



## Prediksi Ketersediaan Air Akibat Perubahan Tata guna Lahan dan Iklim pada DAS Majalaya

Dicky Muhamad Fadli

Jurnal Konstruksi  
Institut Teknologi Garut  
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia  
Email : [jurnal@itg.ac.id](mailto:jurnal@itg.ac.id)

[dicky.fadli08@itg.ac.id](mailto:dicky.fadli08@itg.ac.id)

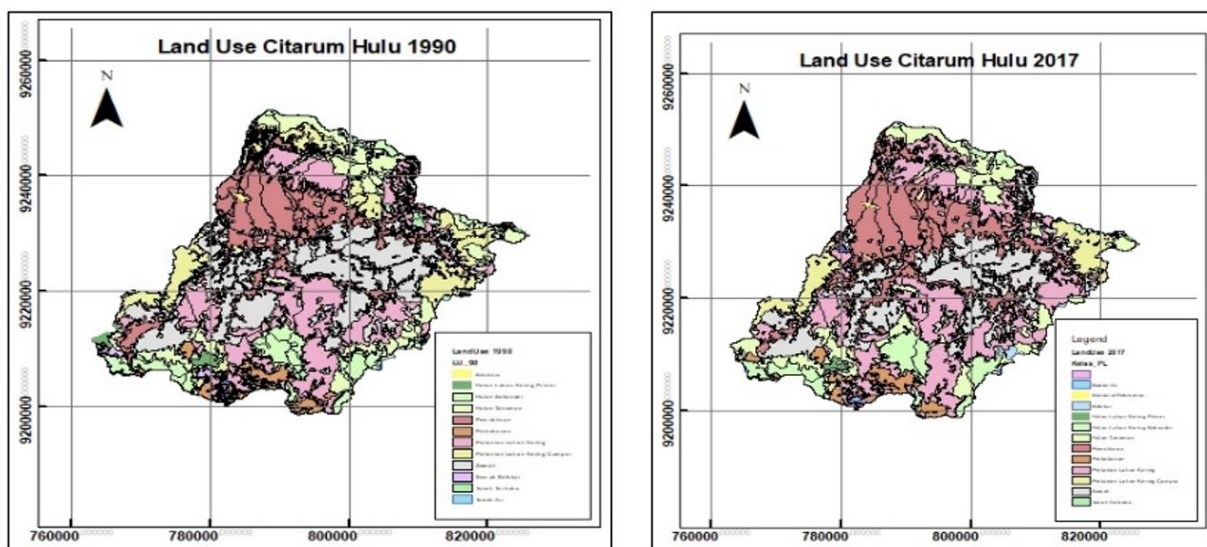
**Abstrak** – Perubahan tata guna lahan dan perubahan iklim mengakibatkan perubahan limpasan yang berujung pada perubahan ketersediaan air. Perubahan iklim mengakibatkan meningkatnya temperatur, merubah pola hujan, meningkatkan debit puncak dan meningkatkan permukaan air laut. Selain perubahan iklim, yang mempengaruhi limpasan permukaan ialah karakteristik dari Daerah Aliran Sungai. Perubahan fungsi lahan dari daerah terbuka menjadi daerah terbangun mengakibatkan berubahnya pola limpasan. Sehingga simulasi prediksi mengenai perubahan iklim dan perubahan tata guna lahan perlu dilakukan untuk melihat debit ketersediaan. Skenario perubahan iklim menggunakan CMIP 5 (*Coupled Model Intercomparison Project 5*) sedangkan perubahan lahan digunakan RTRW Jawa Barat 2029 yang diasumsikan sebagai tata guna lahan dengan outlet berada di Majalaya. Metode Statistical Downscaling digunakan untuk mengestimasi nilai suatu variabel iklim dari model CMIP 5. Pada studi ini, CMIP dikoreksi menggunakan data observasi. Sedangkan distribusi hujan menggunakan distribusi gamma dengan nilai acak. Data tersebut menjadi input dalam model SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) yang digunakan untuk prediksi limpasan. Hasil SWAT digunakan untuk analisis debit ketersediaan dengan skenario bulan kering, normal, basah terhadap perubahan iklim dan perubahan tata guna lahan. Penggunaan data CMIP 5 sebagai input SWAT untuk prediksi debit di DAS Majalaya menunjukkan hasil yang baik dengan nilai NSE 0,64. Skenario perubahan iklim berpengaruh terhadap ketersediaan air, ini ditunjukkan dengan peningkatan nilai seperti curah hujan dan temperatur yang mengakibatkan turunnya Q95 antara 3-46% terhadap debit baseline. Sementara perubahan tata guna lahan yang terjadi menyebabkan turunnya *curve number* sebesar 2,43%. Ini berdampak pada kenaikan Q95 sebesar 4-7% dari skenario perubahan iklim. Adapun skenario berdasarkan bulan kering, normal dan basah menghasilkan hasil yang beragam. Pada bulan kering terjadi penurunan ketersediaan air disemua skenario iklim sebesar 0,06-0,08 m<sup>3</sup>/dtk. Pada bulan normal terjadi penurunan ketersediaan air disemua skenario iklim sebesar 0,13-0,16 m<sup>3</sup>/dtk dan pada bulan basah terjadi penurunan ketersediaan air disemua skenario iklim sebesar 1,3-1,7 m<sup>3</sup>/dtk.

**Kata Kunci** – CMIP; Debit Ketersediaan; Distribusi Gamma; Iklim; Tata guna Lahan; Statistical Downscaling; SWAT.

### I. PENDAHULUAN

Secara alamiah sebagian air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah dan selebihnya akan mengalir menjadi limpasan permukaan (Gafuri dkk., 2016). Limpasan terjadi karena intensitas hujan yang melebihi kapasitas infiltrasi suatu tanah. Proses mengalirnya air diakibatkan oleh gaya gravitasi yang pada akhirnya akan bermuara di lautan. Besarnya jumlah limpasan tergantung pada abstraksi hidrologi dan jumlah presipitasi. Proses abstraksi yang dimaksud antara lain ialah evaporasi, evapotranspirasi dan infiltrasi,

abstraksi hidrologi dipengaruhi oleh iklim dan karakteristik daerah tangkapan hujan sedangkan presipitasi dipengaruhi oleh iklim. Berdasarkan Wuebbles 2013, Debit sungai dipengaruhi oleh beberapa faktor pendorong seperti perubahan tata guna lahan, pengambilan air dan variasi iklim [2]. Selain itu menurut Sudarto, terjadinya alih fungsi lahan pada kawasan resapan air akan menyebabkan berkurangnya aliran dasar (*base flow*) dan pengisian air tanah (*infiltrasi*), dan sebaliknya hal tersebut juga akan meningkatkan volume limpasan air permukaan (*surface runoff*) yang menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan tata air [3]. Pendorong utama perubahan tataguna lahan adalah pembangunan sosial-ekonomi, perluasan populasi, dan tekanan terhadap lahan untuk pertanian (Guzha dkk., 2018), Peningkatan populasi yang cepat menghasilkan penambahan pembangunan penduduk dan infrastruktur yang dibutuhkan. Perkembangan ini akhirnya akan menghasilkan peningkatan permukaan kedap air sehingga kecepatan aliran di permukaan meningkat. Peningkatan kecepatan aliran selanjutnya dapat menyebabkan perubahan puncak limpasan[5]. Hal ini mendorong terjadinya perubahan fungsi lahan dari ruang terbuka menjadi daerah terbangun. Perubahan tata guna lahan di kota-kota besar tidak dapat dihindari seiring dengan pengembangan wilayah. Perubahan fungsi tutupan lahan berpengaruh terhadap pola limpasan. Adapun perubahan lahan terlihat seperti berikut.



Gambar 1: Perubahan Tataguna Lahan pada DAS Majalaya

Sumber : KLHK

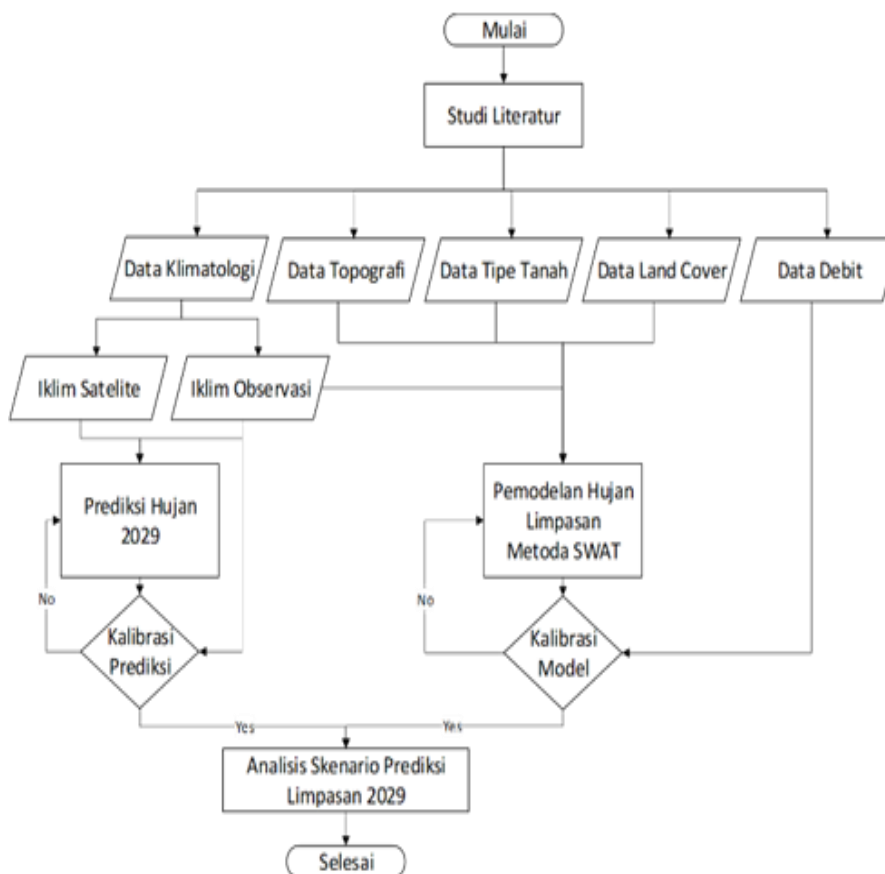
Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), SubDas Citarum Hulu mengalami perubahan paling besar diantara subdas lainnya. Perubahan yang terjadi ialah hutan, pertanian dan tanah terbuka menjadi pemukiman. Di kawasan DAS Citarum Hulu proses penebangan hutan dan perubahan hutan menjadi pertanian menjadi salah satu penyebab terjadinya erosi. Alih fungsi lahan yang tidak sesuai dengan peruntukannya dan pengelolaan DAS yang tidak sesuai kaidah konservasi menimbulkan dampak yang sangat besar [6]

Pada saat ini prediksi iklim dapat dilakukan, dalam laporan IPCC yang ke-5 telah memperkenalkan serangkaian skenario emisi baru yang disebut Representative Concentration Pathways (RCPs), berdasarkan serangkaian skenario *anthropogenic forcing* yang digunakan untuk model iklim baru. [7] skenario RCP mewakili dampak emisi, analisis mitigasi dan mereka mewakili luas berbagai kemungkinan skenario iklim masa depan”. RCP menyediakan kombinasi, adaptasi dan mitigasi konsentrasi gas rumah kaca, proyeksi iklim masa depan.

Oleh karena itu, penelitian terkait prediksi limpasan akibat perubahan iklim menggunakan skenario RCP dan perubahan lahan perlu dilakukan guna mengetahui limpasan yang akan terjadi di masa yang akan datang. Didalam SubDAS Citarum Hulu terdapat beberapa pos duga air, salah satunya ialah pos duga air Majalaya yang menjadi lokasi penelitian ini. Serta penggunaan RTRW 2029 sebagai tataguna lahan dimasa yang akan datang.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mempermudah melihat proses input dan output dari penelitian ini, maka di digunakan bagan alir. Dimulai dengan studi literatur hingga analisis limpasan yang dikalibrasi dan Analisis prediksi limpasan terhadap RTRW 2029. Untuk memperjelas dapat dilihat pada bagan alir sebagai berikut.



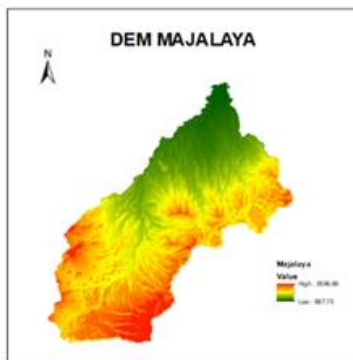
Gambar 2: Bagan alir penelitian

### A. Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah curah hujan stasiun, curah hujan prediksi, klimatologi BMKG, klimatologi prediksi (CIMP), topografi. Data curah hujan observasi menggunakan 3 stasiun hujan. Sedangkan data curah hujan prediksi menggunakan RCP 26, 45-85 dan 85 hingga tahun 2050. Data topografi menggunakan data DEMNAS dengan resolusi 0.27-arcsecond, serta menggunakan datum vertikal EGM2008. Data ini didapat dari Badan Informasi Geospasial (BIG).



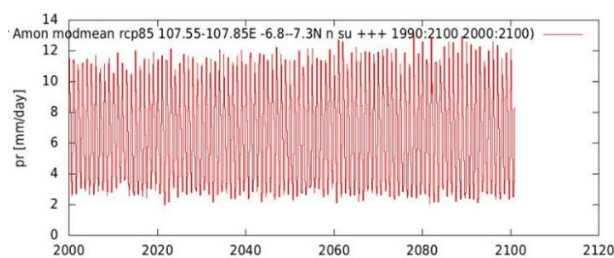
Gambar 3: Pos Hujan



Gambar 4: Topografi DAS Majalaya



Gambar 5: Tataguna Lahan DAS Majalaya



Gambar 6: Prediksi Curah Hujan CIMP5

## B. Prediksi Curah Hujan

Dengan digunakannya data RCP maka perlu adanya koreksi hujan dengan menggunakan metoda *probability density function* (PDF). Koreksi bias terhadap estimasi satelit diterapkan dengan menggunakan pendekatan pencocokan PDF, dengan analisis bias sebagai fungsi dari intensitas hujan, musim dan garis lintang [8]. Selanjutnya melakukan sistem klasifikasi Oldeman berguna dalam klasifikasi tanaman pertanian di Indonesia dengan menggunakan unsur curah hujan. Kriterianya didasarkan pada perhitungan bulan basah dan musim kemarau [9]

## C. Pemodelan SWAT

*Soil Water Assessment Tool* (SWAT) adalah model hidrologi skala SubDAS berbasis fisik, deterministik, dan kontinyu, yang dikembangkan oleh *USDA Agricultural Research Service* [10] Arcswat ini dapat mensimulasikan run-off, sedimentasi, polutan dan air tanah.

- **Deliniasi DAS**  
Dilakukan untuk penentuan batas daerah aliran sungai berdasarkan punggung kontur. Data yang dibutuhkan merupakan data elevasi atau topografi.
- **HRU (Hidrologic Response Unit)**  
Dilakukan identifikasi unsur karakteristik sebuah SubDAS. Setiap HRU memiliki informasi jenis tutupan lahan, jenis tanah dan kemiringan lereng.
- **Weather Generator (Wgen\_user)**  
Dilakukan input data hujan, temperature, kelembaban, radiasi matahari dan kecepatan angin. Data berupa file wgn yang berisikan nama stasiun, koordinat, elevasi dan parameter inputan.
- **Pemodelan Limpasan**  
Pada tahapan ini melakukan *setting* waktu simulasi dan interval output yang diinginkan. Output yang dihasilkan dari pemodelan ini ialah pengelompokan perhitungan berdasarkan reach, subbasin, hru, dan sediment.
- **Kalibrasi**  
Evaluasi model dengan membandingkan dengan data observasi. Proses ini dilakukan untuk

mengetahui seberapa besar eror dari model. Metode yang digunakan ialah *Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)*. NSE adalah statistik dinormalisasi yang menentukan besarnya relatif varians residual (*noise*) dibandingkan dengan varians data [11]

#### D. Skenario Ketersediaan Air

Skenario prediksi ketersediaan air dilakukan pada bulan kering, normal dan basah dengan beberapa skenario yaitu:

- Perubahan iklim dengan menggunakan RCP 26, 45-85 dan 85
- Perubahan iklim dan perubahan tataguna lahan RTRW 2029
- Perubahan iklim dan skenario terburuk dari tataguna lahan

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### A. Pemodelan SWAT

Setelah di analisis, Perlunya penyesuaian yang terhadap klasifikasi tutupan lahan, jenis tanah dan kemiringan. DAS Majalaya menghasilkan 45 HRU pada tahun 2016, dengan tutupan lahan dominan berupa agrikultur dengan 69.5%, jenis tanah Andosol 52.34% dan kemiringan 25-40% sebesar 24.90%. pada saat ada perubahan tataguna lahan menggunakan RTRW Prov. Jawa Barat didapat 50 HRU dan didominasi oleh agrikultur 49% serta hutan 45%. Berikut merupakan klasifikasi tutupan lahan, jenis tanah dan kemiringan.

Tabel 1: Klasifikasi Tataguna Lahan

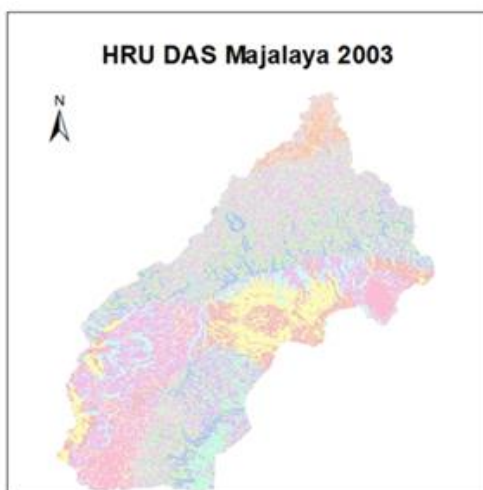
Klasifikasi	Swat	Keterangan
Hutan	FRSE	Forest Evergreen
Agrikultur	AGRL	Agriculture
Pemukiman	URMD	Urban Medium Density
Badan Air	WATR	Water

Tabel 2: Klasifikasi Kemiringan Lahan

Klasifikasi	Keterangan
Datar	< 8 %
Landai	8 - 15 %
Agak Curam	16 - 25 %
Curam	26 - 40 %
Sangat Curam	> 40 %

Tabel 3: Klasifikasi Jenis Tanah

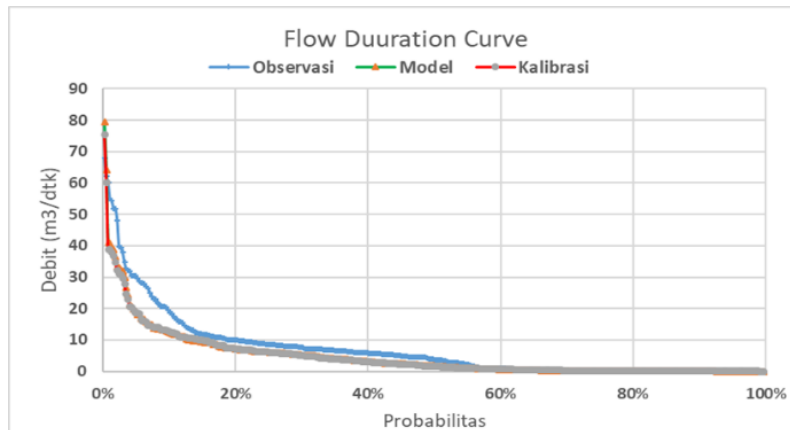
Klasifikasi	Hydrogroup	Swat
Andosol	B	Kearsarge
Latosol	B	Deerfield
Podsol	C	Colonel



Gambar 7: HRU DAS Majalaya 2003

Kalibrasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara model simulasi dengan hasil observasi. Pada penelitian ini kalibrasi menggunakan SWAT-CUP sebagai alat bantu. Metoda sensitifitas dari parameter SWAT dilakukan menggunakan *Sequential Uncertainty Fitting Executed (SUFI2)*. Parameter paling sensitif untuk proses kalibrasi dilihat dari nilai tertinggi dari "t-stat" index dan nilai terendah dari "p-value". T-stat merupakan

perbandingan koef parameter dan kesalahan standar. Sedangkan p-value merupakan penolakan hipotesis bahwa nilai parameter memberikan peningkatan yang signifikan terhadap variable [12]. Setelah dilakukan analisis P-Value dan T-Stat, didapat 5 parameter yang paling sensitif terhadap debit limpasan yaitu Surlag, Alpha\_bf, Gw\_revap, Sol\_awc dan CN2. Kalibrasi dilakukan setiap tahun dari 2003-2017 hingga mendapatkan parameter terbaik yang akan digunakan untuk prediksi limpasan. Didapatkan hasil yang baik dengan nilai NSE 0,64.



Gambar 8: Flow Duration Curve DAS Majalaya

## B. Prediksi Ketersediaan Air

Prediksi ketersediaan air menggunakan beberapa skenario, yaitu :

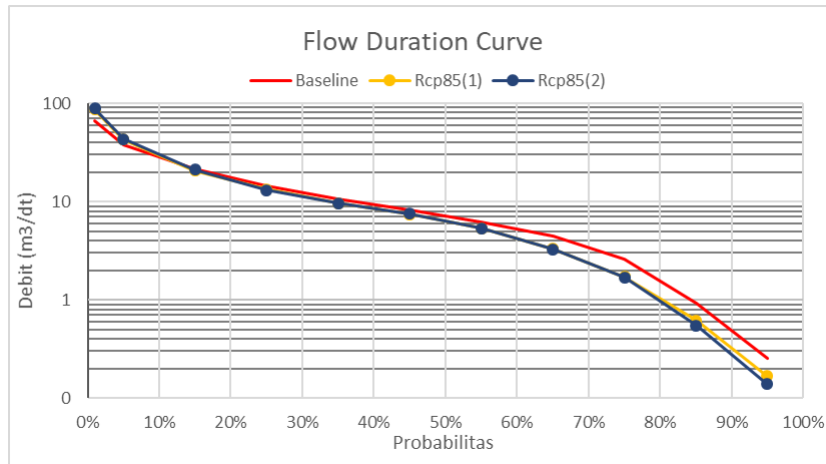
- Akibat perubahan iklim dengan menggunakan RCP 26, 45-85 dan 85 pada periode 2018-2033 dan 2034-2049.
- Akibat perubahan iklim dengan menggunakan RCP 26, 45-85 dan 85 serta perubahan lahan RTRW 2029 pada periode 2018-2033 dan 2034-2049.

Analisis skenario akibat perubahan iklim dengan menggunakan RCP 26, 45-85 dan 85 pada periode 2018-2033 dan 2034-2049.

Tabel 4: Debit ketersediaan akibat perubahan iklim

Prob	Baseline	2018-2033			2034-2049		
		RCP26	RCP45-85	RCP85	RCP26	RCP45-85	RCP85
1%	65.92	79.82	80.57	86.29	83.02	87.29	88.38
5%	38.03	41.61	42.44	42.84	40.52	40.82	43.40
15%	21.30	19.29	20.22	20.55	20.29	20.77	21.06
25%	14.51	12.34	12.91	13.34	12.79	13.07	13.02
35%	10.65	9.21	9.52	9.58	9.40	9.66	9.60
45%	8.23	7.24	7.36	7.40	7.40	7.53	7.48
55%	6.24	5.28	5.28	5.33	5.42	5.26	5.32
65%	4.50	3.44	3.27	3.30	3.45	3.23	3.25
75%	2.63	1.95	1.77	1.72	1.95	1.67	1.69
85%	0.92	0.82	0.66	0.62	0.79	0.56	0.55
95%	0.26	0.25	0.18	0.17	0.21	0.14	0.14





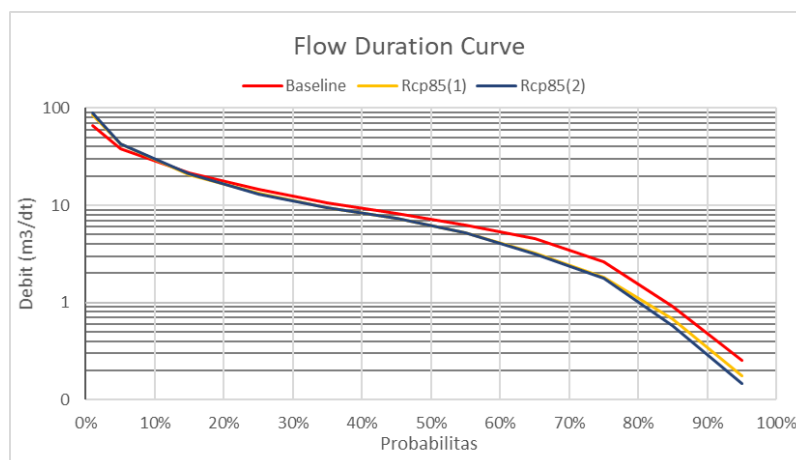
Gambar 9: Debit Ketersediaan Akibat Perubahan Iklim

Dari analisis yang telah dilakukan didapat kesimpulan bahwa perbandingan perubahan limpasan akibat perubahan iklim berdasarkan data *baseline* pada Q95:

- RCP 26, turun 3% periode 2018-2033, turun 17% pada periode 2034-2049
- RCP 45-85, turun 28% periode 2018-2033, turun 43% pada periode 2034-2049
- RCP 85, turun 35% periode 2018-2033, turun 46% pada periode 2034-2049

Tabel 5: Debit ketersediaan akibat perubahan iklim dan lahan

Prob	Baseline	2018-2033			2034-2049		
		RCP26	RCP45-85	RCP85	RCP26	RCP45-85	RCP85
1%	65.92	78.88	79.40	85.62	82.63	86.60	87.94
5%	38.03	41.58	42.53	42.76	40.42	40.98	42.94
15%	21.30	19.40	20.15	20.60	20.27	20.86	21.01
25%	14.51	12.28	12.89	13.27	12.77	13.07	12.91
35%	10.65	9.09	9.40	9.45	9.28	9.53	9.49
45%	8.23	7.15	7.25	7.30	7.31	7.42	7.36
55%	6.24	5.16	5.17	5.21	5.28	5.12	5.18
65%	4.50	3.34	3.18	3.19	3.33	3.11	3.13
75%	2.63	2.05	1.84	1.82	2.04	1.77	1.78
85%	0.92	0.89	0.73	0.67	0.87	0.61	0.58
95%	0.26	0.26	0.20	0.18	0.23	0.15	0.15



Gambar 10: Debit ketersediaan akibat perubahan iklim dan tataguna lahan

Perbandingan perubahan Limpasan sebelum dan setelah adanya perubahan iklim pada Q95:

- RCP 26, meningkat 7% periode 2018-2033, meningkat 8% pada periode 2034-2049
- RCP 45-85, meningkat 8% periode 2018-2033, meningkat 8% pada periode 2034-2049
- RCP 85, meningkat 6% periode 2018-2033, meningkat 6% pada periode 2034-2049

Berdekatannya nilai antara skenario perubahan iklim dan skenario perubahan iklim serta lahan disebabkan oleh perubahan lahan yang tidak terlalu besar. Akan tetapi berubahnya lahan pertanian menjadi lahan hutan dan pemukiman berdampak pada penurunan debit ketersediaan. Dengan menggunakan data tataguna lahan 2016, CN yang dihasilkan sebesar 62.84. Sedangkan CN akibat tataguna lahan yang mengacu pada RTRW Jawa Barat 2029 menghasilkan 61.24 sehingga adanya perubahan sebesar 2,43 %. Pada debit rendah, dampak perubahan lahan tidak begitu terlihat. Akan tetapi pada debit tinggi, perubahan akan semakin terlihat.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan skenario perubahan iklim berpengaruh terhadap ketersediaan air pada DAS Majalaya.

1. Adanya peningkatan iklim seperti curah hujan dan temperature mempengaruhi debit rendah (Q95) debit tinggi (Q5). Turunnya Q95 berkisar antara 3-46% terhadap debit observasi.
2. Besarnya penurunan tergantung pada skenario iklim yang digunakan. Perubahan lahan yang terjadi antara tahun 2016 dengan RTRW Jawa Barat menyebabkan turunnya *curve number* sebesar 2,43%.
3. Perubahan yang terjadi berdampak pada debit ketersediaan. Adanya kenaikan Q95 sebesar 4-7% dari skenario perubahan iklim.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Gafuri, I. Ridwan, dan N. Nurlina, "Analisis Limpasan Permukaan (Runoff) Pada Sub-Sub Das Riam Kiwa Menggunakan Metode Cook," *Jurnal Fisika FLUX*, vol. 13, no. 1, 2016.
- [2] P. Roudier, A. Ducharne, dan L. Feyen, "Climate change impacts on runoff in West Africa: A review," *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 18, no. 7. Copernicus GmbH, hlm. 2789–2801, 31 Juli 2014. doi: 10.5194/hess-18-2789-2014.
- [3] I. K. B. Ramadhan dan C. Susetyo, "Prediksi Debit Limpasan Air Permukaan pada Daerah Rawan Banjir di Kabupaten Jombang Berdasarkan Pemodelan Penggunaan Lahan," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 9, no. 2, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.54046.
- [4] A. C. Guzha, M. C. Rufino, S. Okoth, S. Jacobs, dan R. L. B. Nóbrega, "Impacts of land use and land cover change on surface runoff, discharge and low flows: Evidence from East Africa," *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 15. Elsevier B.V., hlm. 49–67, 1 Februari 2018. doi: 10.1016/j.ejrh.2017.11.005.
- [5] E. Nurrochman, "Kajian Sistem Hidrologi Akibat Perubahan Tataguna Lahan di Kawasan Bandung Utara," *Envirosan*, vol. 1, no. 1, hlm. 25–30, 2018.
- [6] F. Nustyani, U. Andawayanti, dan D. Harisuseno, "Analisis Erosi Dan Kekritisan Lahan Berbasis Sistem Informasi Geografis (Sig) Pada Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu," *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, vol. 3, no. 2, hlm. 9, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://pengairan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmtp/article/view/557>
- [7] D. P. van Vuuren *dkk.*, "The representative concentration pathways: An overview," *Clim Change*, vol. 109, no. 1, hlm. 5–31, Nov 2011, doi: 10.1007/s10584-011-0148-z.
- [8] A. Serrat-Capdevila, M. Merino, J. B. Valdes, dan M. Durcik, "Evaluation of the performance of three satellite precipitation products over Africa," *Remote Sens (Basel)*, vol. 8, no. 10, Okt 2016, doi: 10.3390/rs8100836.
- [9] A. Fadholi dan D. Supriatin, "SISTEM POLA TANAM DI WILAYAH PRIANGAN BERDASAKAN KLASIFIKASI IKLIM OLDEMAN," *Jurnal Geografi Gea*, vol. 12, no. 2, Mar 2016, doi:



- 10.17509/gea.v12i2.1788.
- [10] S. L. Neitsch, J. G. Arnold, J. R. Kiniry, dan J. R. Williams, "Soil & Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009," *Texas Water Resources Institute*, 2011, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.063.
- [11] R. H. McCuen, Z. Knight, dan A. G. Cutter, "Evaluation of the Nash–Sutcliffe Efficiency Index," *J Hydrol Eng*, vol. 11, no. 6, 2006, doi: 10.1061/(asce)1084-0699(2006)11:6(597).
- [12] K. Abbaspour, "SWAT-Calibration and uncertainty programs (CUP)," *Neprashtechonology.Ca*, 2015, doi: 10.1007/s00402-009-1032-4.