Pengendalian Tingkat Kehilangan Air ( <i>Non-Revenue Water</i> ): penurunan kebocoran air; teknis (penggantian aset rusak), non-teknis (penggunaan sistem komputer, pembaca meter <i>real-time</i> )	*	*	*	
	Program penggantian meter air	*			
	Pemasaran sosial untuk perubahan perilaku pelanggan (agar lebih hemat menggunakan air)	*			
	Penelitian sumber daya air untuk pemahaman yang lebih baik dan memetakan lokasi dan karakteristik akuifer	*	*	*	*
	Pemantauan dan evaluasi aksi-aksi adaptasi	*	*	*	*

Dengan mendasarkan pada pilihan-pilihan adaptasi prioritas di atas yang dikembangkan PDAM dan pemangku kepentingan, IUWASH juga merekomendasikan untuk mempertimbangkan hal-hal berikut:

- **Penguatan dan/atau pemindahan Pipa Transmisi Utama:** Untuk mengatasi kerentanan infrastruktur pipa transmisi di hulu, PDAM dapat mempertimbangkan untuk menambah perkuatan pada jaringan pipa yang berada di permukaan tanah, khususnya di lokasi-lokasi yang diidentifikasi oleh Universitas Brawijaya sangat rawan longsor. Dalam jangka panjang, PDAM dapat pula mempertimbangkan untuk memindahkan perpipaan tersebut ke tempat yang lebih aman dan tidak rawan banjir.
- **Peningkatan Pengelolaan Aset:** Saat ini PDAM belum memanfaatkan sistem pengelolaan aset dengan GIS untuk melacak rincian aset yang kritis/penting, seperti: umur, nilai penyusutan, biaya penggantian, dan kerusakan-kerusakan sebelumnya. Penggunaan sistem tersebut akan dapat membantu PDAM mengidentifikasi aset-aset yang rentan dan melakukan perencanaan proaktif untuk pemeliharaan dan/atau perbaikan.
- **Sistem Pendukung Pengambilan Keputusan Sumber Daya Air:** Tanpa adanya data aliran permukaan, tingkat muka air tanah, dan catatan intensitas curah hujan (mis. data curah hujan jam-jaman), hal ini akan membuat PDAM dan pemerintah kabupaten kesulitan untuk memahami bagaimana kuantitas dan kualitas sumber daya airnya berubah dan bagaimana melakukan perencanaan untuk masa mendatang. Untuk itu, investasi bertahap bagi pengadaan sistem pemantauan hidrologis dan meteorologis otomatis bersama-sama dengan pemerintah daerah di sekitarnya dapat meningkatkan pengambilan keputusan secara lebih efektif terkait pengelolaan sumber daya air.

Seperti diuraikan dengan rinci pada Bab 4, beberapa aksi-aksi adaptasi di atas telah dimulai, khususnya terkait dengan program imbuhan akuifer, peningkatan pengelolaan daerah tangkapan air, dan pemantauan sumber daya air.

## 4 RENCANA AKSI

### 4.1 LANGKAH KE DEPAN UNTUK IMPLEMENTASI RENCANA ADAPTASI

Berdasarkan hasil-hasil kajian kerentanan penyediaan air minum, identifikasi titik-titik kerentanan, analisis matriks risiko aset, serta diskusi dan prioritas pilihan-pilihan adaptasi, PDAM bersama-sama dengan pemerintah kabupaten menyepakati aksi-aksi jangka pendek yang akan dilaksanakan dalam waktu enam bulan ke depan. Berdasarkan kerentanan yang diuraikan di atas, PDAM dan SKPD terkait akan memfokuskan upaya-upayanya untuk kelanjutan dan perluasan kegiatan-kegiatan perlindungan sumber daya air di hulu wilayah imbuhan di kabupaten, terutama bagi wilayah imbuhan Mata Air Jubel dan Ubalan.

Aksi-aksi spesifik akan mencakup seperti berikut:

- **Aksi #1:** Upaya-upaya dan pendanaan telah disediakan bagi pembangunan sumur resapan di hulu wilayah imbuhan Mata Air Jubel (lihat Gambar 23 di kanan). Untuk keberlanjutannya, PDAM akan menyediakan anggaran untuk pemeliharaan sumur resapan yang telah dibangun dan juga perluasan program sumur resapan di wilayah imbuhan. PDAM akan membahas alokasi anggaran secara internal untuk menentukan kebutuhan anggaran yang memadai.
- **Aksi #2:** Sebagaimana hal di atas, pemerintah kabupaten juga akan melakukan kegiatan-kegiatan perlindungan sumber daya air di hulu wilayah imbuhan, termasuk upaya-upaya penanaman pohon termasuk pembangunan sumur resapan tambahan untuk menambah apa yang akan direncanakan PDAM. Anggaran untuk kegiatan-kegiatan ini akan dibahas dalam waktu dekat agar dapat teralokasikan dalam APBD.
- **Aksi #3:** Masyarakat yang tinggal di hulu wilayah imbuhan, khususnya di Kecamatan Pacet, membangun forum masyarakat untuk mendukung pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan upaya-upaya pengurangan potensi bahaya seperti longsor. Kecamatan Pacet terletak di wilayah kabupaten yang curam, sehingga memiliki risiko yang tinggi terhadap longsor. Nama forum tersebut adalah Garda Pengelamat Sumber Air (GPSA) dengan kegiatan-kegiatannya berupa:
  - Koordinasi dan mobilisasi masyarakat dalam pemeliharaan
  - Kampanye-kampanye terkait dampak perubahan iklim dan strategi adaptasi, termasuk melalui perbaikan pengelolaan sumber daya alam dan pelibatan pihak swasta di dalamnya.
  - Memberikan dampingan bagi masyarakat sekitar yang tertarik dalam penguatan pengelolaan sumber air.
  - Penggalangan dana dari para pemangku kepentingan, termasuk swasta, untuk implementasi kegiatan-kegiatan konservasi sumber daya air.
- **Aksi #4:** PDAM akan lebih memberikan perhatian bagi pemantauan tingkat debit mata air-mata air untuk diperolehnya catatan/kompilasi data historis yang cukup memadai dan kemudian menyusun data dasar untuk keperluan analisis di masa mendatang dan pengambilan



Gambar 23: Konstruksi sumur resapan di hulu daerah tangkapan air di Mojokerto.

keputusan. Upaya untuk memperbaiki pengumpulan data hidro-geologis telah diawali dengan dampingan IUWASH dan Coca-Cola Foundation Indonesia dengan dipasangnya meter air di Mata Air Jubel (2 meter air), Mata Air Ubalan (1 meter air), dan Mata Air Pelangi (1 meter air).

- **Aksi #5:** Dengan dampingan IUWASH, pemerintah kabupaten akan menyusun Peraturan Bupati untuk meningkatkan pengelolaan dan konservasi sumber daya air.

Disamping aksi-aksi adaptasi jangka pendek yang diupayakan PDAM dan pemerintah daerah di atas, beberapa aksi adaptasi lainnya dalam pembahasan PDAM untuk program 1-3 tahun ke depan. Ini termasuk: penguatan pemantauan data hidrogeologi dan meteorologi untuk memperbaiki pengambilan keputusan, penggantian infrastruktur utama yang sudah tua, dan penguatan perpipaan di atas tanah, khususnya di daerah-daerah yang rawan longsor dan banjir.

## **4.2 INTEGRASI KE DALAM PERENCANAAN JANGKA MENENGAH DAN JANGKA PANJANG**

Berkaitan dengan implementasi aksi-aksi adaptasi jangka menengah dan jangka panjang, adalah penting bahwa hasil-hasil kajian kerentanan dan diskusi perencanaan adaptasi ini terintegrasi dengan rencana pengembangan PDAM dan pemerintah kabupaten secara lebih luas. Dengan kata lain, penyiapan “rencana adaptasi” spesifik adalah penting sebagai langkah awal bagi peningkatan perencanaan adaptasi perubahan iklim. Sementara itu, pendekatan yang lebih berkelanjutan dalam jangka panjang, yakni hasil-hasil kajian dan proses diskusi pemangku kepentingan perlu terintegrasi ke dalam mekanisme perencanaan yang ada, yaitu Rencana Pengembangan Usaha (*Business Plan*) dan/atau RKAP PDAM serta rencana jangka pendek dan jangka panjang pemerintah kabupaten. Aksi-aksi spesifik ini termasuk:

- PDAM akan menyusun program untuk perencanaan dan pengembangan sumur resapan dalam RKAP 2014;
- PDAM akan mengintegrasikan hasil-hasil Kajian Kerentanan dan Rencana Adaptasi ke dalam revisi *Business Plan* untuk 5 tahun berikutnya; dan
- Pemerintah kabupaten akan menyusun program dan membahas untuk penganggarannya bagi peningkatan pengelolaan sumber daya air dalam rencana dan anggaran tahunan APBD yang akan datang.

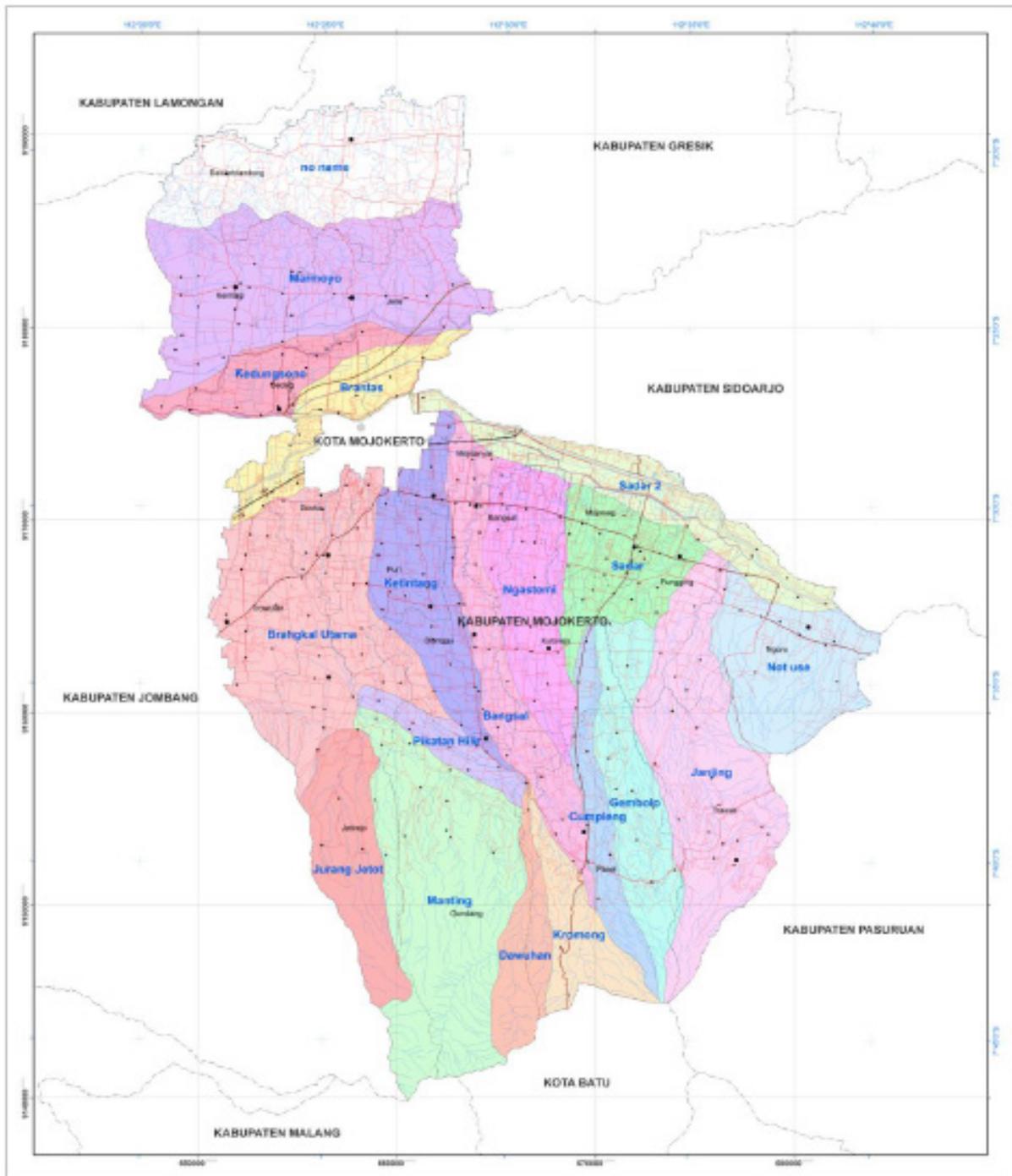
Integrasi Kajian Kerentanan dan Rencana Adaptasi ke dalam dokumen perencanaan pemerintah kabupaten dan PDAM akan mendorong pembelajaran yang terus-menerus dan dapat meningkatkan pendekatan adaptasi. Masih banyak yang belum diketahui tentang bagaimana perubahan iklim dapat berdampak pada lokasi tempat aset alami dan aset terbangun berada. Oleh karenanya, adaptasi perubahan iklim berdasarkan pada pendekatan yang iteratif/berkesinambungan dalam kerangka perencanaan pemerintah kabupaten/PDAM, sehingga perencanaan tersebut secara berkala diperbaharui berdasarkan pengetahuan ilmiah terkini, pengalaman-pengalaman yang terus bertambah, dan kebutuhan masyarakat.

## LAMPIRAN-LAMPIRAN

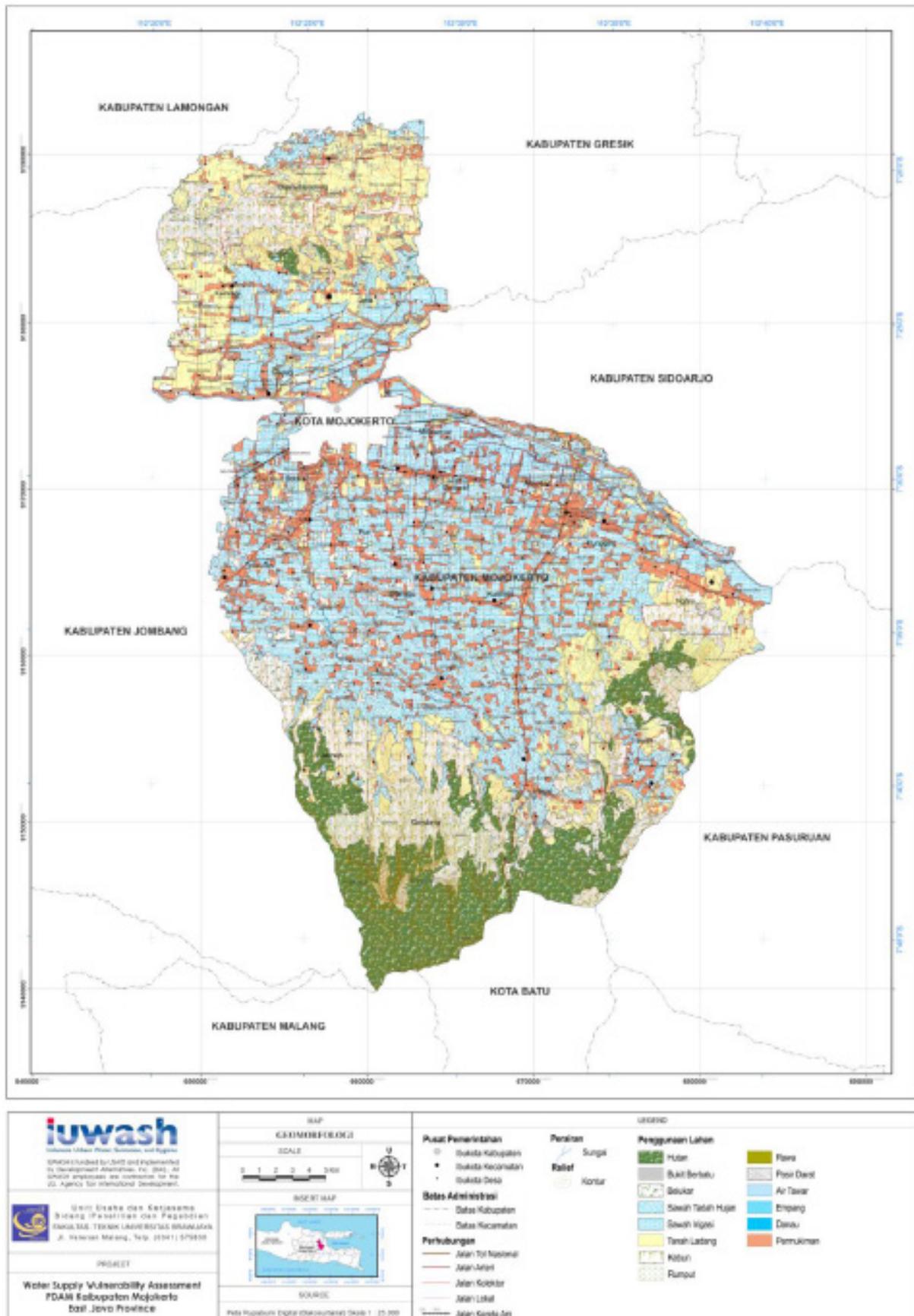
### LAMPIRAN I: KRONOLOGI PROSES VA & AP

Date	Activity/Event	Major Output	Stakeholders
February 2012	Initial assessment: - Discussion with PDAM - Field survey of raw water sources used by PDAM	- Indication of drops of quantity in springs & deep well. PDAM recognized this fact. - Identified needs for CCVA study	PDAM, IUWASH
May 2012	Selection of institution to conduct CCVA through tendering process	Brawijaya University qualified and was selected to conduct CCVA study	Brawijaya University, IUWASH
June 2012	Kick off meeting: Meeting and discussion among, Kab. Mojokerto, IUWASH, and Brawijaya University	- Understanding of CCVA work activities to be undertaken - Agreement on schedule, data collection, and support of PDAM	PDAM, Brawijaya University, IUWASH
February 2013	Workshop on the CCVA study: Results of study was discussed with stakeholders	Completion of CCVA document that presented dynamics of water supply and demand, assets vulnerability, and recommended adaptation options	PDAM, local stakeholders, Brawijaya University, IUWASH
July 2013	Meeting with Bappeda Kab. Mojokerto: Discussion on CCVA, planned workshop on ARM, and development of infiltration ponds as an adaptation action	- Understanding of CCVA as basis for adaptation planning - Agreed plan on workshop including: agenda, participants, time & venue, etc. - A request to IUWASH to support Kab. Mojokerto in developing local regulation on water resources management	Bappeda, PDAM, IUWASH
July 2013	ARM/adaptation workshop: Stakeholders workshop on ARM & adaptation options development	- ARM and adaption options were developed by PDAM and other key local government agencies - Common understanding that Mojokerto should address water resources issues	PDAM, local government agencies, Brawijaya University, IUWASH
July 2013	Meeting with Dinas Pengairan & Biro Hukum, Kab. Mojokerto	IUWASH is advised to take part in development of head of district decree/decision (SK Bupati) on water resources. Note: Kab. Mojokerto has developed local regulation (Perda) on water resources management. This will serve as the main reference/ umbrella for the SK Bupati.	Bappeda, Dinas Pengairan, Biro Hukum, IUWASH

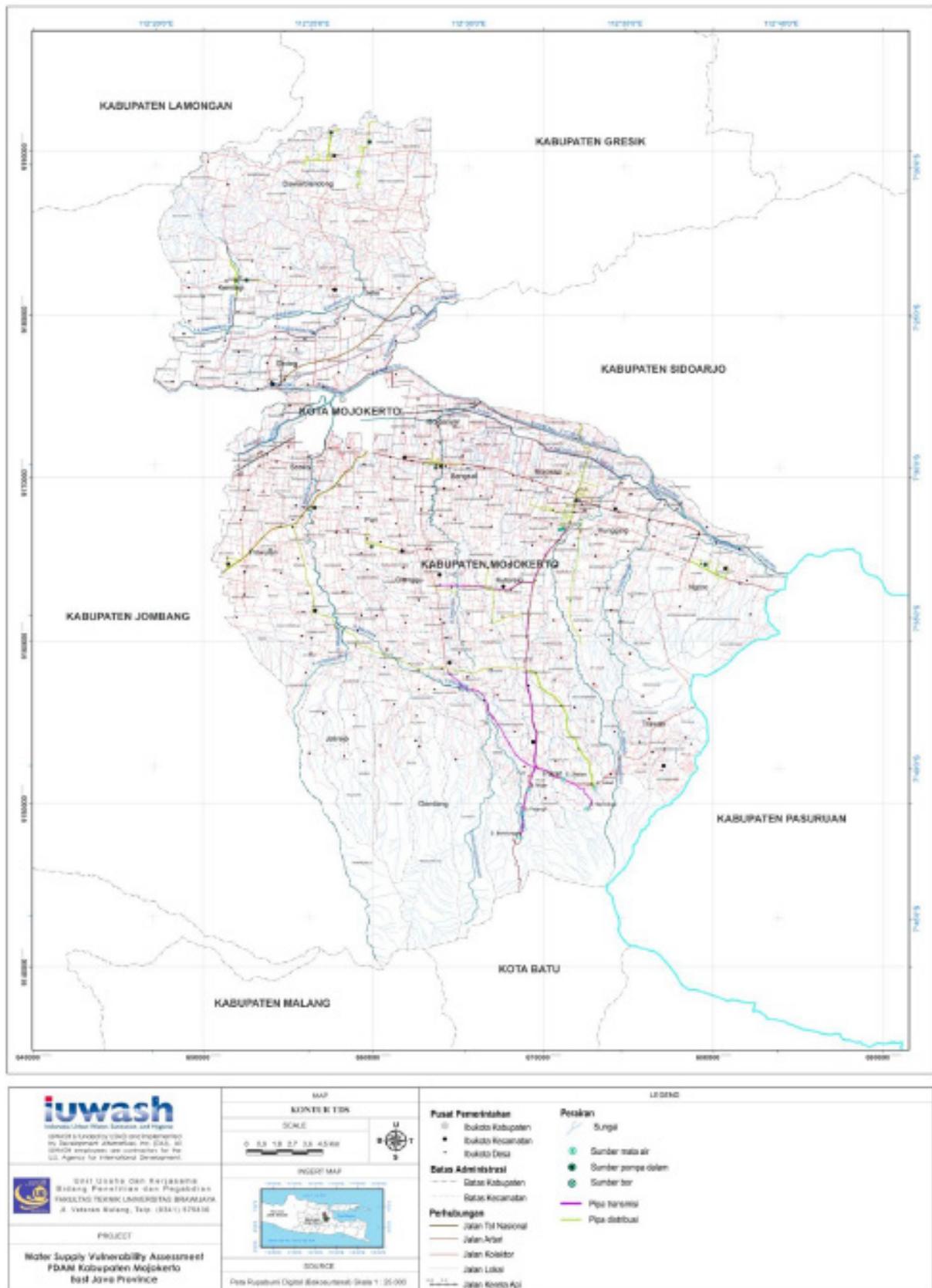
LAMPIRAN 2: PETA DAERAH TANGKAPAN AIR DI KABUPATEN MOJOKERTO



LAMPIRAN 3: PETA TATA GUNA LAHAN KABUPATEN MOJOKERTO



LAMPIRAN 4: PETA ASET-ASET TERBANGUN PDAM KAB. MOJOKERTO



LAMPIRAN 5: DATA CURAH HUJAN KABUPATEN MOJOKERTO

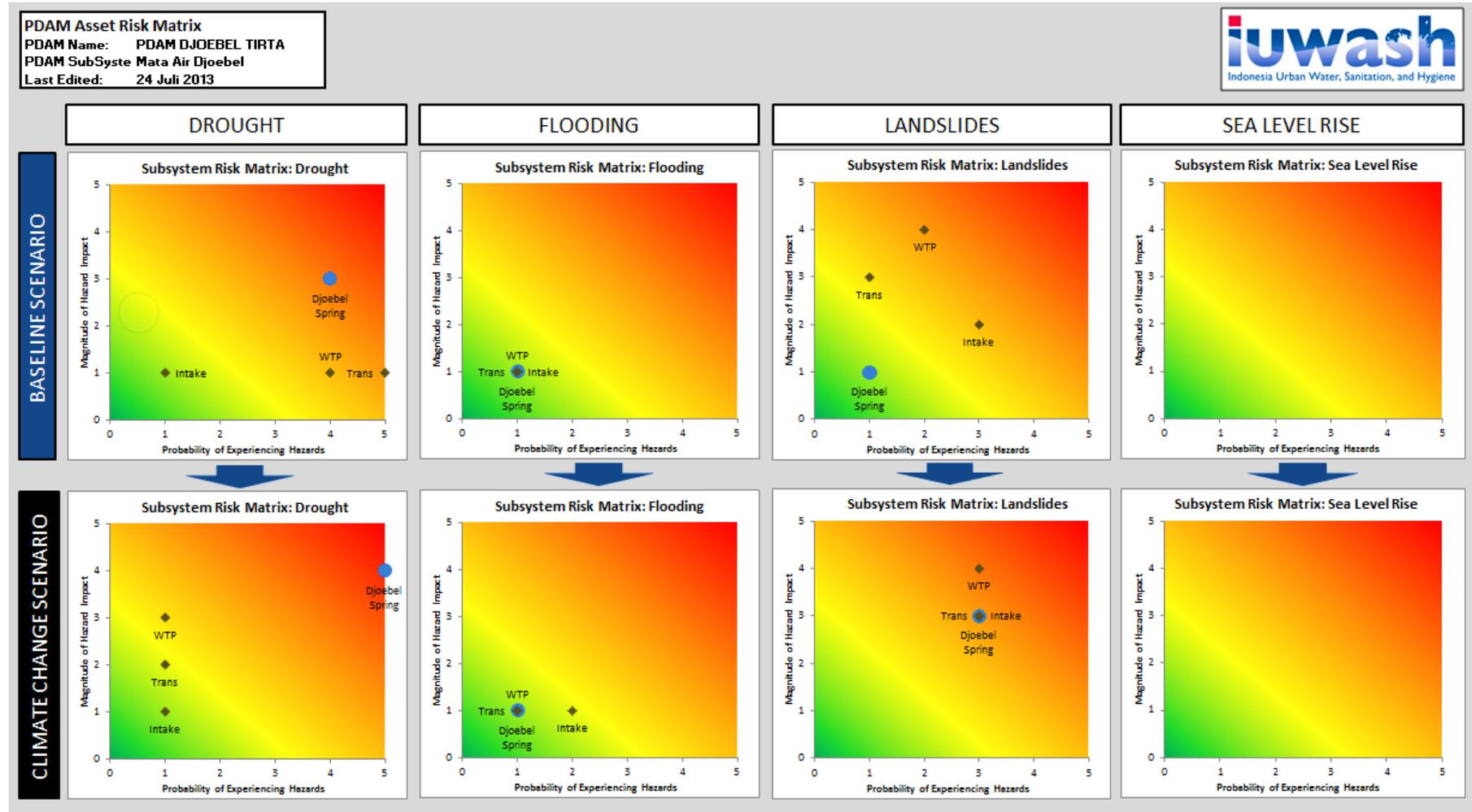
Rata-rata curah hujan tahunan per stasiun hujan (2002 – 2011)

Tahun	Curah hujan Stasiun (mm)															
	Pacet	Trawas	Pugeran	Pandan sari	Janjing	Kiegen	Ketangi	Pudak-sari	Mojo-sari	Tampung	Pasinan	Terusan	Sumber-soko	Cakar-ayam	Sambi-rote	Kasihnan
2002	128	109	98	147	120	130	121	98	110	104	80	97	115	125	104	
2003	92	101	95	95	85	82	108	89	95	80	70	98	104	92	115	84
2004	225	206	120	143	86	90	120	99	75	90	113	130	85	70	82	85
2005	95	120	89	128	85	90	126	102	95	99	75	88	50	86	90	75
2006	124	175	89	88	95	96	145	97	84	80	146	81	85	105	70	75
2007	109	153	94	163	90	85	74	98	98	76	111	89	105	86	85	95
2008	87	105	95	115	85	95	125	89	90	129	130	108	75	98	90	77
2009	94	100	81	104	85	98	65	118	88	79	125	136	108	97	85	80
2010	100	102	97	160	105	120	97	86	138	70	110	99	110	111	80	85
2011	93	151	60	91	95	60	79	66	89	43	80	101	56	50	90	80

Total curah hujan bulanan 2002 – 2011

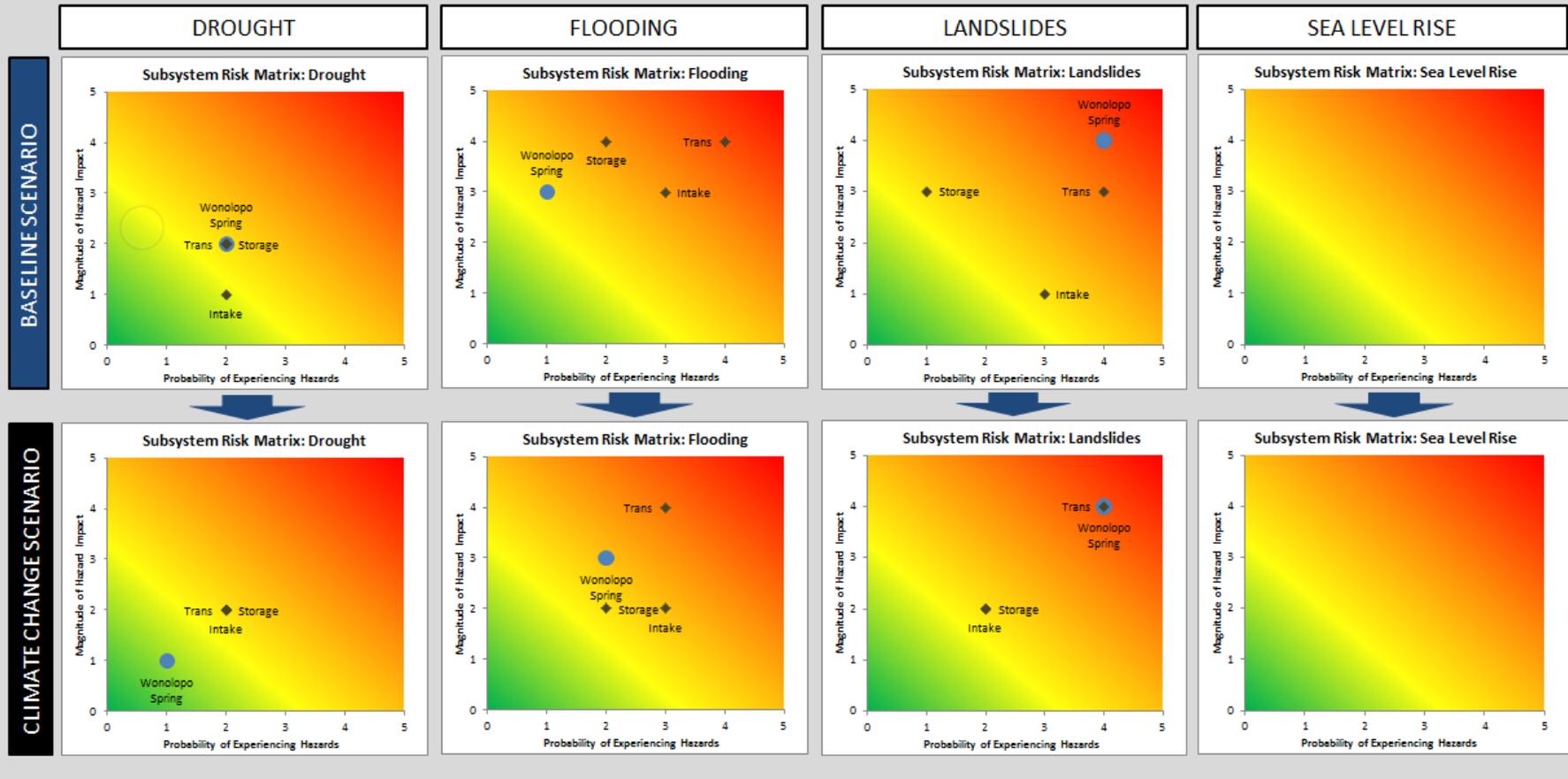
Bulan	Kumulatif Hujan										
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Januari	572	427	392	301	551	94	341	404	642	544	
Februari	443	561	499	285	514	615	598	415	619	359	
Maret	304	429	705	435	324	675	516	370	491	258	
April	186	77	104	361	152	311	219	104	580	370	
Mei	69	156	84	89	259	38	81	256	230	240	
Juni	0	44	21	111	27	31	20	100	43	39	
Juli	0	0	40	7	0	19	0	0	22	22	
Agustus	0	0	0	29	0	0	10	0	25	0	
September	0	0	0	0	0	0	0	0	78	0	
Oktober	0	17	0	0	0	0	124	0	202	0	
Nopember	75	258	191	164	24	0	133	81	178	266	
Desember	512	178	336	404	462	0	160	175	630	345	
Rata-rata	2161,0	2147,0	2372,0	2186,0	2313,0	1783,0	2202,0	1905,0	3740,0	2443,0	

LAMPIRAN 6: MATRIKS RISIKO ASET PER SUBSISTEM



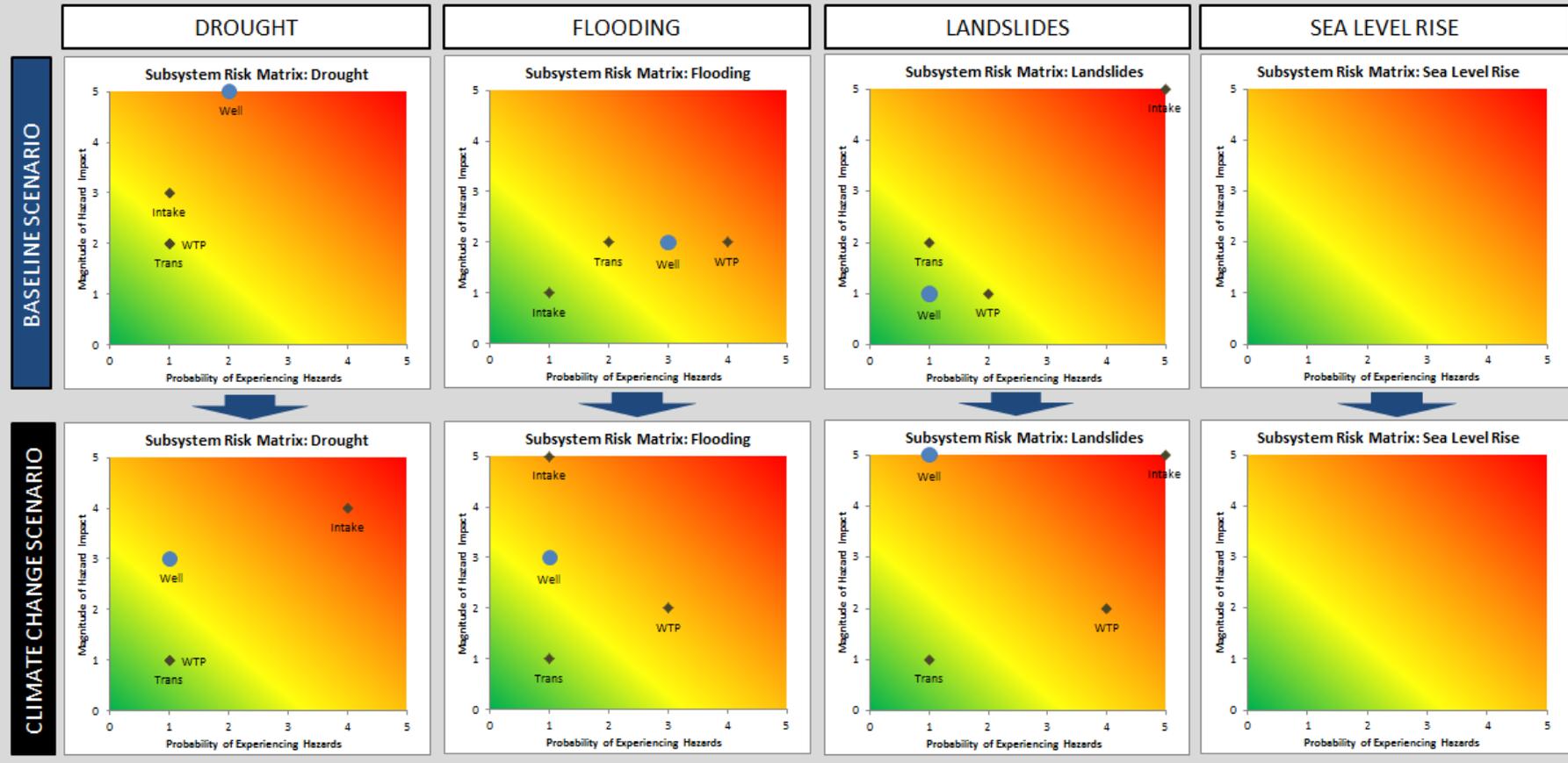
**KAJIAN KERENTANAN DAN RENCANA ADAPTASI PENYEDIAAN AIR MINUM PDAM KABUPATEN MOJOKERTO  
LAPORAN RANGKUMAN**

PDAM Asset Risk Matrix  
 PDAM Name: PDAM DJOEBEL TIRTA  
 PDAM SubSystem Wonolopo  
 Last Edited: 24 Juli 2013



**KAJIAN KERENTANAN DAN RENCANA ADAPTASI PENYEDIAAN AIR MINUM PDAM KABUPATEN MOJOKERTO  
LAPORAN RANGKUMAN**

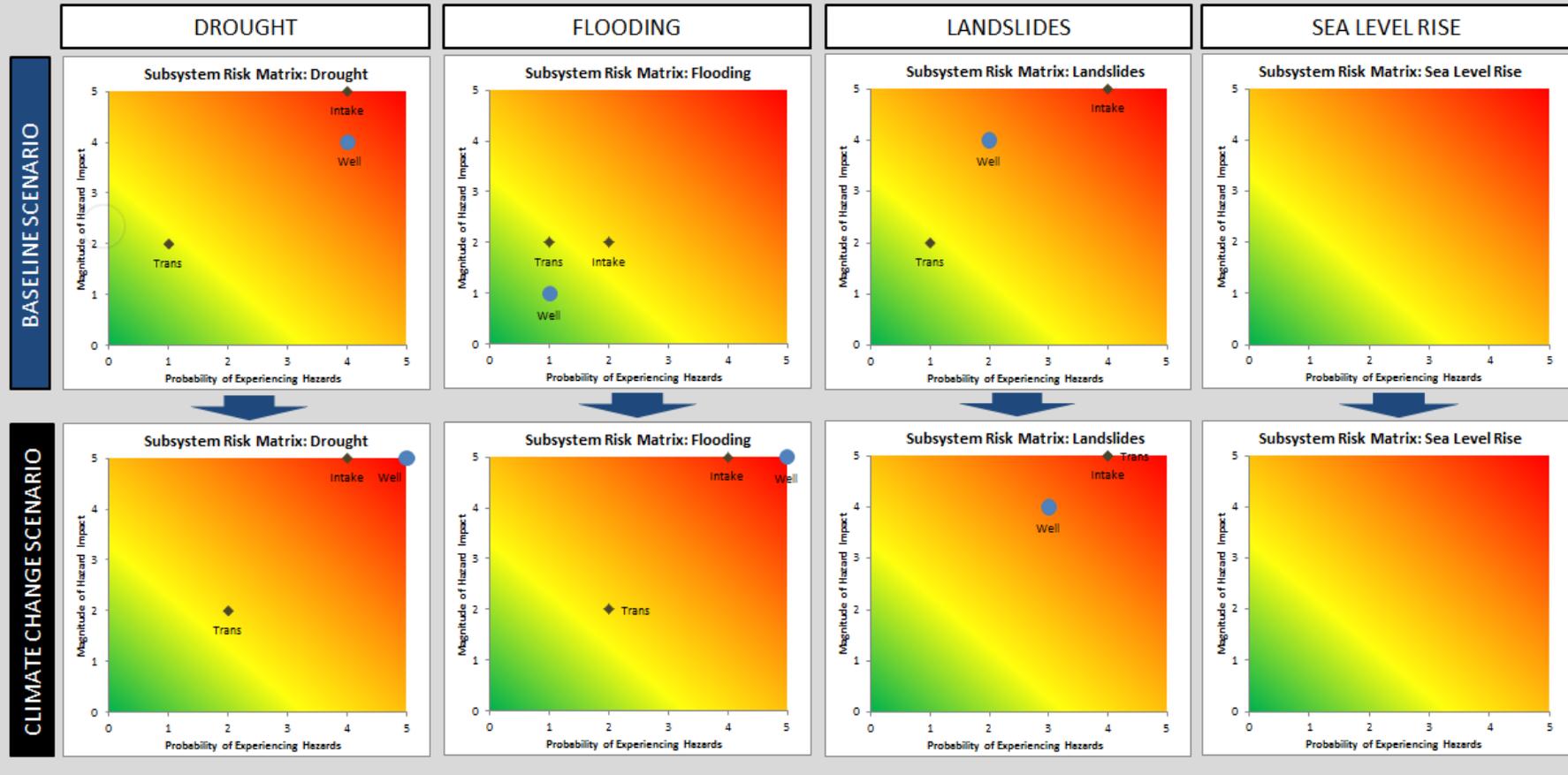
PDAM Asset Risk Matrix  
 PDAM Name: PDAM DJOEBEL TIRTA  
 PDAM SubSyste SPD Banyulegi Dawarblandong  
 Last Edited: 24 Juli 2013



Note that the high scoring of landslide risk for Banyulegi was due to problems within the well itself related to how it was constructed.

**KAJIAN KERENTANAN DAN RENCANA ADAPTASI PENYEDIAAN AIR MINUM PDAM KABUPATEN MOJOKERTO  
LAPORAN RANGKUMAN**

PDAM Asset Risk Matrix  
 PDAM Name: PDAM DJOEBEL TIRTA  
 PDAM SubSyste SPD Kemlagi  
 Last Edited: 24 Juli 2013



## LAMPIRAN 7: EVALUASI PILIHAN-PILIHAN ADAPTASI

Climate Change Adaptation Options for Mojokerto District Water Supply

Water Source: Jubel

Adaptation Classifications	Options of Adaptation Actions	Anticipated Hazard				Selection Criteria					Total Score
		Drought	Flood	Landslide	Sea Water Level Rise	Cost	Complexity (technical, coordination, etc)	Political Aspect	Speed of Implementation	Benefit	
Source Water Protection	Watershed Protection: Establishment of protected zones critical for water recharge or spring protection	*	*	*	*	3	2	3	3	3	14
	Improved water resources governance: establishment of water governance bodies/forum	*	*	*	*	3	2	3	3	3	14
	Strengthened regulatory environment, including groundwater and surface water extraction permits	*	*	*	*	2	1	1	1	3	8
	Aquifer recharge programs and technologies (managed aquifer recharge), e.g. infiltration ponds	*	*	*	*	3	2	3	3	3	14
	Farmer extension programs aimed at reducing soil erosion/run off and nutrient loading	*	*	*		3	3	3	3	3	15
	Improved wastewater collection and treatment and solid waste management	*	*	*		2	2	3	2	3	12
	Multi-stakeholders forums of upstream users to avoid/minimize potential conflicts for limited resources resulting in damage to property	*				3	3	3	3	3	15
	Payment for Environmental Services	*	*	*	*	2	1	1	1	3	8
	Maintenance of infiltration ponds										
Infrastructure Options	Increase access to improved sanitation systems to reduce pollution of upstream water sources and local groundwater	*	*			2	2	3	3	3	13
	Expand/upgrade/improve drainage systems	*	*	*		2	3	3	3	3	14
	Increase storage capacity (reservoirs, artificial lakes, etc.)	*	*			1	3	3	3	3	13
Water Demand Management/Efficiency	Water leakage reduction, including repair/replacement of aging piping	*	*	*		1	1	3	1	3	9
	Water meter maintenance and replacement	*				1	3	3	2	3	12
	Efficient water pricing (i.e. increasing block tariffs; progressive tariff)	*				1	1	1	1	3	7
	Social marketing for consumer behavior change	*				2	2	2	2	3	11
	Energy Efficiency measures to maintain service provision with reduced energy costs	*				1	2	3	2	3	11
	Consumer incentive programs to install efficient, lowflow devices, fixtures, and appliances	*				1	1	3	3	2	10
Planning and Information Management	Water Allocation Decision-Support Systems (including forecasting tools for water resou	*	*	*	*	1	1	3	3	3	11
	Installation of Hydrological / Meteorological / Groundwater Monitoring Stations	*	*	*	*	1	1	3	3	2	10
	Computerized Billing and Accounting	*	*	*	*	2	3	3	3	3	14
	Water resources research to, for example, better understand and map the location and	*	*	*	*	2	3	3	2	3	13
	Disaster Early Warning Systems	*	*	*	*	1	3	1	3	3	11
	Disaster Management Plans	*	*	*	*	1	3	3	3	3	13
	Water Safety Plans	*	*	*	*	2	3	3	3	2	13
	Monitoring & evaluation adaptation program implementation	*	*	*	*	2	3	3	3	3	14
Risk Transfer	Establishment of government and PDAM disaster reserve fund	*	*	*	*	2	3	3	3	3	14

Note:

Adaptation actions with the highest scores are priority for action planning

 Adaptation actions with the highest scores/priority and/or based on stakeholder discussion and consensus

 Non-priority adaptaion actions

Option "Strengthened regulatory environment, including groundwater and surface water extraction permits" is considered importance and priority (per stakeholder discussion)

Option "Maintenance of infiltration ponds" is priority for the ponds already construted (per stakeholder discussion)

**Climate Change Adaptation Options for Mojokerto District Water Supply**

**Water Source: SPD Kemlagi**

Adaptation Classifications	Options of Adaptation Actions	Anticipated Hazard				Selection Criteria					
		Drought	Flood	Landslide	Sea Water Level Rise	Cost	Complexity (technical, coordination, etc.)	Political Aspect	Speed of Implementation	Benefit	Total Score
Source Water Protection	Sustainable tree planting or reforestation	*	*	*	*	2	3	2	3	2	12
	Aquifer recharge programs and technologies (managed aquifer recharge), e.g. infiltration ponds	*	*	*	*	1	2	3	2	3	11
Infrastructure Options	Regular maintenace of intake facilities	*	*	*		3	3	3	3	3	15
	Improved security at areas of raw water sources	*	*			3	3	3	3	3	15
Water Demand Management/Efficiency	Control of water use to meet water demand (not excessive/inefficient water use)	*	*	*		3	3	3	3	3	15
	Efficient duration (daily run time) pump operation	*				3	2	3	3	3	14
Planning and Information Management	Survey/opservation and mapping of potential raw water sources (particularly springs)	*	*	*	*	3		3	3	3	12
Risk Transfer	Collaboration with private party	*	*	*	*	2	3	3	3	3	14

Note:

Option "Control of water use to meet water demand (not excessive/inefficient water use)" is not priority, since current consumption level stands at as low as 16 m3/month/connection (per stakeholder discussion)

**KAJIAN KERENTANAN DAN RENCANA ADAPTASI PENYEDIAAN AIR MINUM PDAM KABUPATEN MOJOKERTO  
LAPORAN RANGKUMAN**

**Climate Change Adaptation Options for Mojokerto District Water Supply**

**Water Source: Banyulegi Dawarblandong**

Adaptation Classifications	Options of Adaptation Actions	Anticipated Hazard				Selection Criteria					
		Drought	Flood	Landslide	Sea Water Level Rise	Cost	Complexity (technical, coordination, etc.)	Political Aspect	Speed of Implementation	Benefit	Total Score
Source Water Protection	Check dams to slow run-off and facilitate aquifer recharge	*	*	*		1	2	1	2	3	9
	Rainwater harvesting at village level (rainwater retention pond upstream)	*	*			1	1	1	2	3	8
	Construction of berms or dikes at areas vulnerable to landslide	*	*	*	*	2	2	2	2	3	11
	Infiltration ponds to improve recharge upstream	*	*			1	2	3	3	3	12
Infrastructure Options	Increase access to improved sanitation systems to reduce pollution of upstream water sources and local groundwater	*	*			3	3	3	3	3	15
	Protection of built infrastructure vulnerable to risk, particularly landslide	*	*	*	*	1	1	3	1	3	9
	Expand/upgrade/improve drainage systems at piping network vulnerable to flood	*	*			2	2	3	3	3	13
	Relocation / strengthening water infrastructure subject to flooding and other hazards		*		*	1	1	3	2	3	10

**KAJIAN KERENTANAN DAN RENCANA ADAPTASI PENYEDIAAN AIR MINUM PDAM KABUPATEN MOJOKERTO  
LAPORAN RANGKUMAN**

**Climate Change Adaptation Options for Mojokerto District Water Supply**

**Water Source: Wonolopo Pacet**

Adaptation Classifications	Options of Adaptation Actions	Anticipated Hazard				Selection Criteria					
		Drought	Flood	Landslide	Sea Water Level Rise	Cost	Complexity (technical, coordination, etc.)	Political Aspect	Speed of Implementation	Benefit	Total Score
Source Water Protection	Watershed Protection: Establishment of protected zones critical for water recharge or spring protection	*	*	*	*	1	1	1	1	3	7
	Improved water resources governance: establishment of water governance bodies/forum	*	*	*	*	1	2	1	1	3	8
	Strengthened regulatory environment, including groundwater and surface water extraction permits	*	*	*	*	1	1	1	1	3	7
	Aquifer recharge programs and technologies (managed aquifer recharge)	*	*	*	*	3	3	3	3	3	15
	Farmer extension programs aimed at reducing soil erosion/run off and nutrient loading	*	*	*		2	2	1	2	3	10
	Improved wastewater collection and treatment and solid waste management	*	*	*		1	1	1	1	3	7
	Multi-stakeholders forums of upstream users to avoid/minimize potential conflicts for limited resources resulting in damage to property	*				2	2	1	2	3	10
	Payment for Environmental Services	*	*	*	*	2	1	1	1	2	7
Infrastructure Options	Diversify water resources through construction of deep wells, new surface water intakes, inter-basin transfers, incl. cross jurisdiction cooperation (regionalization)	*	*	*	*	1	1	1	1	3	7
	Expand/upgrade/improve drainage systems	*	*		*	3	3	3	3	3	15
	Increase storage capacity (reservoirs, artificial lakes, etc.)	*	*			2	3	3	3	3	14
	Construction of berms, dikes, or sea walls for infrastructure vulnerable to risk, e.g. landslide		*	*		1	1	3	2	3	10
	Relocation/strengthening water infrastructure subject to flooding, including raising pumping stations and well heads, constructing aprons for bore-wells		*		*	1	1	3	2	3	10
Water Demand Management/Efficiency	Water leakage reduction, including repair/replacement of aging piping	*	*	*		2	3	3	3	3	14
	Water meter maintenance and replacement	*				2	3	3	3	3	14
	Efficient water pricing (i.e. increasing block tariffs; progressive tariff)	*				2	2	1	2	3	10
	Social marketing for consumer behavior change	*				3	3	3	3	2	14
Planning and Information Management	Computerized Billing and Accounting	*	*	*	*	1	2	3	2	3	11
	Water resources research to, for example, better understand and map the location and characteristics of aquifers	*	*	*	*	2	3	3	3	3	14
	Disaster Management Plans	*	*	*	*	3	2	1	2	2	10
	Water Safety Plans	*	*	*	*	2	3	3	2	3	13
	Monitoring & evaluation adaptation program implementation	*	*	*	*	2	3	3	3	3	14

## **INDONESIA URBAN WATER SANITATION AND HYGIENE**

**Mayapada Tower 10<sup>th</sup> Fl  
Jalan Jendral Sudirman Kav. 28  
Jakarta 12920  
Indonesia**

**Tel. +62-21 522 - 0540  
Fax. +62-21 522 - 0539**

**[www.iuwash.or.id](http://www.iuwash.or.id)**