

DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KETERSEDIAAN AIR UNTUK ENERGI ALTERNATIF MIKROHIDRO (Studi Kasus: PLTMH Cinta Mekar Kabupaten Subang)

Rahmawati Rahayu¹, Atika Lubis², Heru Santoso, Yan F. Permadhi⁴

^{1,3}Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

²KK Sains Atmosfer, Institut Teknologi Bandung

⁴Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika

Abstract

Global climate change caused by global warming could results a view problems for the environment, among that was the water resources complication which finally influence the water supply and river debit. Micro hydro was one of the alternative for low power plant that relied on the water supply to driven the turbine which susceptible to climate change. This report investigate the impact of climate change, especially for the changes of rainfall pattern towards the micro hydro power plant that placed in Ciasem drainage basin, Cinta Mekar village, Kabupaten Subang. This assessment used the climate projection from PRECIS models (Providing Regional Climates for Impact Studies). The output of the PRECIS validated with rainfall data recorded from 1981 until 1990 from the station that have a good correlation with the river debit near micro hydro power plant location. The river water debit calculation using the rational method. The rainfall analysis result from the Ciasem drainage basin for 10 years (1981 – 1990) showed a decline tendency. Rainfall projection using PRECIS models based on IPCC scenario (scenario A2 and B2) showed a decline tendency as much as 25,13 % for A2 and 21,96 % for B2. The debit projection calculation using the rational method in DAS Ciasem showed a result that the total run off experience a decrease especially in the dry month (June – September). The monthly average debit for A2 scenario around 342.33 – 1746,48 liter/second and for the B2 scenario 342,33 – 1728,11 liter/second. The turbine can not operate if the debit below 550 liter/second, in projection scenario A2 PLTMH cannot produce electricity starting from July 2071 while in scenario B2 PLTMH cannot produce electricity more early then A2 starting from July 2070.

Abstrak

Perubahan iklim global yang disebabkan oleh pemanasan global dapat menimbulkan berbagai permasalahan bagi lingkungan, diantaranya permasalahan sumber daya air berhubungan yang pada akhirnya mempengaruhi ketersediaan air dan debit sungai. Mikrohidro adalah salah satu alternatif pembangkit listrik berdaya rendah yang sangat bergantung pada ketersediaan air sebagai penggerak turbinnya sehingga rentan terhadap perubahan iklim. Laporan ini mengkaji dampak perubahan iklim, khususnya perubahan pola curah hujan terhadap keberlanjutan pembangkit listrik mikrohidro yang berada di DAS Ciasem, Desa Cinta Mekar, Kabupaten Subang. Kajian ini menggunakan proyeksi iklim dari model PRECIS (*Providing Regional Climates for Impact Studies*). Luaran PRECIS divalidasi dengan rekaman data curah hujan tahun 1981 - 1990 yang berasal dari stasiun dengan korelasi paling baik terhadap debit sungai di lokasi mikrohidro. Perhitungan debit air sungai dilakukan dengan menggunakan metoda rasional. Hasil analisis curah hujan di DAS Ciasem selama 10 tahun (1981-1990) menunjukkan kecenderungan adanya penurunan. Proyeksi curah hujan dengan menggunakan model PRECIS berdasarkan skenario IPCC (skenario A2 dan B2) menunjukkan kecenderungan penurunan sebesar 25.13% untuk A2 dan 21.96% untuk B2. Hasil perhitungan proyeksi debit menggunakan metoda Rasional di DAS Ciasem menunjukkan bahwa limpasan total akan mengalami penurunan khususnya pada bulan-bulan kering (Juni-Septembar). Debit rata-rata bulanan untuk scenario A2 berkisar 342.33-1746.48 Lt/dtk untuk skenario B2 dan 342.33-1728.11 Lt/dtk. Turbin tidak dapat beroperasi pada kisaran debit dibawah 550 Lt/dtk, pada proyeksi scenario A2 PLTMH tidak dapat memproduksi listrik mulai bulan Juli tahun 2071 sedangkan pada scenario B2 PLTMH tidak dapat memproduksi listrik lebih awal daripada A2 yaitu mulai bulan Juli 2070.

kata kunci : IPCC, PRECIS, Rasional, debit.

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim global dan dampaknya merupakan topik pembicaraan yang hangat yang saat ini menjadi perhatian masyarakat. Indonesia sebagai Negara yang rentan terhadap perubahan iklim perlu melakukan strategi dalam mengantisipasi perubahan iklim. Terdapat 2 (dua) usaha yang dapat dilakukan, yaitu upaya-upaya mitigasi atau usaha-usaha penurunan emisi gas-gas rumah kaca; dan upaya-upaya adaptasi terhadap dampak perubahan iklim. Perubahan iklim global yang terjadi dapat diamati dari kenaikan temperatur. Perubahan temperatur global dapat memberikan pengaruh pada pola presipitasi dan evaporasi pada pulau-pulau di wilayah tropis, yang mengakibatkan perubahan-perubahan pada segala sesuatu yang berkaitan dengan penggunaan sumber daya air (Watts, 1997).

Secara umum, perubahan iklim global dapat memengaruhi banyak hal diantaranya siklus hidrologi dan juga berdampak pada sektor energi. Kedua hal tersebut saling berkaitan dimana saat ini konsumsi energi dunia masih didominasi oleh sumber energi fosil, berupa minyak bumi, gas dan batubara, yang secara alamiah jumlahnya terbatas. Mengingat kecenderungan penggunaan energi fosil yang terbatas ini akan terus meningkat di masa-masa yang akan datang dan terkait dengan isu perubahan iklim, negara-negara dunia mulai mempertimbangkan dan mengambil langkah-langkah untuk mengatasi keterbatasan energi fosil dan mendorong penggunaan energi terbarukan sebagai alternatif energi khususnya untuk pemerataan listrik di daerah-daerah terpencil yang jauh dari infrastruktur listrik. Salah satu sumber daya listrik alternatif atau energi terbarukan adalah Pembangkit Tenaga Listrik Mikro Hidro (PLTMH). PLTMH adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir yang sangat berkaitan dengan siklus hidrologi. Siklus hidrologi merupakan tahapan-tahapan yang dilalui air dari atmosfer bumi masuk ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer bumi sehingga berpengaruh terhadap ketersediaan air di bumi, dimana input utamanya adalah presipitasi. Di Indonesia sendiri ketersediaan air dipengaruhi oleh bulan basah dan bulan kering. Pada bulan basah presipitasi di Indonesia yang berupa curah hujan melimpah, dan pada bulan kering sangat minim, hal ini yang dapat mempengaruhi energi yang dihasilkan PLTMH.

Subang, merupakan salah satu kabupaten di Jawa Barat, memiliki potensi yang besar untuk dibangun PLTMH. Dilihat dari topografinya, Subang terdiri dari bukit-lembah yang menyebabkan DAS dari hulu ke hilir memiliki ketinggian yang dapat mendukung PLTMH. Sebelumnya kabupaten Subang juga pernah dijadikan kawasan pembangunan PLTMH oleh yayasan IBEKA. Kendalanya adalah pada musim kemarau debit air mengecil yang mengakibatkan turunnya daya yang dihasilkan PLTMH.

Dalam penelitian ini curah hujan merupakan faktor yang penting karena curah hujan yang jatuh ke dataran tinggi yang kemudian terakumulasi menjadi aliran sungai dan menghasilkan debit yang merupakan sumber energi bagi PLTMH. Sehingga perlu diadakan pengkajian mengenai dampak perubahan iklim terhadap curah hujan di Subang untuk mengetahui potensi PLTMH Subang di masa yang akan datang.

Tujuan yang ingin di capai dari penelitian ini adalah mengetahui dampak perubahan iklim terhadap pola curah hujan temporal dan ketersediaan air di Subang serta mengestimasi proyeksi curah hujan dengan model PRECIS untuk melihat kelangsungan potensi energi mikohidro.

2. DATA DAN METODOLOGI

2.1. Data dan Daerah Penelitian

Data input yang digunakan untuk *Providing Regional Model for Climate Impact Studies* (PRECIS) adalah data hasil reanalisa keluaran *Global Circulation Model* (GCM) HadCM3 (*Hadley Centre Coupled Climate Model Version 3*) dan *Regional Circulation Model* (RCM) HadRM3P (*Hadley Centre Regional Model version 3 (PRECIS Physics)*) 1960 s.d 1990 yang terdapat di Hadley Centre dengan interval data harian. Data pendukung lainnya adalah data sembilan belas stasiun curah hujan Kabupaten Subang, data debit sungai Ciasem, peta topografi, peta jenis tanah dan peta tutupan lahan. Wilayah penelitian tugas akhir ini adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciasem yang terletak di Kabupaten Subang Jawa Barat pada 107° 31' - 107° 54' BT dan 6° 11' - 6° 49' LS.

2.2 Metodologi

Metodologi dari penelitian ini pertama adalah verifikasi dan *adjusted* data model dengan data pengamatan menggunakan persamaan polynomial:

$$Y = aX^2 + bX \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana,

- Y : Variabel tidak bebas (nilai pendekatan)
- X : Variabel bebas/nilai yang mempengaruhi Y (data pengamatan)
- a,b : Konstanta yang didapat

Data sembilan belas stasiun curah hujan yang ada letaknya menyebar hampir merata dan melihat topografi Kabupaten Subang yang cukup bergelombang, pencarian nilai curah hujan rata-rata wilayah dapat didekati melalui metode isohyets yang sudah mencakup pengaruh topografi di dalamnya

$$P_i = P_n + \frac{r(2a + b)}{3(a + b)} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- a : panjang isohyet yang lebih besar
- b : panjang isohyet yang lebih kecil
- P_i : curah hujan rata-rata antara dua isohyet
- P_n : curah hujan isohyet yang lebih rendah
- r : interval isohyet

Perhitungan debit didapat dari metode Rasional, ide yang melatarbelakangi metode Rasional adalah jika curah hujan dengan intensitas I terjadi secara terus menerus, maka laju limpasan langsung akan bertambah sampai mencapai waktu konsentrasi T_c. Waktu konsentrasi T_c tercapai ketika seluruh bagian DAS telah memberikan kontribusi aliran di *outlet*. Laju masukan pada sistem (IA) adalah hasil dari curah hujan dengan intensitas I pada DAS dengan luas A. Hal tersebut diekspresikan dalam formula Rasional sebagai berikut ini (Chow, 1964) :

$$Q = 0,278 C I A \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana,

- Q : debit (m³/dtk)
- C : koefisien *run off*, tergantung pada karakteristik DAS (tak berdimensi)
- I : intensitas curah hujan, untuk durasi hujan (D) sama dengan waktu konsentrasi (tc) (mm/jam)
- A : luas DAS (Km²)

Perhitungan debit sungai menggunakan metode Rasional memerlukan data intensitas hujan (I) yang kemudian didekati dengan persamaan Mononobe sebagai berikut (Suyono dan Takeda 1993):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana,

- I : intensitas curah hujan (mm/jam)
- t_c : waktu konsentrasi (jam)
- R₂₄ : curah hujan maksimum dalam 24 jam / curah hujan harian (mm)

Waktu konsentrasi (T_c) dapat dihitung berdasarkan persamaan Kirpich (Sri Harto 2000) sebagai berikut.

$$T_c = 3,97 * L^{0,77} * S^{-0,385} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan,

- T_c : waktu konsentrasi (jam);
- L : panjang sungai (km);
- S : landai sungai (m/m).

Untuk menghitung daya listrik yang dihasilkan dari debit sungai digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = g \times Q \times H \times \rho \times \mu \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan,

- P : tenaga potensial (kw)
- g : percepatan gravitasi bumi (9,8 m/det²)
- Q : debit aliran (m³ / det)
- H : tinggi (m)
- ρ : massa jenis air (Kg/m³)
- μ : efisiensi sistem

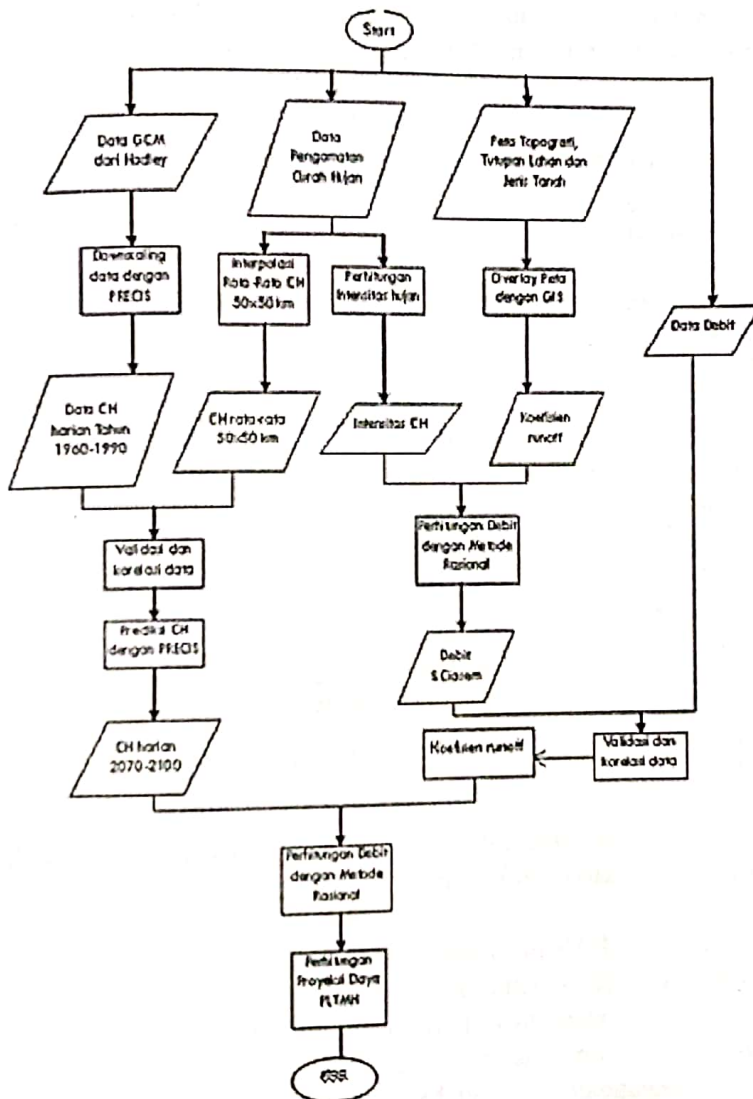
Validasi model perlu dikakukan untuk melihat seberapa baik pendekatan nilai model dengan keadaan aslinya. Validasi dapat dilakukan dengan cara statistic seperti menghitung nilai *Root mean Square Percent Error* (RMSPE) dibawah ini:

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \left[\frac{S_t - A_t}{A_t} \right]^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

- S_t : nilai simulasi pada waktu t
- A_t : nilai actual pada waktu t

\bar{A}_t : nilai rata-rata actual pada waktu t
 n : jumlah pengamatan (t=1,.....n);

Semakin kecil nilai RMPSE maka semakin baik pendekatan model yang dilakukan.
 Proyeksi iklim jangka panjang diolah untuk tahun 2070-2100 dengan memilih scenario A2 dan B2 yang memiliki pola perkembangan regional dan memiliki emisi *green house gas* yang paling tinggi (A2) dan emisi rendah (B2). Tahun 2070-2100 berdasarkan data *baseline* tahun 1960-1990 merupakan tahun dimana konsentrasi *Green House Gas* (GHG) cukup signifikan mempengaruhi sistem iklim global.
 Diagram alir penelitian ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram Alir Penelitian

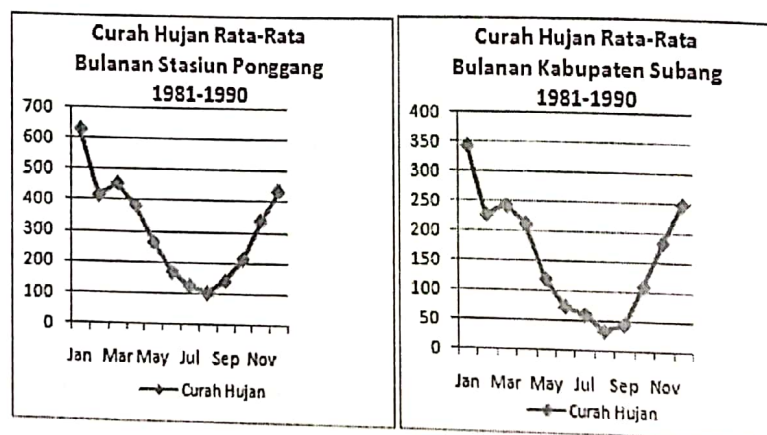
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pola Curah Hujan Kabupaten Subang

Pola Curah Hujan untuk Kabupaten Subang dan daerah penelitian PLTMH (diwakili oleh stasiun Ponggang) merupakan pola curah hujan jenis Monsun. Karakteristik

curah hujan jenis monsun adalah distribusi bulanan berbentuk "V" dengan jumlah curah hujan minimum pada bulan Juni, Juli atau Agustus. Pada bulan April-Oktober matahari berada di BBU (musim dingin di BBS) yang mengakibatkan benua Australia bertekanan tinggi dan Benua Asia bertekanan rendah. menurut hukum Buys Ballot angin bertiup dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah, sehingga angin bertiup dari benua Australia menuju benua Asia. Angin ini menuju Indonesia (Subang) melewati udara gurun pasir di bagian utara benua Australia dan hanya melalui lautan yang sempit yang mengakibatkan musim kemarau di Indonesia (Subang), dan puncaknya adalah antara bulan Juni, Juli dan Agustus sehingga curah hujan mencapai minimum pada bulan-bulan tersebut. Sedangkan pada Oktober-April matahari berada di BBS (musim panas di BBS), mengakibatkan angin bertiup dari benua Asia menuju benua Australia yang membawa udara lembab dan basah dari Laut Cina Selatan melewati Indonesia (Subang). Hal tersebut yang menyebabkan Indonesia mengalami musim penghujan dan puncaknya antara bulan Desember, Januari atau Februari sehingga curah hujan melimpah pada bulan-bulan ini.

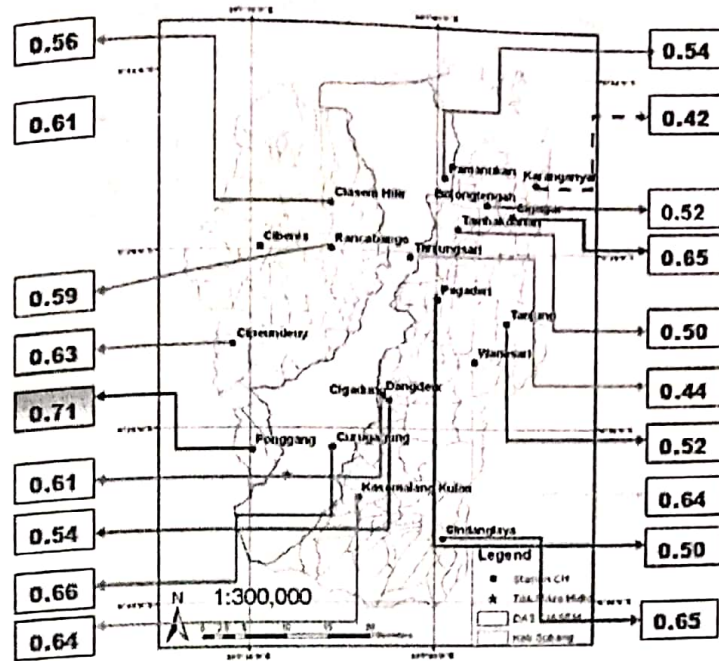
Gambar 3.1 menunjukkan bahwa curah hujan minimum terjadi pada bulan Agustus sebesar 103 mm untuk stasiun Ponggang dan 35 mm untuk rata-rata Kabupaten Subang. Pada stasiun ponggang curah hujan minimumnya lebih besar dari 100 mm, menurut teori Mohr merupakan daerah yang sangat basah. Tipe iklim daerah PLTMH ini menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson (1951) berdasarkan pembagian bulan basah (>100mm) dan bulan kering (<60mm) dari besarnya curah hujan selama sepuluh tahun (1981-1990), nilai Q (rata-rata bulan kering (21.6) ÷ rata-rata bulan basah (370.96)) adalah 0.058 termasuk kedalam Tipe A yaitu sangat basah (lampiran A-1).



Gambar 3.1. Grafik Curah Hujan rata-rata bulanan tahun 1981-1990 untuk stasiun Ponggang (kiri) dan Kabupaten Subang (kanan).

3.2. Korelasi Data Curah Hujan Dengan Debit

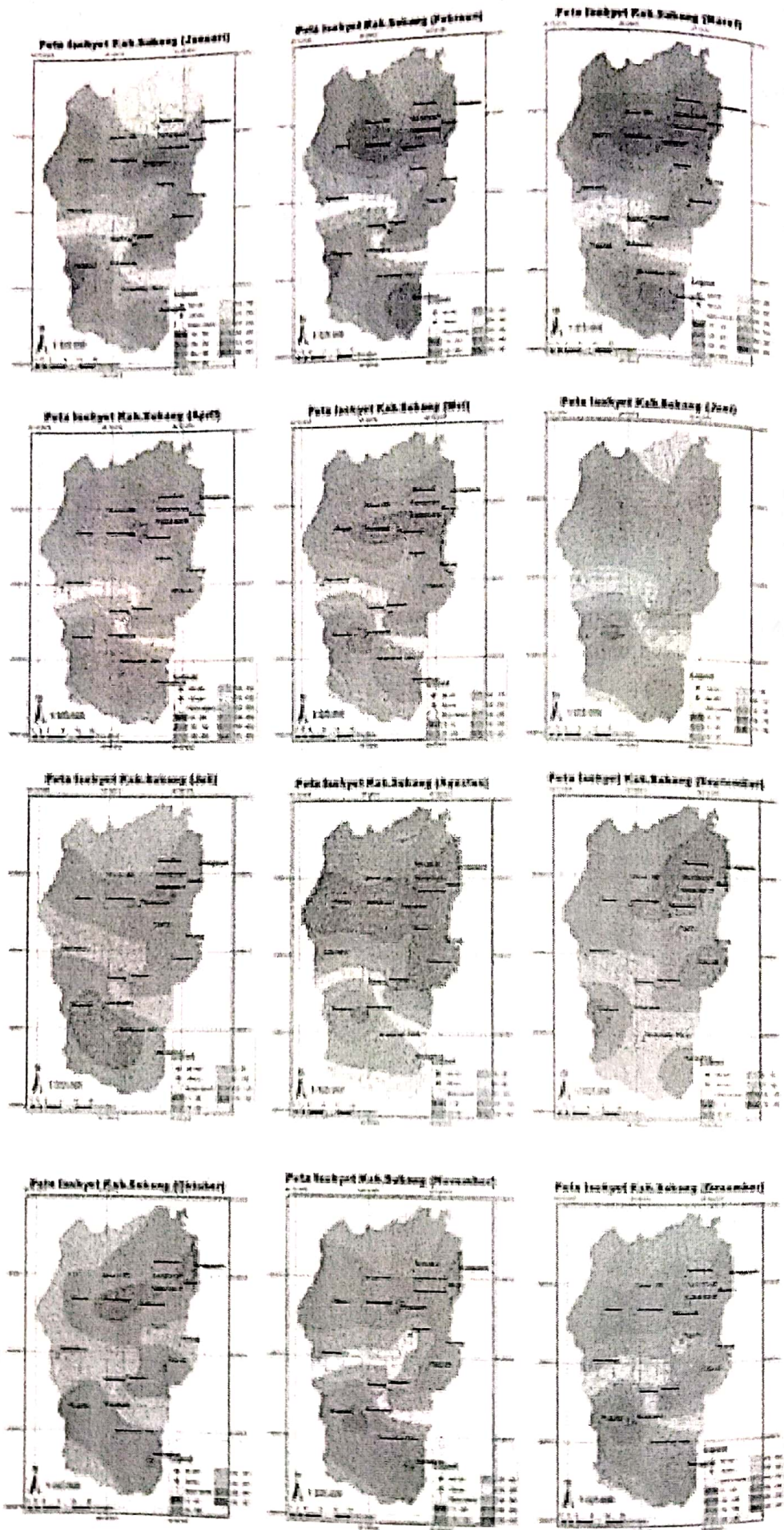
Nilai-nilai korelasi stasiun di sekitar daerah penelitian (gambar bintang pada Gambar 3.2) berada antara 0.60-0.71 dan nilai korelasi yang paling baik 0.71 didapat di stasiun Ponggang yang merupakan stasiun yang paling dekat dengan daerah penelitian PLTMH. Hal ini menandakan Curah hujan daerah Ponggang mendominasi pembentukan debit sungai Ciasem di titik penelitian.



Gambar 3.2. Nilai korelasi CH-debit setiap stasiun

3.3. Analisa Isohyet kabupaten Subang

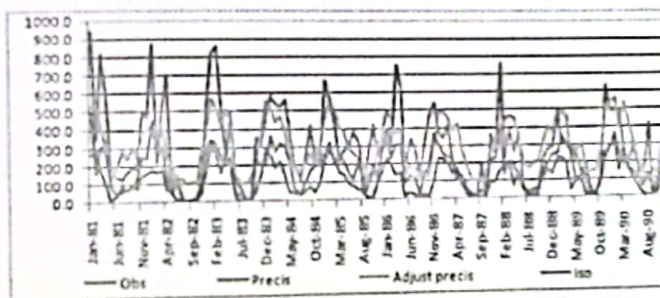
Dalam Gambar 3.3 daerah penelitian PLTMH (titik merah) rata-rata tiap bulannya berada pada wilayah isohyets yang sama dengan stasiun ponggang, hal ini menguatkan pernyataan bahwa curah hujan stasiun ponggang dapat mewakili curah hujan daerah PLTMH. Disebabkan adanya efek orografi, curah hujan pada daerah dataran tinggi cenderung lebih basah dibanding daerah dataran rendah pada setiap bulannya. Hal ini menunjukkan curah hujan memiliki korelasi dengan elevasi/ketinggian. Curah hujan dan ketinggian memiliki korelasi yang positif, dimana curah hujan akan semakin tinggi dengan bertambahnya ketinggian. Pada bulan-bulan kering untuk daerah Subang yaitu Juni Juli Agustus curah hujan di daerah penelitian masih merupakan daerah yang basah (100-150 mm), ini merupakan salah satu alasan mengapa PLTMH dibangun di lokasi ini.



Gambar 3.3. Isohyet (Jan-Des) rata-rata 1981-1990

3.4 Analisis Pengolahan Data Curah Hujan PRECIS

Data PRECIS yang di peroleh adalah data harian dari tahun 1960 sampai tahun 1990. Jika dibandingkan dengan data isohyet 50 km x 50 km yang telah dibuat sebelumnya pada tahun 1981-1990, data model ini memiliki korelasi sebesar 0.748 dengan persen. Untuk suatu pendekatan model angka ini cukup baik, artinya model ini dapat digunakan untuk wilayah Kabupaten Subang dengan tingkat kepercayaan 74.8%. Karena data PRECIS ini memiliki kesesuaian yang baik dengan data rata-rata isohyet (Gambar 3.4), kemudian data ini disesuaikan dengan data pengamatan stasiun Ponggang dengan pendekatan fungsi polynomial yang di dapat yaitu $Y = -0.0027X^2 + 2.3169X + 100.74$. Fungsi polynomial ini dipilih karena memiliki nilai R^2 yang lebih baik dibandingkan menggunakan fungsi regresi linear atau logaritmik, artinya kesesuaiannya lebih baik dibanding dengan fungsi lainnya. Nilai persen RMSE antara PRECIS dengan stasiun Ponggang sebelum di dekatkan dengan persamaan polynomial adalah 0.86 dan setelah dilakukan pendekatan, nilai persen RMSE berkurang menjadi 0.55 sedangkan untuk kesesuaian nilai PRECIS terhadap Ponggang awalnya -0.483 meningkat menjadi 0.404. Dapat dilihat bahwa *error*-nya menjadi lebih kecil setelah dilakukan penyesuaian dengan persamaan polynomial dan kesesuaiannya nilainya meningkat.

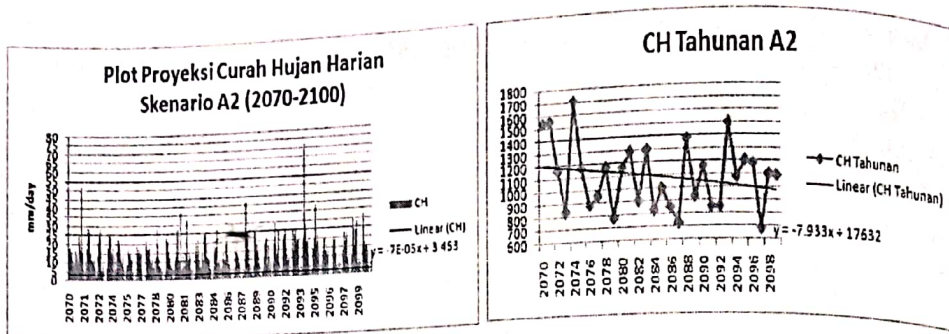


Gambar 3.4. Pola curah hujan data PRECIS (merah) dengan data observasi stasiun Ponggang (biru) dan rata-rata Isohyet (ungu) serta hasil pendekatan nilai précis terhadap observasi dengan persamaan polynomial (hijau) tahun 1981-1990.

3.5. Prediksi Curah Hujan dengan Data PRECIS Skenario A2

Pada skenario A2 ini menghasilkan nilai curah hujan dengan kecenderungan menurun dari tahun 2070 sampai tahun 2100 (Gambar 3.5) walaupun secara nyata tidak terlihat penurunannya karena penurunannya sangat kecil sekali. Jika dilihat pada plot curah hujan harian (gambar 4.8-a) terjadi beberapa kali curah hujan ekstrim, tetapi tidak terlalu sering. Pada tahun 2071 curah hujan pada satu hari mencapai >50mm sedangkan hari-hari sebelum dan sesudahnya rata-rata hanya berkisar antara 10-25 mm. Pada tahun 2087 curah hujan satu hari mencapai 40mm sedangkan hari-hari sesudahnya dan sebelumnya rata-rata berkisar antara 10-20 mm. Curah hujan yang paling ekstrim terjadi pada tahun 2093 dengan curah hujan mencapai >70 mm sedangkan pada hari-hari sebelum dan sesudahnya rata-rata hanya berkisar antara 10-25 mm.

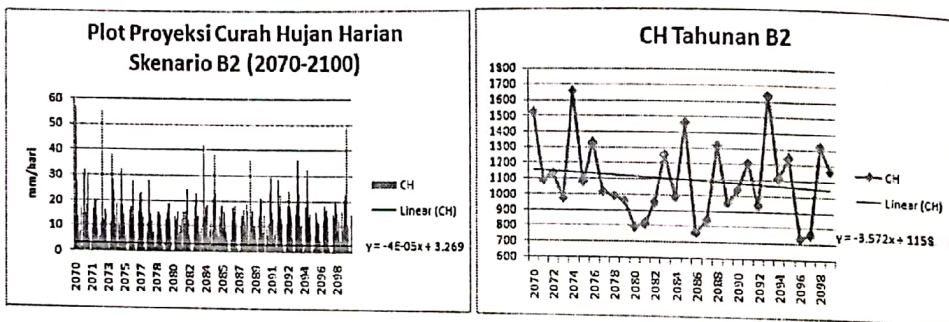
Curah hujan tahunan dari tahun 2070 -2100 menunjukan nilai yang sangat fluktuatif dari tahun ke tahun, dan disini terlihat jelas bahwa curah hujan cenderung menurun. Hubungan curah hujan dengan penambahan tahun dapat di berikan dengan persamaan regersi linear $Y = -7.933x + 17632$. Tanda minus di depan variable x menandakan adanya pengurangan (penurunan).



Gambar 3.5. Diagram curah hujan hasil prediksi PRECIS skenario A2 untuk data harian (kiri) dan data tahunan (kanan).

3.6. Prediksi Curah Hujan dengan Skenario B2

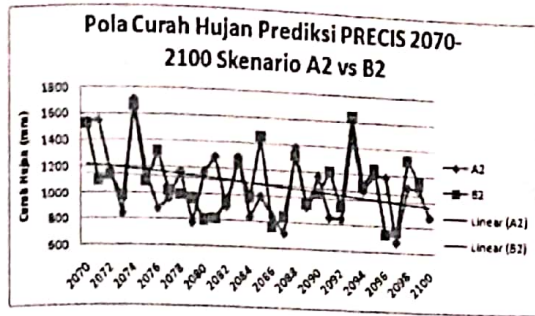
Curah hujan Prediksi PRECIS dengan skenario B2 harian (Gambar 3.6) hampir sama dengan skenario A2 kecenderungannya menurun tetapi penurunannya sangat kecil sekali nyaris tidak terlihat. Keekstriman data tidak sampai se-ekstrim skenario A2, jika diperhatikan pada tahun 2070 dan 2073 curah hujan satu hari ada yang mencapai >50mm. Untuk data bulanan, pada tahun 2070 berkisar antara 1,234-273,962 mm, pada tahun 2079 curah hujan berkisar 0,314-242,739 mm, dan pada tahun 2099 curah hujan berkisar antara 0,7-228,264 mm.



Gambar 3.6. Diagram curah hujan hasil prediksi PRECIS skenario B2 untuk data harian (kiri) dan data tahunan (kanan).

Pola curah hujan tahunan 2070-2100 untuk skenario A2 dan B2 tidak sama (Gambar 3.7), pada tahun-tahun tertentu curah hujan untuk skenario A2 mengalami kenaikan dan pada tahun yang sama skenario B2 mengalami penurunan, artinya terjadi hubungan berkebalikan pada tahun-tahun 2071, 2072, 2075, 2079, 2090. Hasil proyeksi curah hujan dengan skenario A2 memiliki kecenderungan menurun sebesar 25.06% dan untuk skenario B2 sebesar 22.96%. Perbedaan persentase penurunan ini menurut skenario perubahan iklim A2 disebabkan karena adanya konsentrasi gas rumah kaca yang lebih tinggi, sedangkan skenario B2 konsentrasi gas rumah kacanya sedang. Konsentrasi gas rumah kaca ini berhubungan dengan temperature global, dimana menurut konsep pemanasan global bahwa semakin banyak konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer bumi maka akan semakin banyak energy panas matahari yang terperangkap di bumi, akibatnya temperature global bumi meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi gas rumah kaca. Dengan adanya peningkatan temperature yang merupakan salah satu parameter iklim yang berpengaruh terhadap parameter iklim lainnya seperti curah hujan. Kenaikan temperatur global dapat mengakibatkan penurunan curah hujan di sebagian daerah dan di daerah lainnya terjadi kecenderungan peningkatan curah hujan, disebagian daerah lainnya dapat terjadi kekeringan dan periode hujan yang pendek dengan intensitas yang ekstrim. Untuk

daerah Subang curah hujan mengalami kecenderungan menurun dan persentase penurunan skenario A2 (gas rumah kaca yang tinggi) lebih besar daripada persentase penurunan skenario B2 (gas rumah kaca yang rendah).

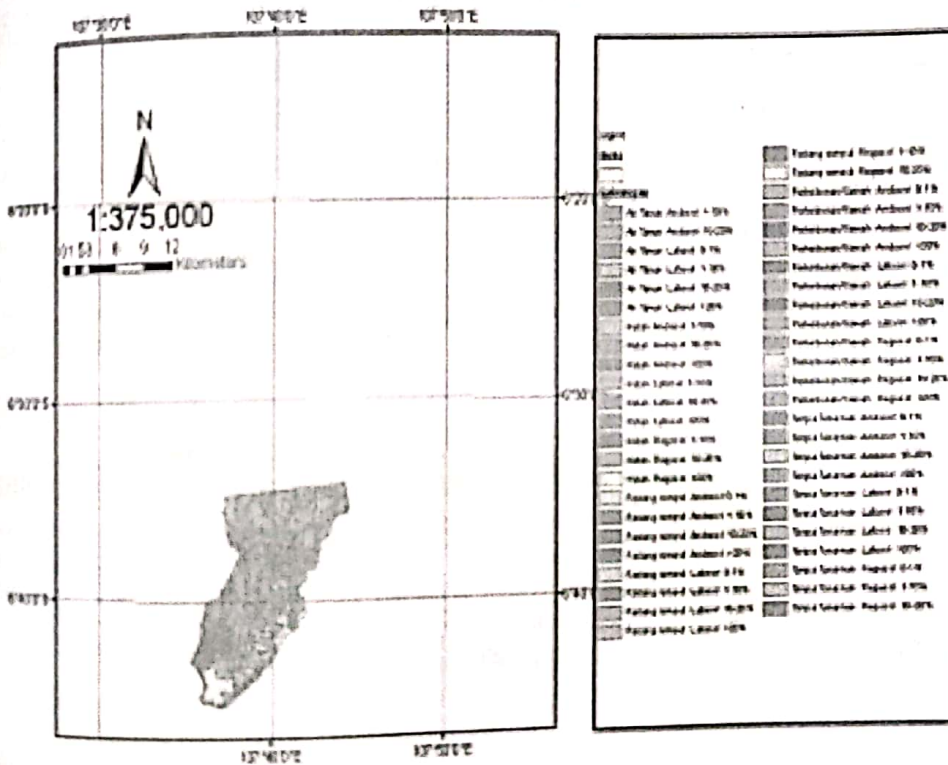


Gambar 3.7. Pola curah hujan tahunan prediksi tahun 2070-2100 untuk skenario A2 dan B2.

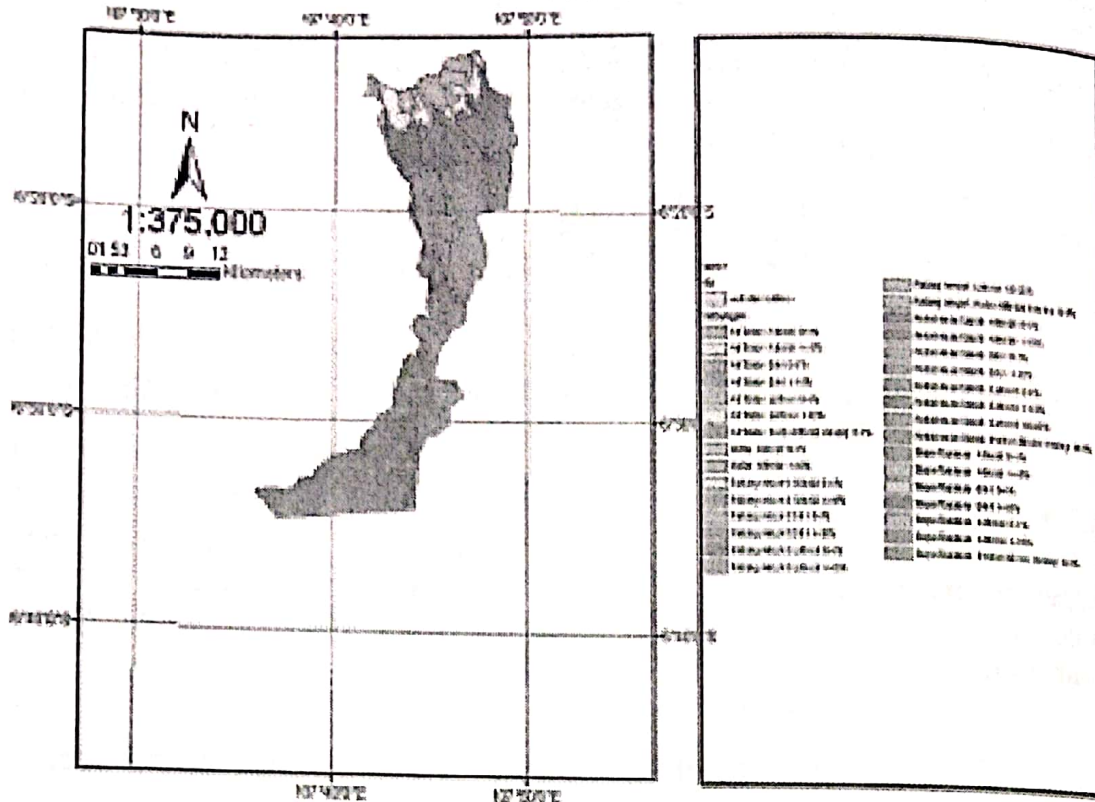
3.7. Koefisien Run Off

Sungai biasanya terbagi atas dua daerah yaitu daerah hulu untuk daerah yang lebih tinggi dan daerah hilir untuk daerah yang lebih rendah. Lokasi PLTMH berada di daerah hulu sungai, untuk lebih spesifik kemudian perhitungan debit dibedakan antara hulu dan hilir (Gambar 3.8).

Overlay 3 Jenis Peta (Kemiringan-Jenis Tanah-Landuse) Daerah Hulu



Overlay 3 Jenis Peta (Kemiringan-Jenis Tanah-Landuse) Daerah Hilir



Gambar 3.8. Overlay peta kemiringan, tata guna lahan dan jenis tanah DAS Ciasem hulu (kiri) dan hilir (kanan).

Daerah hulu memiliki empat puluh sembilan klasifikasi dan daerah hilir memiliki tiga puluh tiga klasifikasi yang berbeda-beda baik jenis tutupan lahan, jenis tanah dan kemiringan. Jika dilihat nilai koefisien limpasan di hulu dan hilir, perbedaannya tidak terlalu signifikan dimana nilai koefisien hulu 0.308165 dan hilir 0.308308 bila dibulatkan 3 angka di belakang koma nilainya sama yaitu 0.308, tetapi bila diperhatikan nilai koefisien di hulu lebih kecil daripada di hilir yang menandakan bahwa di daerah hulu merupakan kawasan peresapan yang lebih baik daripada di daerah hilir. Pada perhitungan debit tetap akan digunakan koefisien yang sama yaitu 0.308.

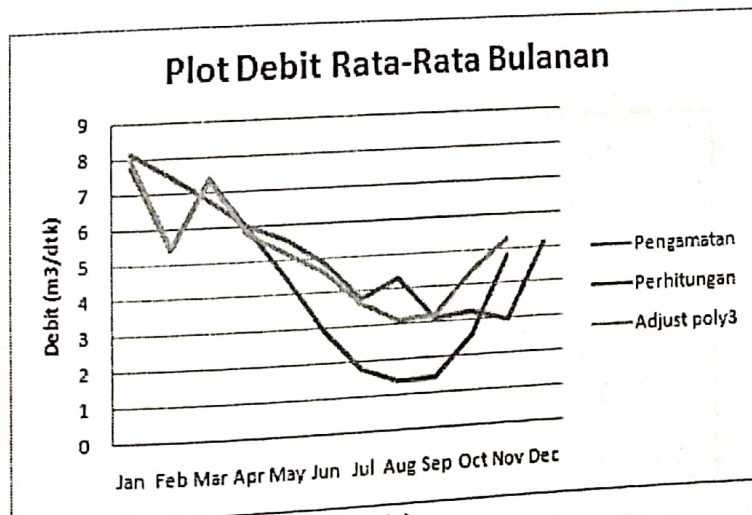
3.8. Korelasi Perhitungan Debit Sungai dengan Data Pengamatan

Setelah mendapatkan koefisien limpasan di daerah DAS Ciasem dilakukan perhitungan debit dengan metode rasional (persamaan 3) dengan nilai I diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan rumus Mononobe (persamaan 4). Hasil perhitungan debit dapat dilihat pada Tabel 3.1. Hasil korelasi perhitungan debit dari data PRECIS dengan menggunakan metode rasional dan data debit hasil pengamatan menunjukkan hubungan yang baik untuk kesamaan pola dengan nilai korelasi 0.799.

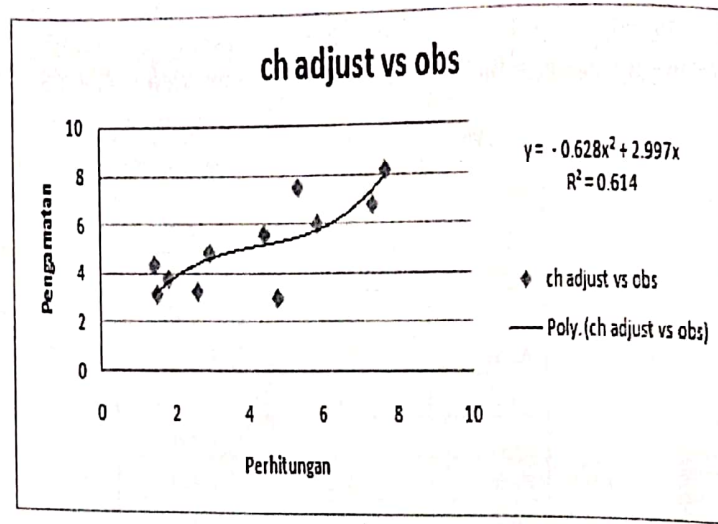
Tabel 3.1. Nilai korelasi pola rata-rata debit bulanan ($m^3/detik$) tahun 1990 data pengamatan dengan hasil perhitungan dengan data PRECIS.

Bulan	Pengamatan	Perhitungan
Jan	8.121	7.722
Feb	7.456	5.377
Mar	6.745	7.362
Apr	5.978	5.895
May	5.568	4.451
Jun	4.813	2.921
Jul	3.775	1.790
Aug	4.332	1.411
Sep	3.143	1.478
Oct	3.255	2.583
Nov	2.978	4.796
Dec	5.119	-
Korelasi	0.799	

Hubungan antara nilai perhitungan debit dari data PRECIS yang sudah di *adjust* dengan data pengamatan ditunjukkan dengan persamaan regresi linear $Y = 0.308X^3 - 0.6283X^2 + 2.9977X$ (Gambar 3.9). Nilai persen RMSE data perhitungan PRECIS terhadap data pengamatan adalah 0.316 dan setelah dilakukan pendekatan dengan menggunakan persamaan polynomial orde 3 dengan *intercept* 0 dihasilkan nilai error (RMSPE) 0.20. Persamaan polynomial orde 3 dipilih karena memiliki kesesuaian nilai yang cukup baik yaitu 0.6143, dan penggunaan *intercept*=0 dimaksudkan untuk mendapatkan nilai perhitungan debit yang dipengaruhi langsung oleh curah hujan. Melihat adanya penurunan nilai error maka persamaan ini kemudian dijadikan acuan untuk menghitung nilai pendekatan debit ciasem setelah dihitung menggunakan metode rasional.



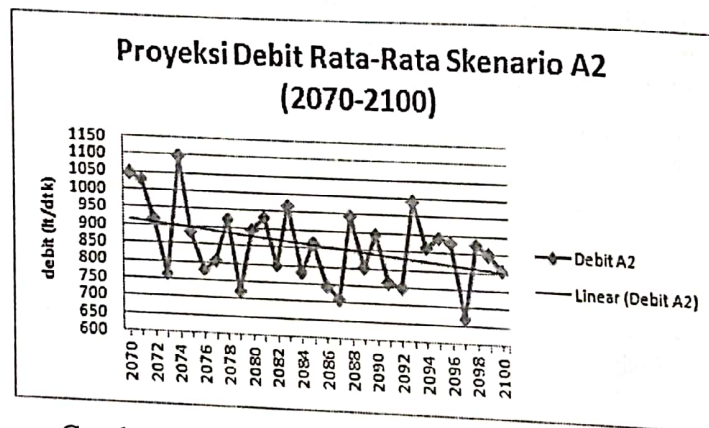
(a)



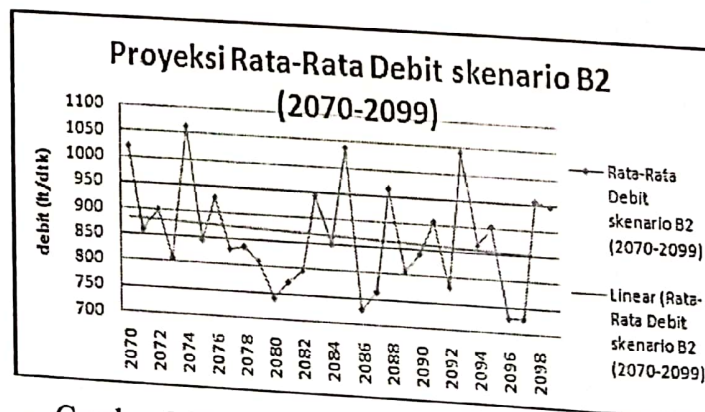
(b)

Gambar 3.9. (a) Plot rata-rata debit (m^3/dtk) tahun 1990 (Jan-Feb), (b) persamaan polinomial dari data pengamatan debit terhadap perhitungan data précis.

3.9. Analisis Pengolahan Proyeksi Debit Sungai Ciasem



Gambar 3.10. Proyeksi debit dengan skenario A2



Gambar 3.11. Proyeksi debit dengan skenario B2

Jika dilihat dari hasil data debit yang di dapat, selama tahun 2070 sampai tahun 2100 pada nilai debit rata-rata tahunan untuk skenario A2 (Gambar 3.10) memiliki kecenderungan menurun yang lebih besar dari skenario B2 (Gambar 3.11) walaupun perbedaannya tidak terlalu besar yaitu 9.92% (A2) dan 9.18%. Range nilai fluktuatif untuk debit rata-rata tahunan skenario A2 lebih panjang yaitu dari 650-1100 Lt/dtk sedangkan

untuk B2 730-1060 Lt/dtk, disini terlihat bahwa pengaruh konsentrasi GHG yang lebih tinggi pada skenario A2 menghasilkan nilai-nilai yang lebih ekstrim dibandingkan pada skenario B2 yang konsentrasi GHG-nya lebih rendah. Perlu diperhatikan kondisi debit rata-rata bulanan dibawah 550 Lt/dtk yaitu pada bulan-buan kering. Untuk skenario A2 bulan kering terjadi antara bulan April sampai Oktober lebih pajang dibandingkan bulan kering skenario B2 yaitu Mei sampai Oktober. Pada kondisi debit bulan-bulan tersebut sistem kerja turbin yang akan digunakan untuk PLTMH tidak dapat beroperasi. Turbin yang digunakan di PLTMH Cinta Mekar memiliki 2 penstock yang masing-masing penstock mengalirkan 550 lt/dtk air, sehingga batas minimum debit sungai adalah 550 lt/dtk untuk dapat mengoperasikan turbin dan menghasilkan listrik.

Pada skenario A2 turbin tidak dapat beroperasi mulai bulan Juli 2071 sedangkan pada skenario B2 turbin tidak dapat beroperasi satu tahun lebih awal yaitu pada bulan Juli 2070. Dengan kata lain PLTMH sudah tidak potensial di daerah Subang Khususnya di Desa Cinta Mekar mulai Juli 2070 menurut skenario B2 dan Juli 2071 menurut skenario A2.

3.10. Analisis Pengolahan Daya Listrik

Daya listrik yang dihitung dari debit dengan persamaan 6 dapat dilihat pada tabel 2, dimana rata-rata listrik tahunan untuk scenario B2 lebih stabil (>100Kw) dibandingkan rata-rata listrik untuk scenario A2 (>90 Kw). Diketahui outlet listrik PLTMH desa Cinta Mekar adalah 120 Kw, jika diperhatikan pada tabel 2, banyak bulan-bulan yang menghasilkan listrik dibawah 120 Kw, sehingga tidak mencukupi kebutuhan listrik warga desa Cinta Mekar.

Tabel 3.2. Daya listrik yang dihasilkan (2070-2079) dengan (a) skenario A2 dan (b) skenario B2.

Prediksi Produksi Daya Listrik dengan skenario A2 (2070-2079) (kw)

Bulan	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Jan	187,9768	192,2838	195,7833	159,4635	215,3258	211,8116	187,8909	139,5684	190,3392	202,0152
Feb	182,7573	191,0269	149,103	180,3497	212,0856	208,1442	130,4782	171,1589	179,6024	136,1897
Mar	210,2713	218,5424	148,365	123,1289	181,1769	150,5138	143,7366	151,6383	169,0823	92,48517
Apr	98,84468	182,3266	133,8625	69,50832	191,012	94,74378	76,34178	148,5561	128,3759	53,0219
May	135,0937	149,7289	127,0194	76,87164	159,6614	127,7362	93,98821	62,74405	90,41011	59,05517
Jun	121,708	83,23188	70,57139	59,99039	112,5642	104,5334	45,53654	48,93873	109,8458	60,78435
Jul	71,89755	59,24396	98,02364	44,35243	47,55659	49,15112	43,91321	43,70168	65,29052	43,97293
Aug	120,8235	44,18622	59,88336	44,03165	113,0833	46,86873	44,04339	43,68208	67,10479	43,72715
Sep	69,0948	53,20936	45,44893	43,74576	55,63163	43,89168	45,1947	45,38953	74,39872	45,297
Oct	93,98102	68,75993	53,79361	70,33063	77,51555	55,98498	61,97806	51,51087	63,43676	68,83032
Nov	91,535	178,9552	139,9702	128,2244	133,102	103,8073	148,8497	137,8041	118,3431	162,4845
Dec	214,6095	153,7176	178,5899	170,0543	180,7359	156,6119	172,9272	192,2515	157,8579	137,2861
rata-rata	133,2161	131,2677	116,7012	97,5043	139,9542	112,8166	99,57321	103,0787	117,8406	92,09579

(a)

Prediksi Produksi Daya Listrik dengan skenario B2 (2070-2079) (kw)

Bulan	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079
Jan	207,5274	183,1842	171,4621	129,2629	213,2624	202,6783	202,2743	200,0773	166,4676	197,7422
Feb	200,2803	158,49	188,9455	142,9668	214,2338	173,7127	196,5979	182,4671	164,8246	181,6065
Mar	205,6195	176,7495	153,0639	156,4096	199,6953	179,7275	210,1052	141,8951	179,6161	131,8977
Apr	176,9916	198,0767	154,5233	144,3706	164,5915	150,0586	167,4104	129,9616	124,2802	91,60289
May	91,22113	136,6029	125,1107	102,9592	89,04902	68,12903	98,7009	111,611	66,79778	90,88086
Jun	89,06046	45,58617	63,32113	44,11481	103,2331	44,94219	70,34745	45,81574	72,7619	60,27251
Jul	44,88658	49,59555	44,51366	48,30635	44,24685	61,6648	44,01697	43,69188	56,43606	50,91497
Aug	47,06336	43,82803	66,98275	43,68208	70,81545	43,77221	43,68404	43,70951	46,9801	43,98761
Sep	66,83011	44,19306	60,11305	49,16361	67,98514	43,68502	43,7389	43,68208	46,17721	47,31879
Oct	86,22294	67,39082	69,87235	46,2044	87,19614	58,76894	58,46663	59,62021	69,75166	50,69153
Nov	160,0505	84,93267	101,5184	113,2577	170,7234	85,72149	115,6519	95,83373	109,9788	137,2754
Dec	181,9652	128,0186	176,3537	214,7045	199,4519	179,4983	171,7706	172,1308	174,4077	155,8442
rata-rata	129,8099	109,7207	114,6484	102,9502	135,3737	107,6966	118,5638	105,8747	106,54	103,3363

(b)

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data observasi sembilan belas stasiun di Kabupaten Subang, daerah PLTMH merupakan daerah yang basah dengan nilai rata-rata curah hujan bulanan (1981-1990) 305 mm dan korelasi data keluaran PRECIS dengan data observasi ini cukup baik yaitu sebesar 74.8%. Data observasi Curah Hujan tahun 1981-1990 mempunyai kecenderungan menurun sebesar 21.13% sedangkan hasil proyeksi curah hujan dengan scenario A2 pada tahun 2080-2089 kecenderungan menurun sebesar 25.06% dan untuk scenario B2 sebesar 22.96%. Perubahan curah hujan bulanan pada tahun 2070-2100 tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan data curah hujan tahun 1960-1990. Hasil prediksi curah hujan harian terlihat curah hujan ekstrim dimana pada satu hari curah hujan mencapai >70 mm, sedangkan pada hari-hari lainnya rata-rata 20-30 mm. Terdapat keterkaitan curah hujan di Kabupaten Subang dengan debit/ketersediaan air sungai Ciasem sebesar 70.9%. Potensi energi alternatif mikrohidro dipengaruhi oleh besarnya debit. PLTMH diproyeksikan tidak potensial di daerah Subang Khususnya di Desa Cinta Mekar mulai Juli 2070 menurut skenario B2 dan Juli 2071 menurut skenario A2.

DAFTAR RUJUKAN

- Harto, Sri, Br., 1993, Analisis Hidrologi, PT Gramedia, Jakarta.
- Indartono, Y. S., 2005, Krisis Energi di Indonesia: Mengapa dan Harus Bagaimana, INOVASI Vol 5/XVII/November,
- Laporan Field Trip Energi Terbarukan di Jawa Barat, 2009, Program Perubahan Iklim dan Energi, WWF Indonesia.
- Solomon, S., Qin D., Manning M., 2007, Climate Change 2007 The Physical Science Basis – Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC.
- Sosrodarsono, S., Takeda, K., 2006, Hidrologi untuk Pengairan : PT. Paradnya Paramita, Jakarta.
- Taylor, R., Jones R., Noguer M., Hassel D., Hudson D., Wilson S., Jenkins G., dan Mitchel J., 2004, Generating High Resolution Climate Changer Scenarios Using Precis, Precip Handbook. Hadley Centre for Climate Prediction and Research, U.K.