

PENGARUH PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KETERSEDIAAN AIR BAKU PDAM KABUPATEN LEBAK*

The Impact of Climate Change on Raw Water Supply of PDAM Kabupaten Lebak

Teddy Prasetiawan

*Pusat Pengkajian Pengolahan Data dan Informasi
Sekretariat Jenderal DPR RI*

Naskah diterima: 30 Maret 2015

Naskah dikoreksi: 15 Mei 2015

Naskah diterbitkan: 30 Juni 2015

Abstract: PDAM Kabupaten Lebak highly depends on surface water as their only water resources. Currently, it abundantly flows in almost all region of Kabupaten Lebak. However, could it sufficiently provides the raw water in order to anticipate the improvement of service and the impact of climate change? By considering the condition of geology, hydrogeology, hydrology, and climatology, prediction is conducted to determine the availability of raw water supply for PDAM Lebak (Ciujung, Cimadur, and Cilangkahan river basin during the period from 2015 to 2050. The analysis is performed by integrating the climatological analysis using global climate models and water balance analysis using the Thornthwaite Mather method. When the analysis result meets the water demand projection of PDAM Lebak service area, it is known that raw water supply will occur in the year 2029 using B2 scenario and 2030 using A2 scenario in the Ciujung river basin, 2044 using B2 scenario and 2046 using A2 scenario in the Cimadur river basin, and 2037 using B2 scenario and 2039 using A2 scenario in the Cilangkahan river basin.

Keywords: Climate change, river basin, raw water supply deficit.

Abstrak: Suplai air baku PDAM Lebak sangat bergantung kepada air permukaan dalam memenuhi kebutuhan air bakunya. Saat ini ketersediaannya masih melimpah dan mengalir di hampir seluruh wilayah Kabupaten Lebak. Namun, apakah ketersediaan air baku tersebut dapat menjawab tantangan peningkatan pelayanan dan ancaman perubahan iklim? Dengan mempertimbangkan kondisi geologi, hidrogeologi, hidrologi, dan klimatologi, dilakukan prediksi terhadap ketersediaan air permukaan yang menjadi sumber air baku PDAM Lebak, yang meliputi DAS Ciujung, DAS Cimadur, dan DAS Cilangkahan dalam kurun waktu tahun 2015 hingga 2050. Analisis dilakukan dengan mengintegrasikan analisis klimatologi yang menggunakan model-model iklim global sebagai input perhitungan neraca air dalam analisis hidrologi yang menggunakan metode Thornthwaite Mather. Saat dikaitkan dengan proyeksi kebutuhan air bersih di wilayah pelayanan PDAM Lebak, diketahui bahwa terjadi defisit suplai air baku pada tahun 2029 dengan skenario B2 dan 2030 dengan skenario A2 di DAS Ciujung, tahun 2044 dengan skenario B2 dan 2046 dengan skenario A2 di DAS Cimadur, dan tahun 2037 dengan skenario B2 dan 2039 dengan skenario A2 di DAS Cilangkahan.

Kata kunci: Perubahan iklim, daerah aliran sungai (DAS), defisit suplai air baku.

Pendahuluan

Negara menjamin hak setiap orang untuk mendapatkan air yang sesuai baku mutu kesehatan dalam memenuhi kebutuhan pokok minimal sehari-hari guna menciptakan kehidupan yang sehat, bersih, dan produktif. Selain syarat kualitas, penyediaan air bersih juga harus memenuhi kriteria kuantitas, kontinuitas, dan keterjangkauan. Namun, untuk mencapai keempat kriteria tersebut tidaklah mudah. Kendala utama yang dihadapi adalah

ketersediaan air baku yang jumlah dan kualitasnya kian menurun.

Indonesia dengan luas total teretornya mencapai 1,9 juta mil merupakan negara dengan daerah area tangkapan hujan (*catchment area*) yang besar. Namun dari 21,12 mm/tahun volume air di udara yang jatuh sebagai hujan, hanya 25 persennya saja yang tertampung dalam waduk, sungai, danau, atau cekungan air tanah. Sedangkan 72 persennya terbuang percuma ke laut. Sisanya 3 persen dimanfaatkan untuk keperluan domestik dan pertanian (Kodoatie, 2008:28).

Data di atas merupakan data neraca air pada tahun 2000. Alih fungsi lahan yang merupakan

* Tulisan ini didasarkan pada hasil studi *Water Supply Vulnerability Assesment Baseline Study* PDAM Kabupaten Lebak - Banten, yang didanai oleh *Indonesian Urban Water Sanitation and Hygiene* (IUWASH) 2015.

konsekuensi dari pertumbuhan penduduk dan pembangunan mengurangi kemampuan alam dalam menampung air hujan dalam waktu lama sebagai cadangan air. Jumlah air yang harusnya menyerap ke dalam tanah (infiltrasi) terhalang oleh beton dan aspal sehingga tidak mampu mengalir ke dalam pori-pori tanah untuk mengisi cekungan di dalam tanah dan batuan sebagai air tanah.

Demikian pula dengan sungai, waduk, dan tanah yang semakin dangkal menyebabkan kapasitas tampungnya menurun, sehingga air larian (*run off*) tidak hanya melintasi pola aliran alamnya saja, tetapi juga mengalir ke luar badan air dan menciptakan genangan atau banjir.

Dampak yang paling dirasakan akibat perubahan iklim di Indonesia adalah anomali iklim. Fenomena ini menyebabkan musim hujan berlangsung lebih singkat dengan intensitas yang meningkat dan musim kemarau yang berlangsung lebih lama dari kondisi biasa. Air hujan yang turun dengan intensitas yang tinggi tidak mampu ditampung badan air, sehingga mengalir dengan cepat ke laut dan musim kemarau yang relatif lebih panjang mengakibatkan kekeringan. Di sisi lain, kita masih saja beranggapan bahwa ketersediaan air di Indonesia berlimpah jumlahnya. Pada kenyataannya, ketersediaan air semakin terancam keberadaannya akibat alih fungsi lahan dan perubahan iklim.

Penting bagi kita untuk mengetahui seberapa besar cadangan air yang masih kita miliki dalam rangka memenuhi berbagai kebutuhan manusia dan alam. Pengetahuan tersebut akan menjadi peringatan bagi kita agar lebih bijak memanfaatkan air dan agar segera mengambil langkah-langkah yang tepat dalam menghindari kelangkaan air di masa depan.

Tulisan ini membahas tentang pengaruh perubahan iklim terhadap ketersediaan air baku bagi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Lebak yang meliputi DAS Ciujung, DAS Cimadur, dan DAS Cilangkahan dalam kurun waktu tahun 2015 hingga 2050 dengan mengulas beberapa aspek, seperti faktor geologi, hidrologi, dan hidrogeologi, serta klimatologi terhadap ketersediaan air baku dalam memenuhi kebutuhan air minum penduduk Kabupaten Lebak melalui layanan PDAM. Analisis dilakukan dengan mengintegrasikan analisis klimatologi yang menggunakan model-model iklim global sebagai input perhitungan neraca air dalam analisis hidrologi yang menggunakan metode Thornthwaite Mather¹.

¹ Konsep neraca air digunakan oleh Thornthwaite Mather (1955) untuk menentukan Indeks Kekeringan. Metode ini menekankan pentingnya faktor curah hujan (P) dan evapotranspirasi potensial (PE) sebagai faktor iklim. Selain itu juga dibutuhkan parameter kelengasan tanah dan tanaman.

Gambaran Umum Kabupaten Lebak

Kabupaten Lebak memiliki letak geografis 105°25'-106°30' BT dan 6°18'-7°00' LS. Secara administratif, Kabupaten Lebak sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Serang, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Pandeglang, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Tangerang, Kabupaten Bogor, dan Kabupaten Sukabumi, sedangkan pada bagian selatan berbatasan dengan Samudra Hindia. Luas wilayah Kabupaten Lebak adalah 304.472 hektar atau 3.044,72 km² (BPS Kabupaten Lebak, 2014).

Jumlah penduduk Kabupaten Lebak pada tahun 2013 adalah 1.247.906 jiwa dengan rata-rata laju pertumbuhan penduduk sebesar 0,67% (BPS Kabupaten Lebak, 2014). Berdasarkan data Sensus Penduduk 2010, sebanyak 13,84 persen penduduk Kabupaten Lebak merupakan penduduk perkotaan sedangkan 86,16 persen adalah penduduk pedesaan. Penduduk perkotaan terdistribusi di Kecamatan Malingping, Bayah, Cipanas, Warunggunung, Cibadak, Rangkasbitung, Kalanganyar, dan Maja. Penduduk perkotaan terbesar terdapat di Kecamatan Rangkasbitung yang merupakan Ibu Kota Kabupaten Lebak dengan persentase 71,3 persen (www.bps.go.id). Lapangan pekerjaan utama penduduk Kabupaten Lebak adalah sektor pertanian, perkebunan, kehutanan, perburuan, dan perikanan (BPS Kabupaten Lebak, 2014).

Institusi pengelola penyedia air minum di Kabupaten Lebak adalah PDAM Kabupaten Lebak. Pelayanan PDAM Kabupaten Lebak memiliki karakter yang berbeda dari daerah lainnya, yaitu memiliki cabang pelayanan yang tersebar di beberapa daerah, yaitu: PDAM Rangkasbitung, PDAM Cabang Malingping, PDAM Cabang Sajira, PDAM Cabang Cipanas, dan PDAM Cabang Bayah, ditambah dengan sistem penyediaan air minum (SPAM) ibu kota kecamatan (IKK) Kalanganyar dan SPAM IKK Leuwidamar (PDAM Kabupaten Lebak, 2014).

Air baku PDAM Kabupaten Lebak berasal dari air permukaan yang menggunakan 5 sungai utama, yaitu Sungai Ciujung, Sungai Ciberang, Sungai Cisimeut, Sungai Cilangkahan, dan Sungai Cidikit dengan jumlah instalasi *intake* sebanyak 7 unit. *Intake* yang dibangun di tepi sungai tersebut adalah *intake* Kalanganyar (Sungai Ciujung), *intake* Pabuaran (Sungai Ciujung), *intake* Sajira (Sungai Ciberang), *intake* Leuwidamar (Sungai Cisimeut), *intake* Cipanas (Sungai Ciberang), *intake* Malingping (Sungai Cilangkahan), dan *intake* Bayah (Sungai Cidikit). *Intake* tersebut mengalirkan air ke instalasi pengolahan air (IPA) yang jaraknya relatif dekat dengan lokasi *intake*

dengan mengoperasikan pompa *submersible* atau *sentrifugal* (hanya di *intake* Leuwidamar) yang berjumlah rata-rata 2 unit dengan sistem kerja bergantian (kecuali di *intake* Pabuaran yang mengoperasikan 8 pompa) (PDAM Kabupaten Lebak, 2014).

IPA Pabuaran terletak di Kecamatan Rangkasbitung. IPA tersebut melayani Kecamatan Rangkasbitung, Kecamatan Cibadak, dan Kecamatan Warunggunung dengan kapasitas 220 Liter/detik (l/s). IKK Kalanganyar melayani Kecamatan Kalanganyar dengan kapasitas 20 l/s. PDAM cabang Sajira melayani Kecamatan Sajira berkapasitas 10 l/s. PDAM cabang Cipanas melayani 2 kecamatan, yaitu Kecamatan Cipanas dan Kecamatan Lebakgedong, dengan kapasitas 20 l/s. PDAM cabang Malingping melayani Kecamatan Malingping berkapasitas 20 l/s. Selain itu terdapat pula SPAM IKK Leuwidamar yang melayani 3 kecamatan yaitu Kecamatan Leuwidamar, Kecamatan Cimarga, dan Kecamatan Muncang berkapasitas 50 l/s. Terakhir, PDAM Bayah yang melayani Kecamatan Bayah memiliki kapasitas 20 l/s (PDAM Kabupaten Lebak, 2014).

Secara umum, pemakaian air per orang per hari (l/o/h) oleh rumah tangga di Indonesia berjumlah antara 50 sampai 99,9 liter sebanyak 28,3 persen, antara 100 sampai 300 liter sebanyak 40 persen, kurang dari 20 liter sebanyak 4,9 persen, dan kurang dari 7,5 liter sebanyak 0,1 persen. Fakta yang mengejutkan adalah proporsi rumah tangga tertinggi untuk pemakaian air antara 100-300 l/o/h paling tinggi dicapai oleh Provinsi Banten, yaitu sebanyak 54,5 persen (Balitbangkes, 2013:84). Konsumsi yang tinggi terhadap air ini perlu didukung oleh pelayanan air bersih yang mampu

memenuhi kriteria kualitas, kuantitas, kontinuitas, dan keterjangkauan (4K), baik itu melalui sistem jaringan perpipaan atau jaringan bukan perpipaan terlindungi.

Kondisi Fisik Dasar Kabupaten Lebak

Jawa Barat dan Banten menjadi lima zona fisiografi, yaitu: Dataran Rendah Pantai Jakarta, Zona Bandung, Zona Bogor, Pegunungan Bayah, dan Zona Pegunungan Selatan. Berdasarkan pembagian tersebut, Kabupaten Lebak termasuk ke dalam Zona Bogor dan Zona Pegunungan Bayah (lihat Gambar 1). Gambaran bentang alam, batuan penyusun, dan kondisi deformasi yang terjadi pada batuan di Kabupaten Lebak secara umum tercermin dalam zona fisiografi tersebut, yang membagi wilayah ini menjadi dua bagian (utara dan selatan) yang memiliki potensi lingkungan alam yang berbeda. Bagian utara wilayah ini termasuk ke dalam Zona Bogor yang umumnya bermorfologi perbukitan memanjang dengan arah barat-timur. Morfologi perbukitan ini merupakan antiklinorium kuat yang disertai oleh pensesaran. Batuan penyusunnya terdiri atas batuan sedimen tersier dan batuan beku baik intrusif maupun ekstrusif. Di bagian selatan berkembang Zona Pegunungan Bayah, yang disusun oleh endapan tersier hingga resen. Zona Pegunungan Bayah ini juga disebut Kubah Bayah karena bentuknya yang menyerupai sebuah kubah. Komposisi litologi yang menyusun daerah ini adalah endapan hasil gunungapi muda dan endapan sungai, serta pada dataran tinggi ditempati oleh batuan yang berumur tersier yang terdeformasikan dengan kuat (Van Bemmelen, 1949: 639-644).



Keterangan : Kotak dalam kotak adalah wilayah Kabupaten Lebak
 Sumber : van Bemmelen, 1949

Gambar 1. Pembagian Fisiografi Jawa Barat – Banten (van Bemmelen, 1949)

Ketinggian wilayah di Kabupaten Lebak dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelas ketinggian (RTWR Kabupaten Lebak 2014-2034), yaitu:

1. Ketinggian antara 100-500 meter di atas permukaan air laut; tersebar di Kecamatan Banjarsari, Bayah, Bojongmanik, Cibadak, Cibeber, Cigemblong, Cihara, Cijaku, Cikulur, Cileles, Cilograng, Cimarga, Cipanas, Cirinten, Curugbitung, Gunungkencana, Kalanganyar, Lebakgedong, Malingping, Muncang, Panggarangan, Rangkasbitung, Maja, Wanasalam, Warunggunung, Kalanganyar.
2. Ketinggian antara 500-1.000 meter di atas permukaan air laut; tersebar di sebagian Kecamatan Bayah, Bojongmanik, Cibeber, Cigemblong, Cijaku, Cileles, Cilograng, Cipanas, Cirinten, Gunungkencana, Lebakgedong, Leuwidamar, Panggarangan, Muncang, Sajira dan Sobang.
3. Ketinggian lebih dari 1.000 meter di atas permukaan air laut; tersebar di sebagian kecil Kecamatan Cibeber, Cipanas, Lebakgedong, Muncang dan Sobang.

Kabupaten Lebak berdasarkan lerengnya terbagi menjadi beberapa kelas (RTWR Kabupaten Lebak 2014-2034), yaitu:

1. 0 – 2%, tersebar di bagian selatan, barat, dan utara Kabupaten Lebak,
2. 2 – 5%, tersebar di bagian selatan, barat, dan utara Kabupaten Lebak,
3. 5 – 15%, terletak di bagian tengah dan selatan ke arah timur Kabupaten Lebak.

Sementara itu, morfologi Kabupaten Lebak dapat dibagi menjadi (RTWR Kabupaten Lebak 2014-2034):

1. Dataran, tersebar di bagian, utara, barat dan selatan Kabupaten Lebak,
2. Perbukitan landai, tersebar di bagian selatan dan utara ke arah timur Kabupaten Lebak,
3. Perbukitan bergelombang, terletak di bagian tengah dan selatan ke arah timur Kabupaten Lebak.
4. Perbukitan terjal, terletak di bagian tengah ke arah timur Kabupaten Lebak
5. Gunung/Pegunungan, 40%, terletak di bagian timur Kabupaten Lebak.

Dalam UU No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air didefinisikan bahwa Cekungan Air Tanah (CAT) adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas-batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis mencakup proses imbunan, pengaliran, pelepasan air tanah berlangsung. Kondisi geologi yang diuraikan di atas sangat

berkaitan erat dengan jenis batuan yang dapat berperan sebagai media penyimpan air (akifer), serta penyebaran batuan tersebut. Terdapat 3 CAT yang tersebar di Kabupaten Lebak, yaitu CAT Malingping, CAT Labuhan, dan CAT Serang-Tangerang. Ketiga CAT tersebut tidak tersebar secara luas sehingga potensinya tidak terlalu besar untuk dijadikan sebagai sumber air dalam kapasitas besar (lihat Gambar 2).

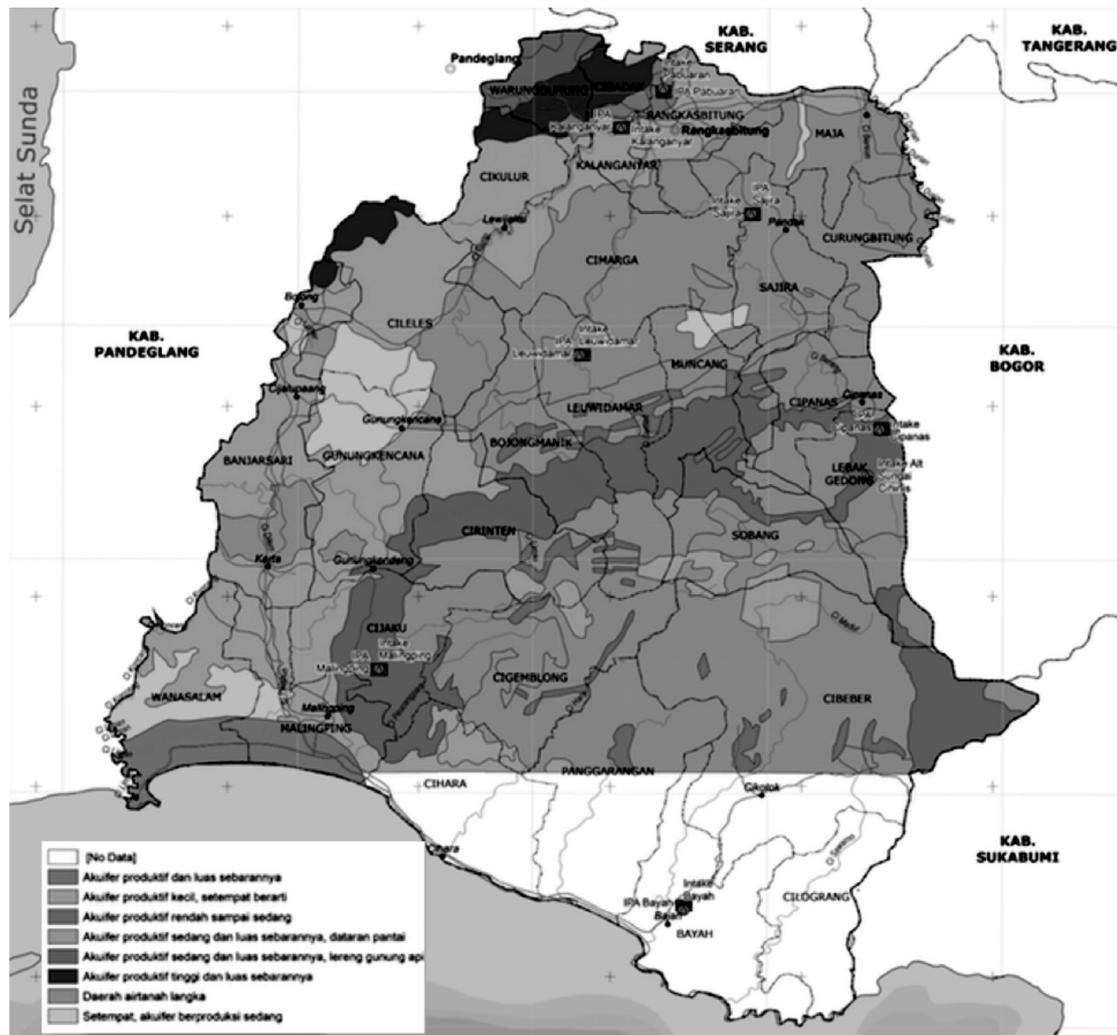
Kabupaten Lebak pada umumnya disusun oleh bukan cekungan atau cekungan air tanah tidak potensial dengan produktifitas akifernya rendah dan daerah air tanah langka. Sistem akifer rekahan mendominasi sebagai akibat adanya patahan atau rekahan yang tersebar secara luas di batuan gunungapi dan pengendapan hasil rombakan endapan gunungapi tersebut. Meskipun ada di beberapa tempat akifer ruang antar butir dengan produktifitas sedang tersebar akan tetapi penyebarannya tidak terlalu luas. Hal ini dapat dilihat juga dari tidak adanya *intake* PDAM yang menggunakan air tanah sebagai sumber airnya.

Selain itu, kondisi geologi Kabupaten Lebak yang cukup kompleks, dengan berbagai variasi batuan penyusun dan deformasi yang terjadi pada tubuh batuan (lipatan, patahan, kekar/rekahan), mengakibatkan wilayah ini memiliki kemampuan untuk meresapkan air melalui retakan dan rekahan pada batuan ke dalam tanah (*infiltrasi*) lebih besar daripada air yang mengalir di permukaan (*surface run-off*). Di sisi lain, batulempung dan batuan beku yang telah berubah menjadi sangat padu, yang cukup dominan di Kubah Bayah, dapat menjadi lapisan penyekat bagi jalannya air untuk membentuk cekungan air tanah yang potensial. Oleh karena itu, cadangan air tanah di wilayah ini tidak sebesar air hujan yang terinfiltrasi. Air yang terlanjur masuk ke dalam tanah pada akhirnya keluar kembali melalui rekahan-rekahan mengisi sungai-sungai yang mengalir di wilayah tersebut (*effluent*), sehingga debit sungai akan menjadi lebih besar daripada hasil perhitungan neraca air.

Dari uraian di atas maka dapat ditarik kesimpulan bahwa PDAM Kabupaten Lebak sangat bergantung kepada sumber air permukaan dalam memenuhi kebutuhan akan air baku.

Kondisi Iklim dan Prediksi Perubahan Iklim

Perubahan iklim menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) merupakan perubahan sifat dan variabilitas iklim yang berlangsung dalam periode yang lama, yang dapat diidentifikasi dengan menggunakan uji statistik dari parameter-parameter iklim (IPCC, 2001). Perubahan iklim terutama disebabkan



- Sumber :
1. Batas Administrasi, Bappeda Kabupaten Lebak;
 2. Peta RTRW Kabupaten Lebak 2014-2034;
 3. Kabupaten Lebak dalam Angka 2014;
 4. Direktori Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, 2004; dan
 5. Hasil analisis studi *Water Supply Vulnerability Assessment Baseline Study PDAM Kabupaten Lebak-Banten*.

Gambar 2. Peta Cekungan Air Tanah (CAT) Kabupaten Lebak

oleh aktivitas manusia baik langsung maupun tidak langsung yang dapat merubah komposisi atmosfer secara global. Peningkatan gas-gas rumah kaca menjadi penyebab pemanasan global yang memicu terjadinya perubahan iklim. Salah satu gas rumah kaca yaitu karbon dioksida (CO_2) merupakan kontributor utama dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi dan gas, selain itu CO_2 juga bisa dihasilkan dari penebangan hutan (deforestasi). Peningkatan konsentrasi CO_2 di atmosfer ini akan mengakibatkan naiknya temperatur permukaan bumi yang dapat menyebabkan melelehnya es di kutub utara dan kutub selatan, sehingga tinggi muka air laut pun akan mengalami peningkatan.

Perubahan iklim merupakan tantangan lingkungan terpenting yang dihadapi manusia

karena berpengaruh pada sektor pangan, ekosistem, kesehatan, bahkan penyediaan air bersih. Hasil penelitian terbaru IPCC tahun 2001 mendemonstrasikan perubahan sistem iklim global dan regional sejak era Revolusi Industri. Ditemukan bukti bahwa aktivitas manusia selama 50 tahun terakhir menyebabkan peningkatan drastis pada pemanasan bumi. Lebih jauh dinyatakan bahwa 10 tahun terpanas yang diukur sejak 140 tahun lalu terjadi dalam 15 tahun terakhir (Ravindranath, 2001:1).

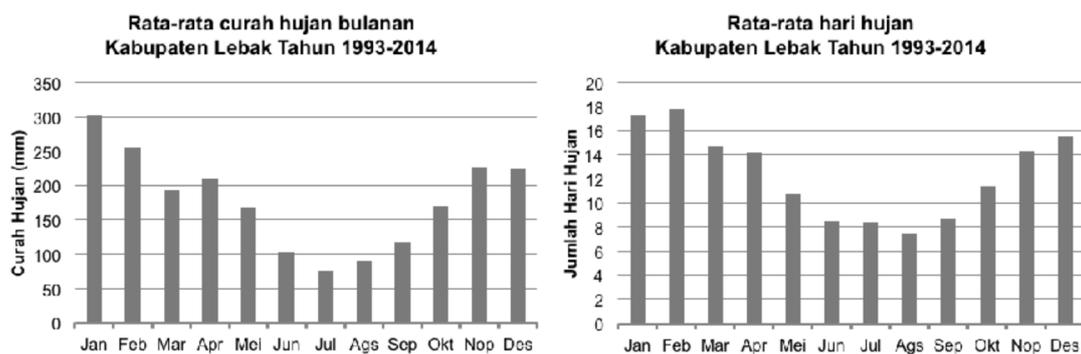
Dengan pola aktivitas emisi saat ini, dalam kurun waktu 100 mendatang konsentrasi CO_2 akan meningkat 2 kali lipat dibandingkan dengan zaman industri, yaitu sekitar 580 ppm. Dengan kondisi ini peningkatan suhu bumi akan berlangsung dalam kisaran 1,5 hingga 4,5 °C yang tentunya bervariasi

dari satu wilayah ke wilayah lain. Meskipun kenaikan suhu udara kelihatannya kecil, beberapa tempat, ekosistem, atau masyarakat tertentu akan sangat rentan (*vulnerable*) menghadapi perubahan tersebut. Kondisi ini diperburuk apabila kemampuan ekosistem atau masyarakat untuk beradaptasi dengan perubahan iklim rendah. Peningkatan suhu pada gilirannya akan mengubah pola dan distribusi curah hujan. Kecenderungannya adalah bahwa daerah kering akan menjadi makin kering dan daerah basah menjadi makin basah sehingga kelestarian sumber daya air akan terganggu (Murdiyarso, 2003:17).

Perubahan iklim diukur berdasarkan perubahan komponen utama iklim, yaitu suhu atau temperatur, musim (hujan dan kemarau), kelembaban dan angin. Dari variabel-variabel tersebut variabel yang paling banyak dikemukakan adalah suhu dan curah hujan (BMKG, 2011). Curah hujan di Indonesia merupakan parameter yang memiliki variabilitas sangat tinggi sehingga kondisi iklim di Indonesia dikelompokkan berdasarkan karakteristik curah hujan.

Hasil analisis curah hujan Kabupaten Lebak tahun 1993-2014 menunjukkan bahwa puncak musim hujan terjadi pada bulan Januari sedangkan puncak musim kemarau terjadi pada bulan Juli. Rata-rata curah hujan tahunan sebesar 2170 mm, yang termasuk pada jumlah curah hujan sedang. Kabupaten Lebak didominasi oleh bulan basah (curah hujan > 100 mm/bulan) dan terdapat 2 bulan basah (curah hujan 60-100 mm/bulan) yang jatuh pada bulan Juli dan Agustus. Klasifikasi bulan kering (curah hujan < 60 mm/bulan) tidak terdapat di Kabupaten Lebak. Frekuensi hujan di Kabupaten Lebak menunjukkan bahwa rata-rata jumlah hari hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan Februari, yaitu sebanyak 18 hari hujan. Sementara itu, jumlah hari hujan terendah terjadi di bulan Agustus yaitu sebanyak 7 hari hujan. Hal ini menunjukkan bahwa sepanjang tahun tidak ada bulan kering di Kabupaten Lebak, dimana saat musim kemarau pun, jumlah hari hujan cukup banyak.

Sementara temperatur rata-rata bulanan tertinggi di bulan Maret yaitu sekitar 29°C dan temperatur rata-rata terendah terjadi di bulan Juli yaitu sekitar 27,5 °C (lihat Gambar 3).



Sumber: Diolah dari Data Stasiun Meteorologi Pertanian Khusus Bojongleles Lebak-Banten.

Gambar 3. Rata-rata Curah Hujan Bulanan dan Hari Hujan Kabupaten Lebak

Ada tiga pola curah hujan di Indonesia yaitu pola curah hujan jenis monsun, ekuator, dan jenis lokal (Tjasjono, 1999). Tetapi pada umumnya, curah hujan di Indonesia sangat dipengaruhi oleh monsun yang ditimbulkan oleh adanya sel tekanan tinggi dan sel tekanan rendah di Benua Asia dan Australia secara bergantian. Untuk wilayah Banten yang berada pada wilayah selatan dari ekuator memiliki curah hujan jenis monsun (Pribadi, 2012:2).

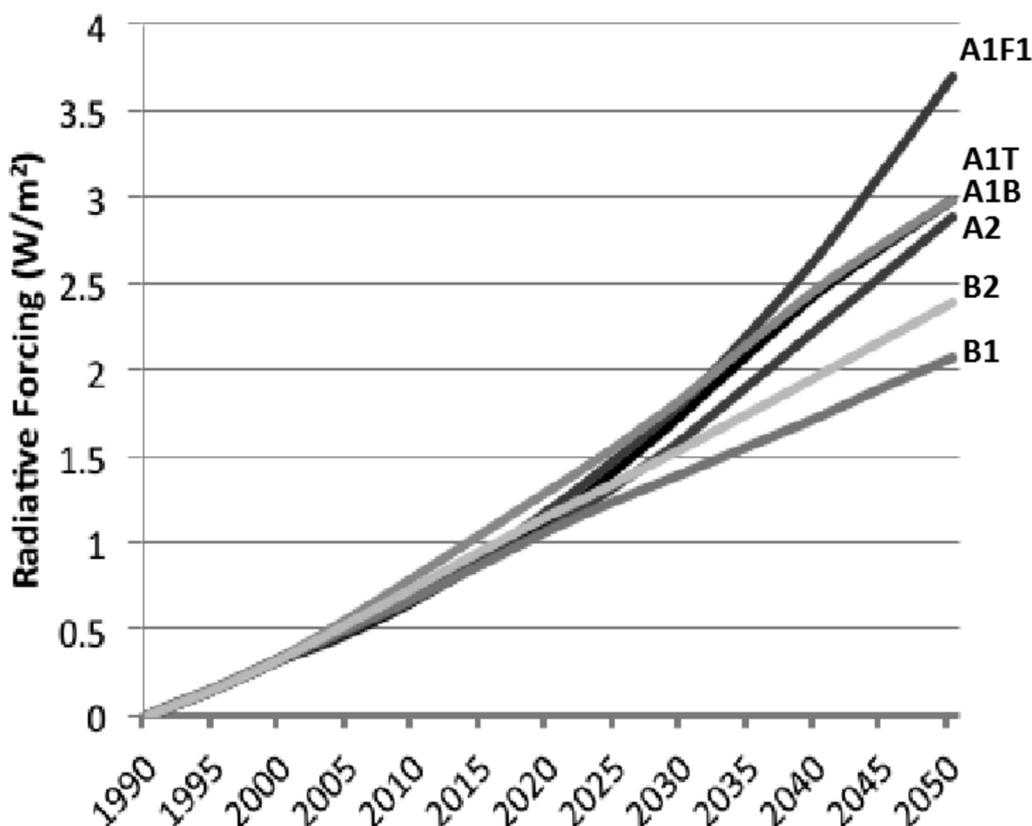
Begitu pula dengan Kabupaten Lebak, sebagian besar wilayahnya dipengaruhi oleh pola curah hujan monsun, yaitu periode musim hujan memiliki perbedaan yang jelas dengan periode musim kemarau. Sebagian kecil daerah di bagian tenggara Kabupaten Lebak terletak di kawasan Pegunungan Halimun sehingga memiliki pola curah hujan yang bersifat lokal.

Perubahan iklim di masa depan dapat diproyeksikan dengan menggunakan model-model iklim global (*Atmosphere-Ocean Global Climate Models*, AOGCMs). Proyeksi iklim disimulasikan dengan salah satu perangkat generator skenario iklim yaitu MAGICC/ SCENGEN. Perangkat lunak dan algoritma dalam MAGICC (*Model for the Assessment of Green house gas-Induced Climate Change*) digunakan untuk mengetahui parameter gas rumah kaca secara global. Sedangkan SCENGEN (*Spatial Climate-Change Scenario Generator*) merupakan algoritma untuk menghasilkan skenario perubahan iklim regional. Keluaran model SCENGEN dalam penelitian ini adalah hasil rata-rata dari model Echo-G, MRI-232A, dan CSIRO-30. Ketiga model tersebut memiliki bias paling rendah dan korelasi pola yang cukup tinggi dalam menggambarkan perubahan

iklim regional di Indonesia. Model Echo-G dan MRI-232A sangat baik menggambarkan perubahan curah hujan di Indonesia sepanjang musim (Faqih, 2008).

Salah satu parameter untuk mengetahui gejala terjadinya perubahan iklim adalah *radiative forcing*. *Radiative forcing* didefinisikan sebagai perbedaan antara energi radiasi yang diterima oleh bumi dengan yang dipantulkan kembali ke

telah menyusun beberapa skenario emisi, yaitu A1, A2, B1 dan B2. Pada skenario emisi A1 dibagi menjadi tiga kelompok. Ketiga sub-kelompok tersebut dibagi berdasarkan penekanan pada pemanfaatan teknologi, yaitu yang menggunakan energi fosil secara intensif (A1F1), energi nonfosil secara intensif (A1B), dan energi fosil dan nonfosil secara berimbang (A1T), selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4 (IPCC, 2000).



Sumber : IPCC, 2001.

Gambar 4. *Radiative Forcing* dari Total Konsentrasi Gas-gas Rumah Kaca pada Skenario IPCC

luar bumi. Semakin besar *radiative forcing*, maka semakin besar energi yang masuk ke bumi, sehingga memanaskan sistem. Sedangkan semakin kecil *radiative forcing*, maka semakin banyak energi yang keluar sehingga mendinginkan bumi. Hubungan antara konsentrasi CO₂ dengan *radiative forcing* bersifat logaritmik. Artinya, perubahan konsentrasi CO₂ yang kecil akan dapat meningkatkan *radiative forcing* sehingga akan lebih banyak energi yang masuk atau sistem dapat dengan mudah menjadi lebih panas.

Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah gas rumah kaca antara lain pertumbuhan penduduk, perkembangan kondisi sosial-ekonomi, dan perkembangan teknologi. Oleh karena itu, dalam menduga besarnya emisi sampai tahun 2050, IPCC

Gambar 4 menunjukkan nilai *radiative forcing* tertinggi terdapat pada skenario A1F1 dan terendah pada skenario B1. Tingginya nilai *radiative forcing* pada skenario A1F1 terkait dengan asumsi yang digunakannya, antara lain populasi penduduk yang tinggi disertai dengan pemanfaatan energi fosil secara intensif. Dampak dari hal ini adalah meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer yang akan diikuti dengan naiknya suhu muka bumi. Nilai *radiative forcing* skenario B1 menunjukkan hal yang sebaliknya, yaitu hanya 2 W/m² pada tahun 2050-an. Dalam skenario B1, asumsi yang digunakan adalah bersifat lebih ramah terhadap lingkungan seperti penggunaan teknologi bersih dan hemat. Pada skenario B2 dan A2 terjadi peningkatan *radiative forcing* relatif sedang.

Skenario yang digunakan selanjutnya adalah skenario A2 dan B2 yang menggunakan asumsi bahwa pada masa datang kondisi antar wilayah sangat beragam dan pembangunan ekonomi sangat berorientasi wilayah sehingga akan terjadi fragmentasi antar wilayah baik pertumbuhan pendapatan per kapita maupun perubahan teknologi (A2) dan menekankan pada upaya penyelesaian masalah ekonomi, sosial, dan lingkungan secara lokal serta populasi global terus meningkat tetapi dengan laju sedikit lebih rendah dari skenario A2 dan pembangunan ekonomi pada tingkat sedang (B2).

Dari proyeksi perubahan iklim wilayah kajian menunjukkan pola tahunan dari temperatur rata-rata meningkat dibandingkan rata-rata temperatur pada kondisi saat ini. Kenaikan temperatur lebih besar terjadi pada skenario B2 yang merepresentasikan konsentrasi gas-gas rumah kaca yang lebih tinggi dibanding skenario A2. Kenaikan temperatur pada periode tahun 2050 mencapai 1,1°C pada skenario B2. Sedangkan pada skenario A2 mengalami kenaikan berkisar 0,9°C.

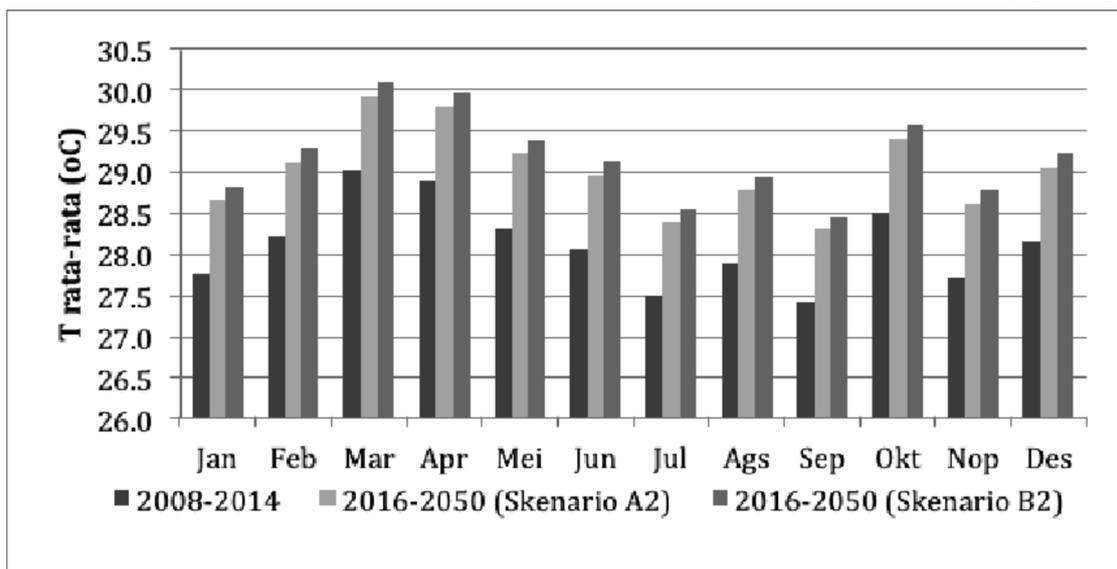
Gambar 5 berikut ini memperlihatkan dampak perubahan iklim terhadap temperatur udara Kabupaten Lebak yang menunjukkan hasil yang cukup signifikan. Kenaikan temperatur udara akan menyebabkan peningkatan proses evaporasi. Peningkatan evaporasi akan menyebabkan penurunan curah hujan sehingga sumber daya air di daerah penelitian akan berkurang dan dapat menyebabkan kerentanan.

Hasil proyeksi curah hujan menunjukkan jumlah curah hujan tahunan mengalami penurunan rata-rata mencapai 2,4% untuk skenario B2 dan 2,7% pada skenario A2. Penurunan curah hujan tahunan ini akan menyebabkan ketersediaan sumber daya air tahunan juga menurun. Pada skenario A2 dengan pertumbuhan populasi tinggi, kebutuhan akan air bersih menjadi meningkat dan hal ini akan menyebabkan kekurangan suplai air untuk kebutuhan sehari-hari maupun untuk pertanian.

Perubahan curah hujan musiman juga terjadi di Kabupaten Lebak, berdasarkan Gambar 6 terlihat jumlah curah hujan bulanan Desember-Januari-Februari (DJF) mengalami peningkatan rata-rata sebesar 12% untuk skenario B2 dan mencapai 13,3% untuk skenario A2.

Sementara itu, pada puncak musim kemarau yaitu bulan Juni-Juli-Agustus (JJA) jumlah curah hujan mengalami penurunan rata-rata berkisar 7,7% untuk skenario B2 dan 8,6% untuk skenario A2. Hal ini menunjukkan bahwa pada puncak musim hujan, curah hujan di Kabupaten Lebak mengalami peningkatan, sedangkan pada musim kemarau terjadi penurunan. Dari kondisi tersebut menggambarkan bahwa terjadi perubahan distribusi curah hujan bulanan di Kabupaten Lebak.

Perubahan curah hujan musiman juga terjadi di Kabupaten Lebak, berdasarkan Gambar 6 terlihat jumlah curah hujan bulanan Desember-Januari-Februari (DJF) mengalami peningkatan rata-rata sebesar 12% untuk skenario B2 dan mencapai 13,3% untuk skenario A2. Sementara itu, pada puncak



Sumber: Hasil Proyeksi

Gambar 5. Perubahan Temperatur Rata-rata Bulanan Kabupaten Lebak Dampak Perubahan Iklim

Selain terjadinya peningkatan temperatur, perubahan pola dan jumlah curah hujan juga terjadi di Kabupaten Lebak akibat perubahan iklim.

musim kemarau yaitu bulan Juni-Juli-Agustus (JJA) jumlah curah hujan mengalami penurunan rata-rata berkisar 7,7% untuk skenario B2 dan 8,6% untuk

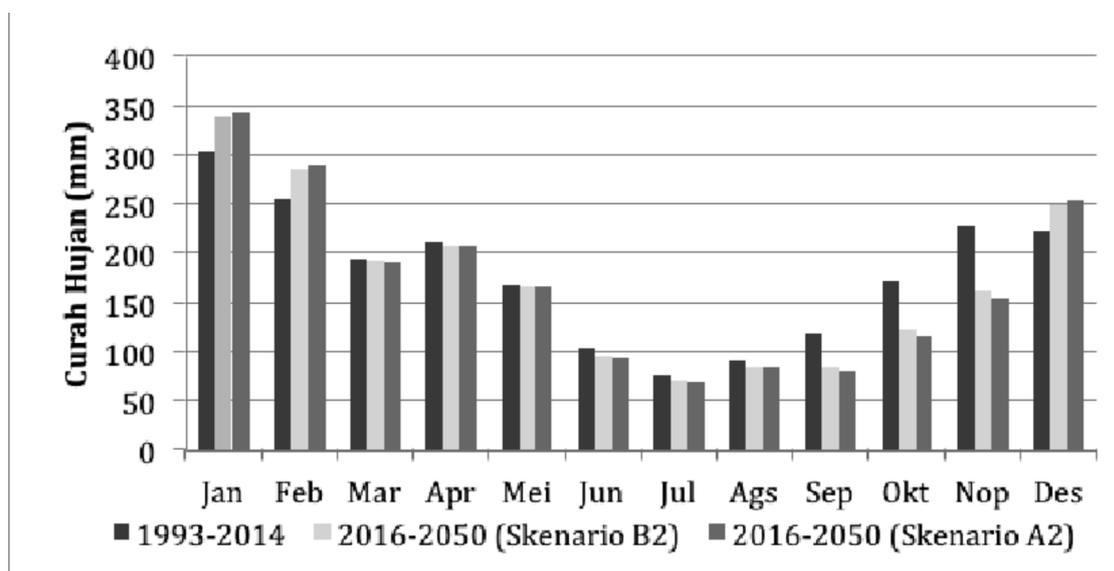
skenario A2. Hal ini menunjukkan bahwa pada puncak musim hujan, curah hujan di Kabupaten Lebak mengalami peningkatan sedangkan pada musim kemarau terjadi penurunan. Dari kondisi tersebut menggambarkan bahwa terjadi perubahan distribusi curah hujan bulanan di Kabupaten Lebak.

Peningkatan jumlah curah hujan pada bulan DJF yaitu berkisar 30-40 mm/bulan dan pada bulan JJA terjadi penurunan sebesar 6-9 mm/bulan, sedangkan pada bulan-bulan peralihan Maret-April-Mei (MAM) terjadi penurunan jumlah curah hujan namun dalam jumlah yang relatif rendah yaitu kurang dari 2% baik pada skenario B2 maupun A2. Penurunan curah hujan pada bulan-bulan peralihan September-Oktober-November (SON) cukup besar yaitu 28% untuk skenario B2 dan 32% untuk skenario A2. Hal ini memperlihatkan bahwa pada bulan peralihan SON akan menjadi lebih kering.

Walaupun pada bulan DJF terjadi peningkatan curah hujan, namun terjadi penurunan curah hujan tahunan karena akumulasi bulan-bulan lainnya yang mengalami penurunan dan akibatnya musim kering akan berlangsung lebih lama. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pada masa yang akan datang, yaitu di tahun 2050-an, akan terjadi peningkatan variasi cuaca dan kondisi cuaca yang ekstrim. Meningkatnya suhu rata-rata dan perubahan distribusi curah hujan menyebabkan musim kemarau akan lebih panjang dan musim hujan yang lebih intensif namun lebih pendek.

Wilayah Sungai Ciliman-Cibungur di bagian barat, dan Wilayah Sungai Cibaliung-Cisawarna di bagian selatan. Berbeda dengan wilayah sungai lainnya, Wilayah Sungai Ciliman-Cibungur hanya merupakan bagian kecil dari Kabupaten Lebak. Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian merupakan sebuah daerah aliran sungai (DAS) yang cukup besar yaitu DAS Ciujung. Sedangkan Wilayah Sungai Cibaliung-Cisawarna di Kabupaten Lebak terdiri atas 7 DAS yang tidak begitu besar, yaitu DAS Cisawarna, DAS Cimadur, DAS Cisiuh, DAS Cihara, DAS Cipager, DAS Cilangkahan, dan DAS Cibarengkok. Dalam penelitian ini kajian hidrologi dilakukan pada DAS yang terkait dengan keberadaan *intake* PDAM, yaitu DAS Ciujung di bagian utara dan DAS Cimadur serta DAS Cilangkahan di bagian selatan (lihat Gambar 9).

DAS Ciujung dengan luas 1253 km² merupakan DAS yang paling besar dan mendominasi bagian utara daerah penelitian. DAS ini memiliki panjang 44,85 km dan lebar 30,8 km. Terdiri atas 3 sungai besar, yaitu Sungai Ciujung sebagai sungai utama, Sungai Cisimeut, dan Sungai Ciberang. Arah aliran induk sungai pada DAS ini relatif mengarah ke utara, sedangkan anak-anak sungainya mayoritas relatif berarah tenggara-barat laut. *Intake* Cipanas dan Sajira berada pada Sungai Ciberang, *Intake* Leuwidamar pada Sungai Cisimeut, dan *Intake* Kalanganyar serta Pabuaran berada pada Sungai Ciujung.



Sumber: Hasil Proyeksi

Gambar 6. Perubahan Rata-rata Curah Hujan Bulanan Kabupaten Lebak Akibat Perubahan Iklim

Kondisi Hidrologi

Secara hidrologis, Kabupaten Lebak terletak pada 3 wilayah sungai, yaitu Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian di bagian utara,

DAS Cimadur terletak di bagian tenggara daerah penelitian. DAS ini memiliki luas sekitar 326,3 km² dengan panjang 31,8 km dan lebar 13,82 km. Terdiri atas Sungai Cimadur sebagai

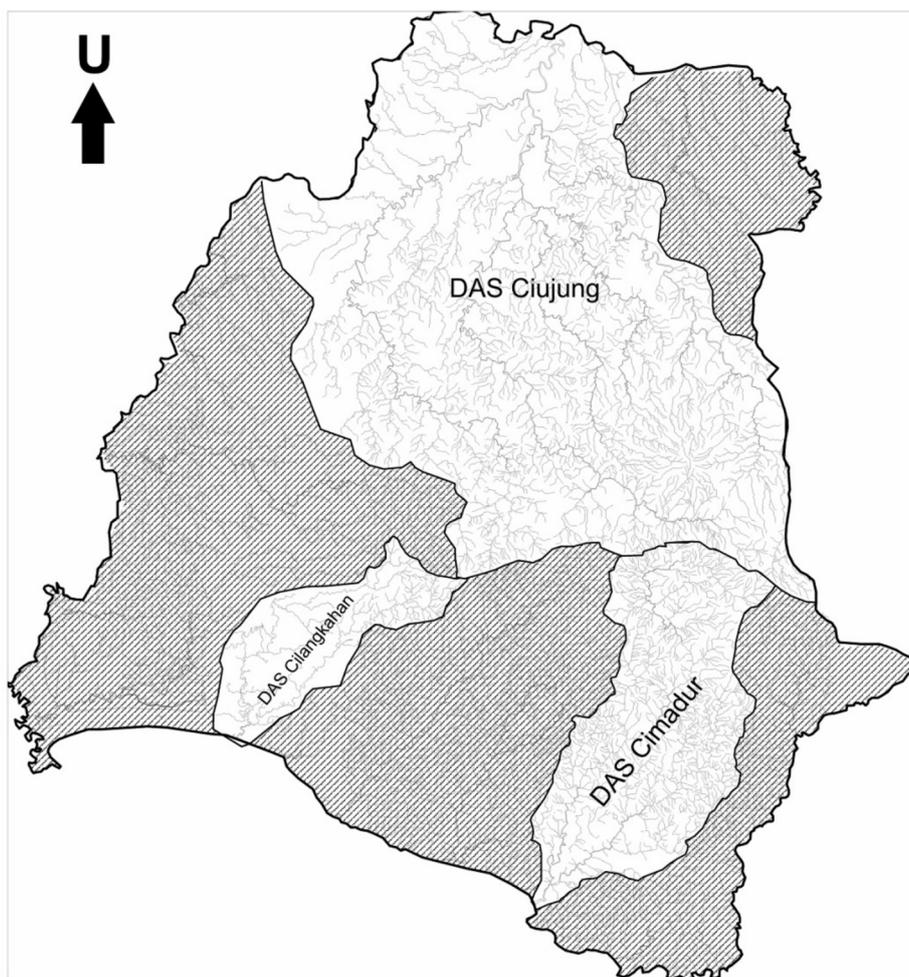
sungai utama dan Sungai Cidikit yang merupakan sumber air bagi Intake Bayah. Arah aliran induk sungai pada DAS ini relatif mengarah ke selatan, sedangkan anak-anak sungainya mayoritas berarah relatif barat timur.

DAS Cilangkahan terletak di bagian barat daya Kabupaten Lebak. DAS ini memiliki luas sekitar 139,6 km² dengan panjang 21 km dan lebar 9,1 km. Terdiri atas 2 buah sungai utama, yaitu Sungai Cilangkahan dan Sungai Cipeucangpare. Arah aliran induk sungai pada DAS ini relatif mengarah ke selatan sedangkan anak-anak sungainya mayoritas berarah relatif barat timur.

yang terdapat dalam suatu wilayah sungai atau dalam suatu daerah aliran sungai. Tentunya data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan kesetimbangan (neraca) air dalam wilayah tersebut akan sangat terkait dengan data iklim yang telah disebutkan di atas, meliputi curah hujan, temperatur, kecepatan angin, kelembaban, dan lain sebagainya. Dalam hal ini hanya data curah hujan dan temperatur yang dipergunakan dalam perhitungan neraca air di daerah penelitian. Neraca air dihitung berdasarkan persamaan (Seyhan, 1977):

$$P = E_T + Q + \Delta S$$

dimana P adalah presipitasi, E_a adalah evapotranspirasi, Q adalah debit *run-off*, dan ΔS



Sumber: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum

Gambar 7. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) dalam Kajian Hidrologi

Perhitungan Neraca Air

Berbicara hidrologi tidak akan lepas dari siklus air sebagai berikut; evaporasi dari tanah atau air laut/danau dan transpirasi dari tumbuh-tumbuhan atau biasa disingkat menjadi evapotranspirasi (E_T) - kondensasi dalam awan - presipitasi dalam bentuk hujan - infiltrasi dan perkolasi ke dalam tanah atau menjadi air limpasan di permukaan/sungai (*surface run-off*)- kembali mengalami E_T . Daur hidrologi ini dapat digunakan untuk mengetahui potensi sumber daya air

adalah perubahan ketersediaan air pada dan di bawah permukaan.

Berbeda dengan pembahasan klimatologi yang dilakukan secara regional untuk Kabupaten Lebak, maka data curah hujan yang digunakan dalam perhitungan neraca air pada DAS Ciujung adalah data curah hujan yang diukur di stasiun BPP Sajira, Leuwidamar, Rangkasbitung, dan Cipanas. Rata-rata curah hujan (PPT) yang didapatkan adalah sebesar 2360,75 mm/tahun. Untuk parameter

evapotranspirasi, nilai yang didapatkan dari perhitungan menggunakan metode Thornthwaite Mather (Thornthwaite, 1999:104).

Berdasarkan temperatur udara rata-rata Kabupaten Lebak (temperatur regional yang didapatkan dari analisis klimatologi) yaitu sebesar 1954,44 mm/tahun. Artinya, 82,77% air hujan yang jatuh di dalam DAS ini setiap tahunnya menguap ke udara. Besarnya nilai evapotranspirasi ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh besarnya prosentase tutupan lahan jenis hutan dan perkebunan yang hampir mendominasi DAS Ciujung (sekitar 732,4 km² atau hampir 60% dari luas DAS sebesar 1253 km²) sehingga hujan yang turun sebagian besar ditangkap oleh vegetasi yang cukup lebat dan kemudian diuapkan kembali ke udara melalui proses transpirasi.

Sementara itu, besaran nilai *surface run-off* yang diperoleh dari hasil perhitungan neraca air pada DAS Ciujung adalah 217.912.058 m³ atau dengan kata lain sebesar 7,37% dari air hujan yang jatuh mengalir di permukaan. Sisanya sebesar 291.623.040 m³ (9,86%) akan meresap (infiltrasi) dan menjadi cadangan air di bawah permukaan (ΔS).

Kondisi yang berbeda terjadi di bagian selatan Kabupaten Lebak. DAS Cimadur yang memiliki luas sekitar 326.300.000 m², secara umum ditutupi oleh lahan yang sudah terbuka sebesar 61% (200.300.000 m²) dan 39% (126.000.000 m²) adalah hutan. Oleh karenanya, nilai evapotranspirasi pada DAS ini akan lebih kecil daripada DAS Ciujung. Data curah hujan yang digunakan dalam perhitungan neraca air pada DAS Cimadur adalah data curah hujan yang diukur di Stasiun Curah Hujan Bayah, yaitu sebesar 3519 mm/tahun. Untuk parameter evapotranspirasi, jumlah yang didapatkan dari perhitungan menggunakan temperatur udara rata-rata Kabupaten Lebak yaitu sebesar 1954,44 mm/tahun. Artinya 55,54% dari air hujan yang jatuh pada DAS Cimadur akan kembali menguap ke udara. Besaran nilai *surface run-off* pada DAS ini adalah 219.875.401 m³ atau 19,15% dari air hujan yang jatuh akan mengalir di permukaan dan sisanya sebesar 290.640.438 m³ (25,31%) akan meresap (infiltrasi) dan menjadi cadangan air di bawah permukaan (ΔS).

DAS Cilangkahan memiliki luas 139.600.000 m². DAS Cilangkahan mempunyai perbandingan lahan perkebunan (49% atau 68.480.000 m²) dan lahan terbuka (51% atau 71.120.000 m²) yang hampir seimbang. Namun demikian curah hujan dalam DAS ini lebih kecil daripada DAS Cimadur dan hanya sedikit di atas curah hujan pada DAS Ciujung, yaitu sebesar 2764 mm/tahun (diukur

pada Stasiun Curah Hujan Malingping). Oleh karenanya, nilai evapotranspirasi yang diperoleh dari perhitungan temperatur udara rata-rata Kabupaten Lebak yaitu sebesar 1954,44 mm/tahun, yang artinya 70,71% air hujan yang jatuh setiap tahunnya pada DAS ini akan menguap ke udara. Besaran *surface run-off* pada DAS Cilangkahan adalah 48.048.609 m³ atau 12,46% dari air hujan yang jatuh akan mengalir di permukaan dan sisanya sebesar 64.929.928 m³ atau 16,83% akan meresap ke dalam tanah. Perincian perhitungan neraca air pada ketiga DAS disajikan dalam Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 berikut ini.

Berdasarkan hasil perhitungan neraca air tersebut di atas, maka dapat diketahui bahwa secara umum Kabupaten Lebak memiliki nilai evapotranspirasi mencapai 50-80% dari jumlah hujan yang jatuh di wilayah ini sehingga sumber daya air yang mengalir di permukaan dan yang meresap ke dalam tanah besarnya kurang dari 50%. Dari besaran tersebut, jumlah sumber daya air yang mengalir di permukaan dan mempengaruhi sumber *intake* PDAM di Kabupaten Lebak (seluruhnya memanfaatkan sumber daya air permukaan) bervariasi antara 7,37% hingga 19,15%. Nilai ini lebih kecil dari jumlah air yang meresap ke dalam tanah. Sepertinya kondisi ini disebabkan oleh tatanan geologi Kabupaten Lebak yang cukup kompleks. Artinya air akan dengan mudah meresap ke dalam tanah melalui rekahan, patahan, maupun kekar-kekar hasil deformasi pada batuan yang banyak terdapat di daerah ini.

Jumlah air yang mengalir di permukaan dalam setiap tahunnya di Kabupaten Lebak yang prosentasenya kurang dari 20%, merupakan jumlah yang cukup besar karena jumlah hujan yang jatuh di wilayah ini juga cukup tinggi. Hujan yang jatuh setiap tahunnya adalah sebesar 100-500 juta m³ dan yang mengalir di permukaan sebesar 48-220 juta m³ per tahun. Besarnya jumlah air yang mengalir di permukaan ini akan tercermin dari banyaknya sungai atau besarnya debit sungai yang mengalir di Kabupaten Lebak.

Analisis Supply – Demand

Kebutuhan air bersih Kabupaten Lebak terdiri atas kebutuhan air rumah tangga atau domestik dan kebutuhan air nondomestik. Proyeksi penduduk dilakukan hingga tahun 2050 mengikuti rentang waktu proyeksi dampak perubahan iklim yang digunakan pada analisis klimatologi. Proyeksi penduduk Kabupaten Lebak dilakukan per wilayah pelayanan cabang PDAM. Ini dilakukan karena pola pengembangan PDAM mengikuti kondisi pada masing-masing wilayah pelayanannya.

Tabel 1. Perhitungan neraca air pada DAS Ciujung

Komponen	Curah Hujan (mm/tahun)	Curah Hujan (m/tahun)	Luas Area (m ²)	Debit (m ³ /tahun)	Prosentase (%)
PPT	2.360,75	2,36	1.253.000.000	2.958.109.750,00	100
ET	1.954,10	1,95	1.253.000.000	2.448.484.651,92	82,77
PPT Efektif	406,65	0,41	1.253.000.000	509.535.098,08	17,23
Perkebunan (RO=0,4)	162,66	0,16	278.700.000	45.333.577,60	
Pemukiman (RO=0,6)	243,99	0,24	57.590.000	14.051.457,13	
Hutan (RO=0,4)	162,66	0,16	453.700.000	73.799.225,54	7,37
Dataran yang Ditanami (RO=0,45)	182,99	0,18	463.010.000	84.727.797,76	
Infiltrasi				291.623.040,06	9,86

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 2. Perhitungan neraca air pada DAS Cimadur

Komponen	Curah Hujan (mm/tahun)	Curah Hujan (m/tahun)	Luas Area (m ²)	Debit (m ³ /tahun)	Prosentase (%)
PPT	3.519,00	3,52	326.300.000	1.148.249.700,00	100
ET	1.954,44	1,95	326.300.000	637.733.860,35	55,54
PPT Efektif	1.564,56	1,56	326.300.000	510.515.839,65	44,46
Hutan (RO=0,4)	625,82	0,63	126.000.000	78.853.810,35	19,15
Dataran yang Ditanami (RO=0,45)	704,05	0,70	200.300.000	141.021.591,19	
Infiltrasi				291.623.040,06	25,31

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 3. Perhitungan neraca air pada DAS Cilangkahan

Komponen	Curah Hujan (mm/tahun)	Curah Hujan (m/tahun)	Luas Area (m ²)	Debit (m ³ /tahun)	Prosentase (%)
PPT	2.764,00	2,76	139.600.000	385.854.400,00	100
ET	1.954,44	1,95	139.600.000	272.839.861,80	70,71
PPT Efektif	809,56	0,81	139.600.000	113.014.528,20	29,29
Perkebunan (RO=0,4)	323,82	0,32	68.480.000	22.175.460,10	12,46
Dataran yang Ditanami (RO=0,45)	364,30	0,36	71.120.000	25.909.149,57	
Infiltrasi				64.929.928,52	16,83

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan: PPT : Presipitasi
 ET : Evapotranspirasi
 RO : Run-off

Sumber data penduduk yang tersedia adalah data tahun 2009-2013. Perkiraan jumlah penduduk di masa mendatang dapat dilakukan dengan menggunakan tiga metode, yaitu: metode geometrik, aritmatik, dan *least sruare*. Dari ketiga metode di atas yang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk, dipilih satu metode yang paling mendekati kebenaran melalui analisis standar deviasi atau koefisien korelasi. Berikut ini, rekapitulasi jumlah penduduk per wilayah pelayanan cabang PDAM atau SPAM IKK Kabupaten Lebak (lihat Tabel 4).

Dalam perhitungan kebutuhan air bersih Kabupaten Lebak, digunakanlah beberapa asumsi yang sebagian besarnya mengacu pada kondisi eksisting pelayanan PDAM, di antaranya:

- Basis perhitungan proyeksi penduduk adalah penduduk yang saat ini dilayani oleh cabang PDAM atau SPAM IKK, terdiri dari SPAM IKK Kanganganyar, PDAM Cabang Rangkasbitung, PDAM Cabang Malingping, PDAM Cabang Sajira, PDAM Cabang

Cipanas, PDAM Cabang Bayah, dan SPAM IKK Leuwidamar;

- Persen pelayanan menggunakan data pelayanan eksisting masing-masing Cabang PDAM dengan peningkatan gradual 1% hingga 4% per tahun;
- Rasio pelayanan sambungan rumah (SR) dan hidrant umum (HU) adalah 64%:36%, yang jumlah SR meningkat secara gradual sehingga menjadi 100% pada akhir perencanaan (jumlah jiwa per SR:HU adalah 5:100);
- Konsumsi air bersih untuk SR mengacu pada Standar Pelayanan Minimum (SPM) Kementerian Pekerjaan Umum (Permen PU No. 1 Tahun 2014), yaitu 60 l/o/h, meningkat secara gradual 20 l/o/h tiap 10 tahun. Namun, untuk beberapa kecamatan yang merupakan prioritas pengembangan (Rangkasbitung dan Bayah) standar pelayanannya ditingkatkan menjadi 100 l/o/h pada awal perencanaan dan meningkat secara gradual 20 l/o/h tiap 10 tahun. Sementara itu, konsumsi Hidran Umum

Tabel 4. Proyeksi Penduduk Kabupaten Lebak Tahun 2015 – 2050

Tahun	Jumlah Penduduk pada Cabang PDAM/SPAM IKK							Total
	Kalanganyar	Rangkasbitung	Malingping	Sajira	Cipanas	Bayah	Lauwidamar	
2009	30,807	217,431	62,215	48,609	62,878	39,511	146,770	610,230
2010	32,413	226,149	61,477	46,390	65,793	40,741	142,901	617,875
2011	32,569	237,962	62,860	50,718	68,763	42,740	151,144	648,767
2012	33,813	241,174	63,689	51,384	69,679	43,355	153,123	658,228
2013	34,253	244,427	64,519	52,050	70,657	43,970	155,199	667,087
2014	34,253	244,427	64,519	52,050	70,657	43,970	155,199	667,088
2015	34,941	230,877	64,981	52,737	72,214	44,863	156,886	659,514
2020	38,386	242,082	67,286	56,177	79,994	49,323	165,316	700,584
2025	41,831	253,287	69,591	59,617	87,774	53,783	173,746	741,654
2030	45,276	264,492	71,896	63,057	95,554	58,243	182,176	782,724
2035	48,721	275,697	74,201	66,497	103,334	62,703	190,606	823,794
2040	52,166	286,902	76,506	69,937	111,114	67,163	199,036	864,864
2045	55,611	298,107	78,811	73,377	118,894	71,623	207,466	905,934
2050	59,056	309,312	81,116	76,817	126,674	76,083	215,896	947,004
2055	62,501	320,517	83,421	80,257	134,454	80,543	224,326	988,074
2060	65,946	331,722	85,726	83,697	142,234	85,003	232,756	1,029,144
2065	69,391	342,927	88,031	87,137	150,014	89,463	241,186	1,070,214

Sumber : Perhitungan

adalah 30 l/o/h dengan jumlah konstan hingga akhir perencanaan;

- Konsumsi unit nondomestik adalah 10% dari konsumsi domestik dengan peningkatan gradual per 10 tahun sebesar 5% hingga mencapai 30% di akhir perencanaan;
- Tingkat kebocoran air atau *nonrevenue water* (NRW) merupakan NRW distribusi eksisting sebesar 39,91% dan menyusut secara gradual per 5 tahun. NRW Produksi tidak dimasukkan dalam asumsi karena memiliki perbedaan karakter penanganan;
- Faktor hari maksimum adalah 1,2;
- Faktor jam puncak adalah 1,5;
- Jam operasi adalah 24 jam.

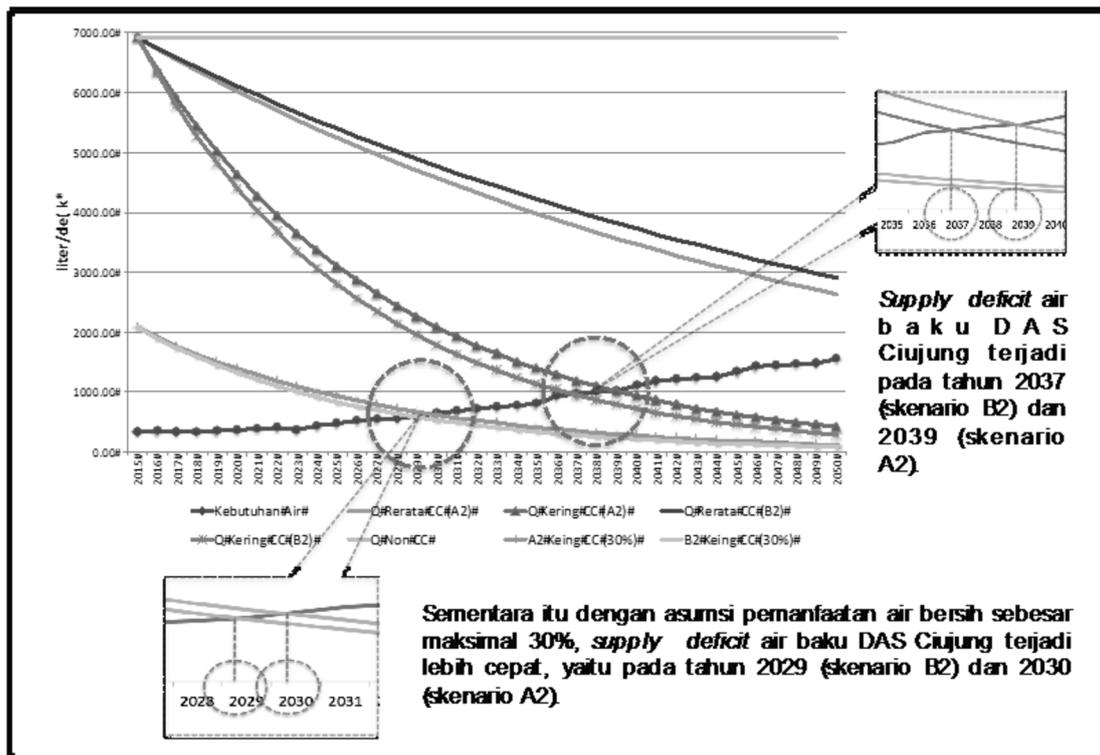
PDAM Cabang Rangkasbitung merupakan cabang yang memiliki jumlah penduduk wilayah pelayanan paling tinggi. Wilayah pelayanan ini mencakup penduduk di Kecamatan Rangkasbitung, Kecamatan Cibadak, dan Kecamatan Warunggunung. Pada akhir perencanaan PDAM Rangkasbitung akan melayani 342.927 jiwa atau 68.585 KK. Cabang PDAM dengan jumlah penduduk wilayah pelayanan tinggi lainnya adalah SPAM IKK Leuwidamar dan Cipanas. Sedangkan kecamatan yang memiliki jumlah penduduk wilayah pelayanan paling sedikit adalah SPAM IKK Kalanganyar. Total penduduk yang dilayani oleh cabang PDAM dan SPAM IKK pada 2065 adalah 1.070.214 jiwa atau 214,043 KK. Proyeksi ini tidak diperuntukan bagi seluruh penduduk Kabupaten Lebak. Bila terjadi penambahan cabang PDAM atau SPAM IKK, maka perlu dilakukan proyeksi baru berdasarkan jumlah penduduk wilayah pelayanannya.

Berdasarkan kajian iklim dan hidrologi, maka diproyeksikan dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan air. Proyeksi yang dilakukan menggunakan 2 skenario seperti halnya kajian iklim, yaitu skenario A2 dan B2 dari IPCC yang mana skenario A2 menggunakan asumsi bahwa pada masa datang kondisi antar wilayah sangat beragam dan pembangunan ekonomi sangat berorientasi wilayah sehingga akan terjadi fragmentasi antar wilayah baik pertumbuhan pendapatan per kapita maupun perubahan teknologi. Skenario B2 menekankan pada upaya penyelesaian masalah ekonomi, sosial dan lingkungan secara lokal serta populasi global terus meningkat tetapi dengan laju sedikit lebih rendah dari skenario A2 dan pembangunan ekonomi pada tingkat sedang.

Asumsi lain yang digunakan dalam proyeksi suplai air merupakan hasil kajian klimatologi, antara lain:

1. Curah hujan tahunan mengalami penurunan rata-rata mencapai 2,5% untuk skenario B2 dan 2% pada skenario A2; dan
2. Curah hujan puncak musim kering mengalami penurunan rata-rata berkisar 8% untuk skenario B2 dan 7% untuk skenario A2.

Besaran nilai *surface run-off* yang diperoleh dari hasil perhitungan neraca air pada DAS Ciujung adalah 217.912.058 m³/tahun atau 6909.95 liter/detik. Nilai ini merupakan debit rata-rata tahunan yang digunakan sebagai dasar proyeksi debit dengan pengaruh iklim. Berdasarkan proyeksi, diketahui bahwa kekurangan suplai (*supply deficit*) air DAS Ciujung terjadi di tahun 2037 dengan skenario B2 dan 2039 dengan skenario A2.

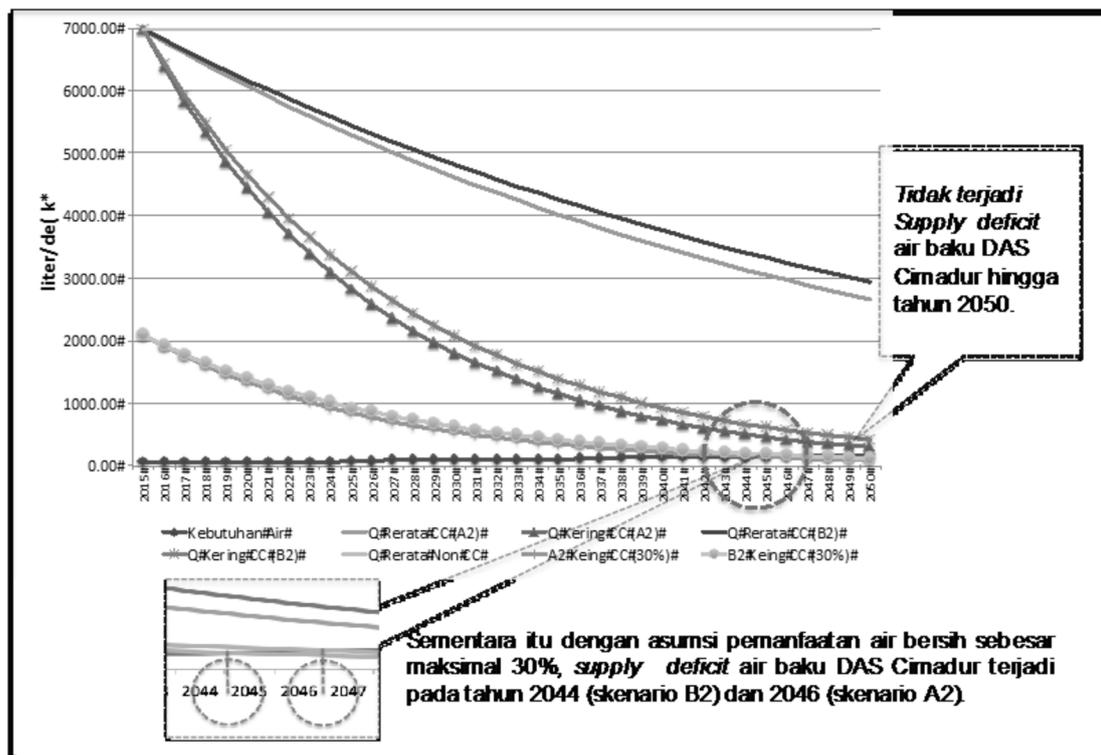


Sumber : Perhitungan

Gambar 10. Grafik Supply-Demand Pengaruh Perubahan Iklim DAS Ciujung

Nilai tersebut dihasilkan dalam kondisi seluruh air permukaan yang melimpas dimanfaatkan seluruhnya untuk pemenuhan kebutuhan air baku. Pada kenyataannya, air permukaan dimanfaatkan pula untuk kebutuhan lainnya yang tidak kalah penting, misalnya pengairan untuk pertanian dan

industri. Dengan asumsi maksimal alokasi untuk kebutuhan air baku sebanyak 30%, maka *supply deficit* air baku DAS Ciujung terjadi lebih dini, yaitu terjadi di tahun 2029 dengan skenario B2 dan 2030 dengan skenario A2. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.

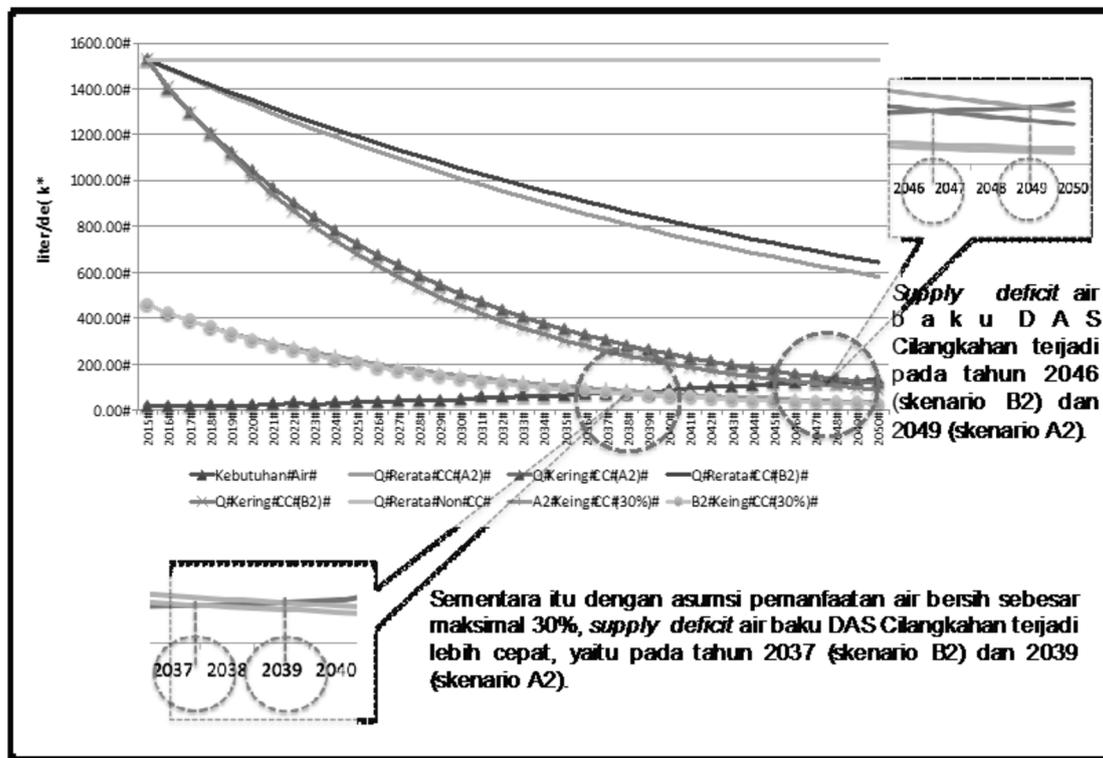


Sumber : Perhitungan

Gambar 11. Grafik Supply-Demand Pengaruh Perubahan Iklim DAS Cimadur

Besaran nilai *surface run-off* yang diperoleh dari hasil perhitungan neraca air pada DAS Cimadur adalah 290.640.438 m³/tahun atau 6972.20 liter/detik. Nilai ini merupakan debit rata-rata tahunan yang digunakan sebagai dasar proyeksi debit

air baku sebanyak 30%, maka *supply deficit* pada DAS Cilangkahan terjadi lebih dini, yaitu terjadi di tahun 2037 dengan skenario B2 dan 2039 dengan skenario A2. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 12 berikut ini.



Sumber : Perhitungan

Gambar 12. Grafik *Supply-Demand* Pengaruh Perubahan Iklim DAS Cilangkahan

dengan pengaruh iklim. Berdasarkan proyeksi yang dilakukan, diketahui bahwa tidak terjadi *supply deficit* air pada DAS Cimadur dengan skenario B2 maupun skenario A2 hingga tahun 2050.

Ini menunjukkan bahwa suplai DAS Cimadur untuk IPA Bayah masih sangat melimpah disepanjang musim hingga 2050, baik musim basah maupun musim kering. Namun, bila menggunakan asumsi maksimal alokasi untuk kebutuhan air baku sebanyak 30%, maka *supply deficit* pada DAS Cimadur akhirnya terjadi, yaitu di tahun 2044 dengan skenario B2 dan 2046 dengan skenario A2. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini.

Sementara itu, besaran nilai *surface run-off* yang diperoleh dari hasil perhitungan neraca air pada DAS Cilangkahan adalah 48.048.609 m³/tahun atau 1523.61 liter/detik. Nilai ini merupakan debit rata-rata tahunan yang digunakan sebagai dasar proyeksi debit dengan pengaruh iklim. Berdasarkan proyeksi diketahui bahwa *supply deficit* air DAS Cilangkahan terjadi di tahun 2045 dengan skenario B2 dan 2048 dengan skenario BA. Dengan asumsi maksimal alokasi untuk kebutuhan

Simpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari hasil studi yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

Pertama, hasil proyeksi perubahan iklim menunjukkan terjadi peningkatan temperatur rata-rata tahunan sekitar 1°C untuk skenario B2 dan 1,2°C pada skenario A2 hingga tahun 2050. Peningkatan temperatur ini menyebabkan peningkatan proses evaporasi dan evapotranspirasi sehingga berdampak pada penurunan jumlah curah hujan, dimana curah hujan tahunan mengalami penurunan rata-rata mencapai 2,4% untuk skenario B2 dan 2,7% pada skenario A2.

Kedua, terjadi peningkatan curah hujan saat musim penghujan berkisar 12% untuk skenario B2 dan mencapai 13,3% untuk skenario A2. Dan terjadi penurunan curah hujan saat musim kemarau sebesar 7,7% untuk skenario B2 dan pada skenario A2 mencapai 8,6%. Hal ini menggambarkan bahwa pada tahun 2050-an terjadi perubahan distribusi curah hujan dimana musim penghujan akan semakin basah dan pada musim kemarau akan semakin kering dan berlangsung lebih lama sebagai dampak dari perubahan iklim.

Ketiga, berdasarkan perhitungan neraca air menggunakan metode Thornthwaite Mather, diketahui bahwa: pada DAS Ciujung 82,77% air hujan yang jatuh setiap tahunnya menguap ke udara (evapotranspirasi), 7,37% mengalir di permukaan (*surface run-off*), dan 9,86% meresap menjadi cadangan air tanah (infiltrasi); pada DAS Cimadur 55,54% terevapotranspirasi, 19,15% menjadi *surface run-off*, dan 25,31% terinfiltrasi; dan pada DAS Cilangkahan 70,71% terevapotranspirasi, 12,46% menjadi *surface run-off*, dan 16,83% terinfiltrasi.

Keempat, berdasarkan perhitungan kebutuhan dan ketersediaan air (*supply-demand*) yang di pengaruhi oleh perubahan iklim, maka didapatkan tahun dimana terjadi *supply deficit* air baku sebelum tahun 2050 dengan asumsi maksimal alokasi untuk kebutuhan air baku sebanyak 30% yang terjadi pada 3 DAS yang menjadi sumber air baku bagi PDAM Kabupaten Lebak, dengan perincian sebagai berikut:

- a. DAS Ciujung terjadi di tahun 2029 dengan skenario B2 dan 2030 dengan skenario A2;
- b. DAS Cimadur yang akhirnya terjadi di tahun 2044 dengan skenario B2 dan 2046 dengan skenario A2; dan
- c. DAS Cilangkahan terjadi di tahun 2037 dengan skenario B2 dan 2039 dengan skenario A2.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2011. "Evaluasi Cuaca dan Sifat Hujan Bulan Agustus 2011 serta Prakiraan Cuaca dan Sifat Hujan Bulan September 2011". *Bulletin Meteorologi*, BMKG Stasiun Meteorologi Otorita Batam, Batam.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (Balitbangkes). 2013. *Laporan Riset Kesehatan Dasar 2013*, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Lebak. 2014. *Kabupaten Lebak Dalam Angka 2014*, Lebak-Banten.
- Faqih, Akhmad, Ribbe, Joachim, & Meinke, Holger. 2008. "Assessment of GCM-based Rainfall Simulations for the Austral-Indonesian Region". Poster Presentation in WMO 4th International Workshop on Monsoons, 20-25 Oct 2008, Beijing, China.
- IPCC. 2000. *A Special Report of IPCC Working Group III: Emissions Scenarios*. Cambridge, U.K: Cambridge University Press.
- IPCC. 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report*. Cambridge, U.K: Cambridge University Press
- Kodoati, Robert J. & Sjarief, Roestam. 2008. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Ed. II. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Murdiyarto, Daniel. 2003. *Sepuluh Tahun Perjalanan Negosiasi Konvensi Perubahan Iklim*. Jakarta: Penerbit Buku Kompas.
- PDAM Kabupaten Lebak. 2014. Laporan Hasil Evaluasi Kinerja (UN-AUDIT) PDAM Kabupaten Lebak Tahun 2014, Lebak-Banten.
- Pemerintah Daerah Kabupaten Lebak. 2014. *Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kabupaten Lebak 2014-2034*, Lebak-Banten.
- Pribadi, Yanuar Henry. 2012. *Variabilitas Curah Hujan dan Pergeseran Musim di Wilayah Banten Sehubungan dengan Variasi Suhu Muka Laut Perairan Indonesia, Samudera Pasifik dan Samudera Hindia*, Tesis Program Magister Ilmu Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok.
- Ravindranath, N. H. & Sathaye, Jayanta A. 2002. *Climate Change and Developing Countries*, Kluwer Academic Publisher, Netherlands.
- Seyhan, E. 1977. *Fundamentals of Hydrology*, revised edition, Geografisch Instituut der Rijksuniversiteit te Utrecht, Netherlands.
- Sukrisna, A. 2004. Peta Cekungan Air Tanah Provinsi Banten Skala 1:250.000, Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Bandung.
- Thornthwaite, C. W. & Mather, J. R. 1955. *The water balance*, Centerton: Drexel Institute of Technology, 104 p. *Publ. Climatol.* 8.
- Tjasjono, Bayong. 1999. *Klimatologi umum*, Penerbit ITB, Bandung.
- Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air.
- Van Bemmelen, R. W. 1949. *The Geology of Indonesia*, vol. 1A, Martinus, Nijhoff, The Hague.