P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455

DENTIFIKASI POTENSI HYDROPOWER UNTUK MENYOKONG KETERSEDIAAN ENERGI DI WILAYAH IBU KOTA NEGARA (IKN) BARU

Muhammad Fajrin Wahab[1)], Rossana Margaret Kadar Yanti[2)], Ardiansyah Fauzi[3)], Muhammad Iqbal Hermawan[4)], Doni Khaira Arya[5)] & Akbar Rizaldi[6)]

[1) 2) 3)]Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan.
[4)]Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan.
[5)]Pusat Pengembangan Kompetensi SDA dan Permukiman, BPSDM Kementerian PUPR.
[6)] Research Student, Department of Environmental and Civil Engineering, Toyama Prefectural University.

Email korespondensi : fajrin.wahab@lecturer.itk.ac.id

ABSTRAK

Pesatnya pertumbuhan penduduk menyebabkan permintaan energi listrik terus meningkat signifikan setiap tahun, Khususnya di Kalimantan timur yang akan menjadi lokasi pemindahan Ibu Kota Negera (IKN). Berdasarkan estimasi dari Bappenas, pada tahun 2024 diperkirakan sekitar 1,5 juta jiwa penduduk yang akan pindah ke (IKN), hal ini akan meningkatkan kebutuhan energy listrik di kalimantan timur. Disamping pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan industri juga akan meningkat, Ibu Kota Negara (IKN) bersama dengan Balikpapan dan Samarinda akan menjadi superhub ekonomi di kawasan timur Indonesia. Menurut Menteri ESDM, pasokan tambahan tenaga listrik yang harus dipersiapkan untuk memenuhi kebutuhan listrik IKN adalah sebesar 1.596 MW sampai dengan tahun 2024, disamping itu tuntutan untuk transisi ke energy terbarukan juga sangat tinggi untuk mengurangi emisi karbon. *Hydropower* merupakan salah satu energy terbarukan yang dapat diterapkan di kalimantan timur didukung dengan potensi debit Ws Mahakam yang cukup besar rata-rata Q80 1771,41 m3/dtk. Kajian ini akan menganalisis potensi *Hydropower* di Ws Mahakam, Daerah aliran sungai terbesar di provinsi Kalimantan timur. Dalam kajian ini debit limpasan akan dianalisis dengan menggunakan program bantu SWAT dan penentuan titik potensi Hydropower menggunakan *Diversion Algoritm*. Karena keterbatasan data hujan, Data hujan global MERRA-2 (*Corrected-Precipitation*) digunakan sebagai inputan dalam pemodelan debit pada program bantu SWAT. Hasil menunjukkan beberapa titik potensi *Hydropower* pada DAS Mahakam.

Kata kunci : Analisis Head., Model Hidrologi, Potensi Hydropower.

ABSTRACT

The rapid population growth has caused the demand for electrical energy to increase significantly every year, especially in East Kalimantan, which will be the location for the transfer of the State Capital (IKN). Based on estimates from Bappenas, in 2024, around 1.5 million people will move to (IKN), which will increase the need for electrical energy in East Kalimantan. Besides population growth, economic and industrial growth will also increase, and the National Capital (IKN), Balikpapan and Samarinda, will become economic superhubs in eastern Indonesia. According to the Minister of Energy and Mineral Resources, the additional supply of electricity that must be prepared to meet IKN's electricity needs is 1,596 MW by 2024. Besides that, the demand for the transition to renewable energy is also very high to reduce carbon emissions. Hydropower is one of the renewable energies that can be applied in East Kalimantan, supported by the potential for a relatively large Ws Mahakam discharge with an average Q80 of 1771.41

P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455

m3/s. This study will analyze the Hydropower potential in Ws Mahakam, the largest watershed in the province of East Kalimantan. In this study, runoff discharge will be analyzed using the SWAT assistance program and determining potential Hydropower points using the Diversion Algorithm. Due to limited rainfall data, MERRA-2 (Corrected-Precipitation) global rainfall data is used as input in discharge modeling in the SWAT assistance program. The results show several points of Hydropower potential in the Mahakam watershed.

Keywords : Head Analysis, Hydrological Model, Hydropower Potential.

1. PENDAHULUAN

Provinsi Kalimantan timur direncanakan menjadi lokasi pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) republik indonesia, tepatnya di kabupaten Panajam Paser Utara dan Kutai Kartanegara, Berdasarkan estimasi dari Bappenas, pada tahun 2024 diperkirakan sekitar 1,5 juta jiwa penduduk yang akan pindah ke Ibu Kota Negara Baru (IKN). Efek dari pemindahan ini pertumbuhan penduduk di Kalimantan timur akan meningkat. Disamping pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan industri juga akan meningkat, Ibu Kota Negara (IKN) bersama dengan Balikpapan dan Samarinda akan menjadi superhub ekonomi dikawasan timur Indonesia. Untuk mendukung pertumbuhan tersebut dibutuhkan ketersediaan listrik yang memadai. Menurut Menteri ESDM, Pasokan tambahan tenaga listrik yang harus dipersiapkan untuk memenuhi kebutuhan listrik IKN adalah sebesar 1.596 MW sampai dengan tahun 2024. Sumber energi dunia sudah mengalami beberapa kali perubahan, dari yang awalnya mayoritas menggunakan biomassa berubah menjadi fosil seperti batu bara, minyak dan gas bumi. Penggunaan energi fosil yang semakin tinggi menyebabkan kenaikan emisi gas rumah kaca sehingga iklim menjadi tidak stabil serta meningkatnya suhu bumi dan permukaan air laut (Pertamina, 2020). Dibutuhkan alternatif Energi yang lebih bersih untuk mengurangi produksi emisi gas rumah kaca seperti Energi Terbarukan. Kalimantan Timur memiliki sumber daya air yang cukup besar, dapat dilihat dari potensi debit yang dimiliki oleh DAS Mahakam sebesar rata-rata Q80 1771,41 m3/dtk (Pola PSDA WS Mahakam, 2017). Sehingga Energi Terbarukan yang cocok untuk lokasi kajian ini adalah Energi Tenaga Air/ *Hydropower*. Oleh karena Itu, diperlukan kajian awal untuk mengetahui potensi *hydropower* di Ws Mahakam sebagai alternatif energi terbarukan untuk menyokong pemindahan IKN di Kalimantan timur. Analisis dalam kajian ini akan membahas potensi debit andalan yang terdapat pada Sub-Das Mahakam dan Potensi energi yang bisa dihasilkan pada Sub-Das Mahakam. Dalam proses analisis, terdapat beberapa tahapan, seperti Pengumpulan data global dan observasi, Pemodelan Hydrology dan Analisa Head.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Model hydrologi

Model Hidrologi adalah model matematis yang digunakan untuk mensimulasikan neraca kesetimbangan air dalam suatu daerah hidrologi (DAS). Sebagian besar model hidrologi yang telah dikembangkan saat ini, baik di United States ataupun di Eropa adalah model fisis berdasarkan data statistik parameter-parameter hidrologi tersebut. Output dari model hidrologi ini adalah jumlah ketersediaan air, sendimentasi dan polutan (Wallingford, 2003) .

SWAT merupakan model yang memiliki kompleksitas menengah dan bisa digunakan untuk analisis berkelanjutan. Selain itu model ini bisa menganalisis dengan baik ketika tata guna lahan beragam (PB Americas, 2008). Saat ini SWAT telah mampu mensimulasikan total run-off untuk banyak subDAS (sebelumnya hanya sampai 10 subDAS), menghitung aliran air tanah dan sendimentasi serta penambahan fitur polutan calculation seperti pestisida yang berguna untuk analisis pertanian (Neitsch dkk., 2005)

P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455

Data input yang dibutuhkan untuk running SWAT adalah:

1. Digital Elevation Model (DEM), merupakan data topografi spatial yang digunakan untuk mendelineasi DAS.
2. Land Use dan Soil, digunakan untuk mendapatkan parameter *(hydrological Respon Unit)* HRU.
3. Data Iklim/Hidrologi, data berupa: Curah hujan, Temperatur max – Temperatur min, Kecepatan Angin, Kelembaban Relatif dan Radiasi Matahari. Namun unsur cuaca yang paling berpengaruh adalah curah hujan dan temperatur, sedangkan data lainnya bisa disimulasikan oleh SWAT dengan hanya memasukan data rata-rata tahunannya pada database.

SWAT mengestimasi storage sebuah segmen sungai berdasarkan flowacc subDAS dihulu nya. Dimensi sungai diasumsikan dalam bentuk trapezium dengan perbandingan lebar atas dan lebar dasar adalah 2:1. Lebar dasar sungai digitung dengan persamaan (Neitsch dkk., 2005) :

$$W_{btm} = W_{bnkfull} - 2Z_{ch} . depth_{bnkfull} \quad (1)$$

Dimana W_{btm} adalah lebar dasar sungai, $W_{bnjfull}$ merupakan lebar atas ketika terisi penuh (m) sedangkan Z_{ch} merupakan perbandingan lebar atas dan lebar bawah/inverse slope sisi miring dan $depth_{bnkfull}$ adalah kedalaman saluran ketika terisi air penuh.

2.2 Analisis Spatial

Kemudahan akses data topografi digital (DEM) serta perkembangan kemampuan komputer membantu analisis spasial agar menjadi lebih baik. Analisis spasial dapat mengidentifikasi beberapa lokasi sekaligus dalam satu kali analisis. Hal ini menjadi kelebihan penggunaan analisis spasial dibandingkan pengukuran topografi secara langsung.

Analisis berbasis Sistem Informasi Geospasial (GIS) sering digunakan untuk menganalisis potensi hydropower pada wilayah tertentu. Model berbasis GIS dapat menggambarkan potensi hydropower secara spasial dengan menggunakan data global (Meijer dkk., 2012). Penelitian terdahulu oleh (Meijer dkk., 2012) dapat memetakan potensi hydropower secara teoritis hampir mencakup seluruh dunia. Dari 20 TW potensi di seluruh dunia, sebagian besarnya terdapat di Asia dan Indonesia merupakan salah satu dari 5 negara dengan potensi hydropower terbesar. (Hoes dkk., 2017) melakukan penelitian yang hampir sama tetapi penelitian ini difokuskan untuk meng-enhance lokasi-lokasi potensial menggunakan DEM resolusi 90m dengan metodologi hampir sama dengan Meijer.

Kombinasi penggunaan model hidrologi dan analisis spasial berbasis GIS telah terbukti dapat digunakan untuk menganalisis potensi hydropower. Model hidrologi digunakan untuk mengestimasi debit di sepanjang sungai dari data curah hujan yang tersedia dan GIS digunakan untuk menghitung tinggi head dari data Digital Elevation Model (DEM) (Arya, 2012). Parameter utama yang diperlukan untuk perhitungan potensi hydropower adalah debit sungai yang tersedia dan tinggi jatuh air/head (Penche & Minas, 1998). Agar dapat menentukan potensi hydropower secara spasial, diperlukan juga data debit dan head secara spasial.

2.3 Hydropower

Hydropower adalah energi listrik yang dihasilkan dari pemanfaatan aliran air. Energi potensial air yang dihasilkan baik dari bendungan atau air terjun diubah menjadi energi kinetik melalui turbin. Energi kinetik ini kemudian diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan generator (Penche & Minas, 1998). Tinggi jatuh air (head) merupakan faktor yang menentukan besarnya daya yang akan dihasilkan, karena tinggi jatuh air berbanding lurus dengan energi potensial yang dimiliki oleh air tersebut. Hydropower dalam kajian ini menggunakan sistem run of river, dimana sistem ini tidak memiliki *storage* yang dapat menampung cadangan air dalam waktu yang lama, melainkan hanya menggunakan kolam penampungan *(headpond)* yang hanya bisa menampung air dalam waktu singkat sebelum dialirkan ke turbin untuk dikonversi menjadi

energi listrik. Sistem *run of river* sangat berantung pada fluktuasi debit yang mengalir di sungai. Sistem *run of river* dibedakan menjadi dua, yaitu sistem *on stream* dan sistem *diversion.* Sistem *on stream* menempatkan turbin langsung di sungai dengan konsekuensi *head* yang sangat kecil dan hanya memanfaatkan energi kinetik air pada sungai. Sistem *Diversion* mengalirkan air sungai terlebih dahulu menggunakan saluran pembawa *(headrace)* selandai mungkin untuk mengurangi kehilangan energi. Saluran pembawa mengalirkan air ke headpond yang berpotensi mendapatkan beda tinggi yang maksimal dengan sungai di hilir *(tailrace).*

2.4 Perhitungan head

Menentukan potensi head dengan cara menentukan titik atas (DAM axis) dan titik bawah (powerhouse) dengan kriteria terpisah. DAM axis ditentukan dengan kriteria outlet dari SubDAS sedangkan titik powerhouse ditentukan dari grid dem yang berada disekitar DAM axis dalam jarak yang ditentukan dan memiliki beda elevasi maksimum. DAM axis akan selalu berada di grid sungai, sedangkan titik powerhouse tidak harus berada di grid sungai. Gross potential head dihitung berdasarkan beda elevasi dari DAM axis dan titik powerhouse yang didapatkan.

Selanjutnya, diversion bisa dilakukan pada sungai berbeda dengan syarat orde sungai tailwater harus lebih besar atau sama dengan sungai intake. Kemudian menentukan path rencana saluran pembawa berdasarkan grid DEM namun fokus diversion hanya di meander pada sungai yang sama. Path saluran pembawa di telusuri berdasarkan grid DEM dan bisa dilakukan diversion ke sungai lain dengan syarat flow accumulation sungai tailwater lebih besar atau sama dengan sungai intake.

3. METODOLOGI

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data global dan data sekunder yang diperoleh dari suatu instansi maupun dari hasil penelitian sebelumnya. Adapun data yang dikumpulkan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Pengumpulan Data.

No	Jenis Data	Fungsi	Sumber
1	Digital Elevation Model	Analisis Head, Delineasi	Nasa SRTM
2	Data Hujan Merra-2	Input Model	Nasa
3	Data Jenis Tanah	Analisis HRU	FAO
4	Data Tutupan Lahan	Analisis HRU	KLHK
5	Data Hujan Observasi	Koreksi Data Hujan Global	BWS kal IV
6	Data Tinggi Muka Air	Kalibrasi model	BWS kal IV

Sumber : hasil analisis

Sebelum digunakan sebagai input model, data hujan global Merra-2 dikoreksi menggunakan data hujan observasi menggunakan metode weight ratio. Selanjutnya dilakukan pemodelan hydrologi menggunakan program bantu SWAT. Simulasi model SWAT dimulai dengan pendefinisian DAS, kemudian overlay jenis tanah dan tutupan lahan untuk mendapatkan Hydrologic Response Unit (HRU). Output SWAT akan dikalibrasi dengan debit observasi di beberapa titik pengamatan. Perhitungan head dari data DEM akan dilakukan secara tersendiri dan kemudian digunakan untuk menghitung potensi pada setiap titik yang didapatkan.

P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455

3.1 Pengumpulan data Hujan Global Merra-2

Area kajian yang luas memerlukan data observasi yang banyak pula, sedangkan pada lokasi kajian hanya terdapat beberapa statiun penakar hujan yang bisa digunakan, oleh karena itu dalam study ini digunakan data hujan global, Salah satu data hujan reanalisis yang biasa digunakan adalah The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications Version 2 (MERRA-2) dari The National Aeronautics and Space Administration (NASA), Amerika Serikat (Gelaro dkk., 2017).

3.2 Pemodelan Hydrology

Pemodelan hydrologi menggunakan program bantu SWAT yang memiliki 4 tahapan proses yaitu: Watershed Delineation, Overlay HRU, Weather Generator dan Running SWAT. Watershed delineation merupakan proses menelusuri dan menentukan batasan DAS dan SubDAS berdasarkan topografi (DEM). Penelusuran ini didasari dari prinsip aliran air yang mengalir dari tempat tinggi ke tempat lebih rendah. Pada setiap grid DEM, ditentukan flow direction atau arah kemana air akan mengalir jika berada pada grid tersebut. Kemudian pada masing-masing grid dihitung berapa banyak air menuju pada grid tersebut yang dinamakan flow accumulation. Semakin ke hilir, flow accumulation pada suatu titik akan semakin besar yang secara tidak langsung menyatakan luas cathment atau dari mana saja air yang mengalir pada grid tersebut berasal.

HRU (Hydrologic Response Unit) didapatkan dengan proses Overlay data tutupan lahan, data jenis tanah dan kemiringan lereng. HRU merupakan satuan terkecil dalam perhitungan SWAT. Setiap HRU akan memiliki satu nilai parameter curve number (CN) yang akan digunakan dalam perhitungan water balance.

Pada proses pengklasifikasian slope, SWAT otomatis menghitung slope berdasarkan data DEM yang diinputkan sebelumnya. Pendefinisian slope pada SWAT menggunakan metode multi slope. Dimana kemiringan lereng dibagi menjadi 5 kategori interval slope yaitu datar, landai, agak curam, curam dan sangat curam. Interval yang biasa digunakan adalah:

0-8% didefinisikan sebagai datar,

8-15% didefinisikan sebagai landai,

15-25% didefinisikan sebagai agak curam,

25-45% didefinisikan sebagai curam dan

> 45% didefinisikan sebagai sangat curam.

Setelah ketiga data yang dibutuhkan untuk HRU selesai, maka proses overlay HRU dapat dilakukan. Selanjutnya proses weather generator dilakukan dengan menginput data iklim pada model SWAT. Kemudian melakukan proses Running model SWAT sesuai waktu simulasi yang ditentukan.

3.3 Debit Andalan

Debit andalan dihitung berdasarkan peluang kejadian data debit hasil simulasi pada masing-masing subDAS. Semakin rendah nilai debit maka semakin besar peluang kejadian debitnya, semakin tinggi nilai debit nya, semakin kecil peluang kejadian debit pada subDAS tersebut.

P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455

Debit andalan 80% digunakan untuk perhitungan potensi untuk menjamin ketersediaan debit pada sungai tersebut jika nantinya dibangun PLTA. Pada aplikasinya, debit andalan yang digunakan dalam menganalisis potensi hydropower tidak hanya 80%, tetapi sering juga menggunakan debit andalan 70% hingga 50% untuk mencapai target kapasitas yang tinggi. Namun potensi dengan debit andalan lebih kecil biasanya turbin tidak dapat beroperasi setahun penuh karena keterbatasan air pada musim kering.

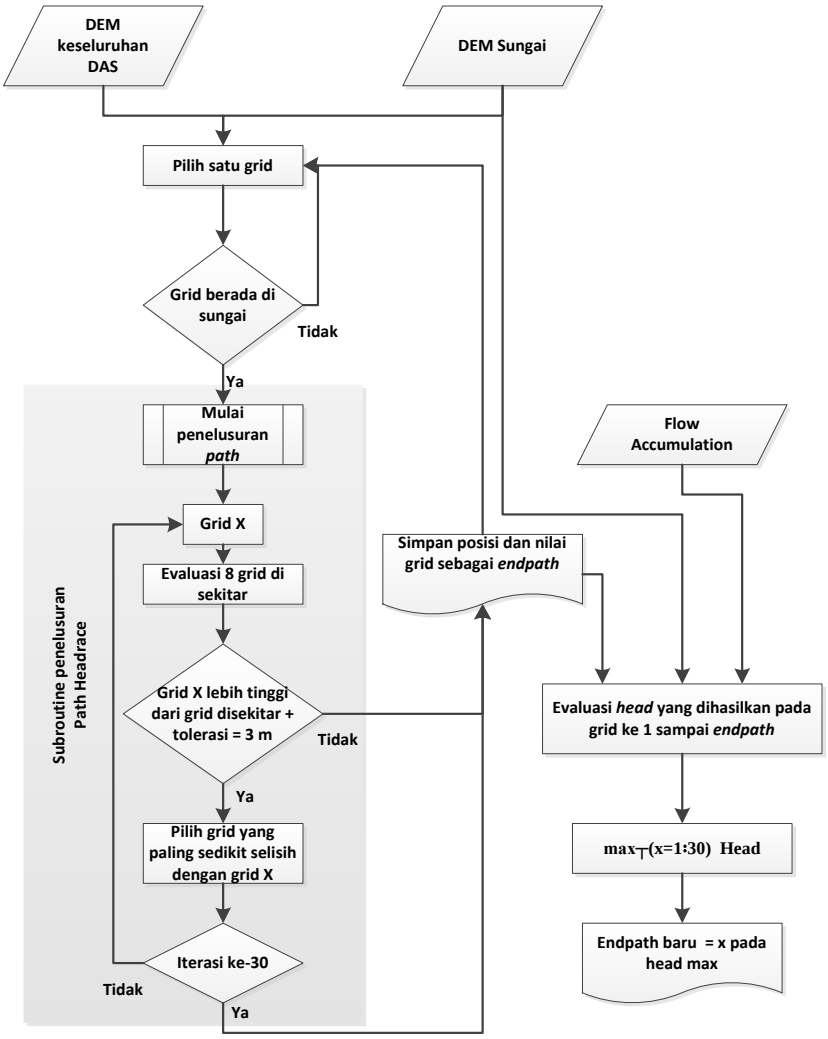
3.4 Analisis Head

Perhitungan head secara spasial dilakukan dengan cara menghitung dan menelusuri rencana path saluran pembawa. Proses ini menggunakan algoritma hampir sama dengan flow direction yang menelusuri arah aliran air. Algoritma flow direction mencari grid yang paling rendah, sedangkan untuk saluran pembawa mencari grid yang sedikit lebih rendah agar meminimalkan kehilangan head.

Dalam proses evaluasi selisih grid di sekitar, ditetapkan toleransi +3, dengan asumsi bahwa lebar saluran pembawa sekitar 1 – 3 meter. Toleransi ini ditetapkan agar meminimalisir kehilangan head. Selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap saluran pembawa, Pada masing-masing grid penelusuran (grid 1 s.d. 30) dihitung head yang dihasilkan. Panjang saluran pembawa yang ditetapkan nantinya adalah grid yang menghasilkan head paling besar. Evaluasi ini diterapkan karena semakin panjang saluran pembawa belum tentu head yang dihasilkan paling besar sehingga hasil saluran pembawa nanti menjadi saluran optimal.

Constrain yang ditetapkan pada algoritma ini adalah Saluran pembawa tidak dapat memotong sungai, Grid iterasi selanjutnya tidak dapat kembali ke grid sebelum, dan yang terakhir Sungai tailwater memiliki flow accumulation >= sungai intake.

P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455



Gambar 1. Flowchart algoritma perhitungan head

3.5 Analisi Potensi

Perhitungan potensi berdasarkan persamaan:

$$P = \eta \rho g Q_{PFF} H_n / 1000 \quad (2)$$

Dimana P adalah firm power (KWatt), Sedangkan η merupakan efisiensi turbin dan generator, ρ adalah massa jenis air (1000 kg/m3), g adalah konstanta gravitasi local (9,78 m/s2), Q_{PFF} adalah PFF discharge (m3/s) dan Hn merupakan net potential head (m). Debit yang digunakan dalam persamaan ini adalah debit andalan dengan peluang 80% Debit andalan 80% diasumsikan sebagai debit baseflow yang mengalir di sungai. Oleh karena itu, power yang dihitung pada kajian ini dianggap firm power.

Potensi masing-masing titik intake dihitung menggunakan persamaan (2) di sepanjang sungai. Nilai head yang didapatkan disimpan pada lokasi intake nya sehingga bisa dilakukan overlay langsung nilai debit andalan spasial dan head spasial. Pada tahap ini didapatkan titik-titik potensi hampir di setiap grid sungai.

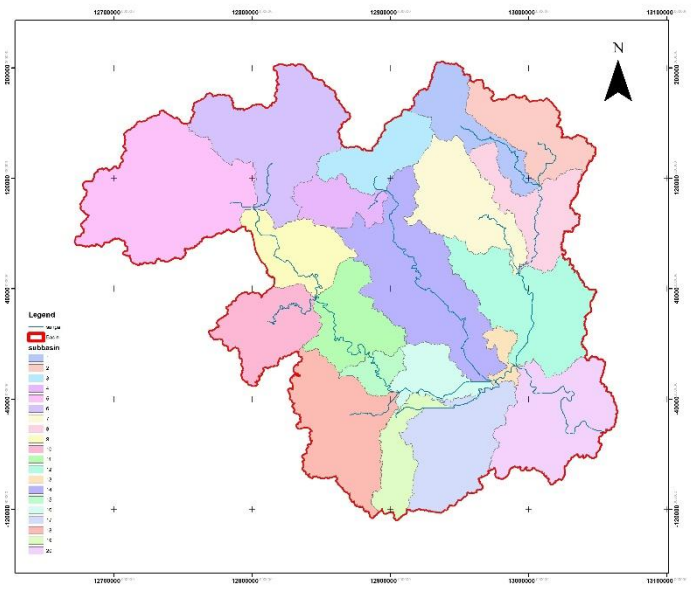
P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455

Penetuan titik paling berpotensi dilakukan dengan cara mengambil grid potensi paling besar pada sungai sepanjang 30 grid dan diaggap menjadi titik potensi. Hal yang sama juga dilakukan 30 grid berikut nya di sepanjang sungai. Interval 30 grid ditetapkan agar menjamin bahwa tidak ada dua titik berpotensi yang overlap saluran pembawanya. Penyederhanaan metode penentuan titik berpotensi ini tentu saja masih jauh berbeda dari pertimbangan aspek engineering yang biasanya dilakukan di lapangan. Pada sistem cascade misalnya, tailrace dari suatu unit hydropower bisa langsung di gunakan sebagai intake untuk unit hydropower di hilirnya

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pemodelan hydrologi

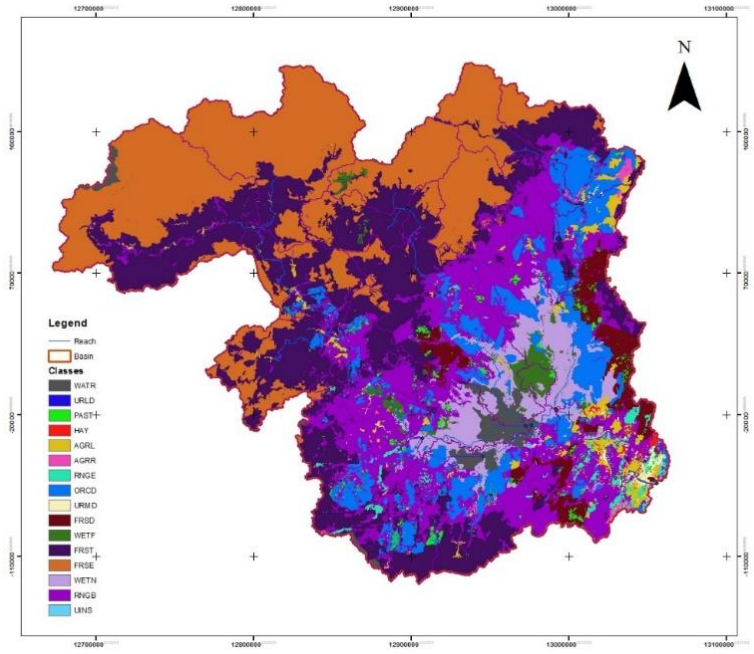
Dalam Proses delineasi outlet das dibuat agak kearah hulu untuk menghindari area delta mahakam, Hasil proses delineasi didapatkan luas DAS Mahakam 7.5 juta Hektar, Beberapa area kecil diantara subDAS digabungkan ke subDAS yang lebih besar untuk menghindari adanya suatu subDAS kecil yang tidak memiliki atau tidak bisa dikalkulasi reach/sungai nya sehingga menghasilkan 20 SubDAS dan reach (sungai) pada DAS Mahakam.



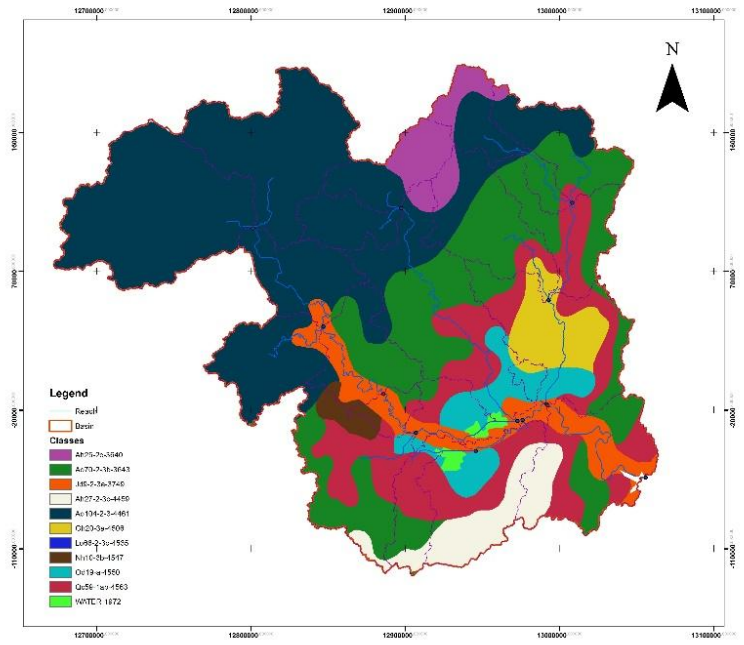
Gambar 2. Hasil Delineasi Lokasi Kajian.

HRU dihasilkan dengan meng-overlay-kan data jenis tanah, penggunaan lahan dan kemiringan lereng yang diturunkan secara otomatis oleh SWAT dari DEM. Data jenis tanah dan penggunaan lahan didefinisikan ulang sesuai dengan database SWAT.

P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455



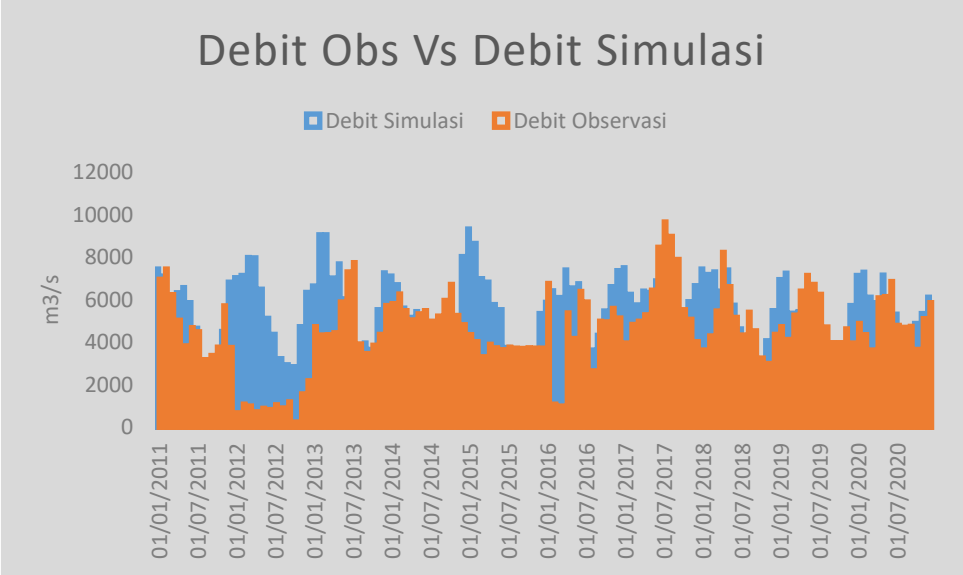
Gambar 3. Hasil Penyesuaian Data Tutupan lahan berdasarkan Database SWAT



Gambar 4. Hasil Penyesuaian Data Tanah berdasarkan Database SWAT

Simulasi SWAT dilakukan dari tanggal 1 Januari 2010 sampai 31 Desember 2020 (11 tahun) dengan output debit harian. Simulasi pertama dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter HRU default. Hasil dari simulasi pertama ini dikalibrasi dengan mencari nilai parameter yang optimal. Parameter hasil kalibrasi digunakan untuk running ke dua sehingga menghasilkan output yang telah terkalibrasi.

P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455



Gambar 5. Hasil Kalibrasi Debit simulasi.

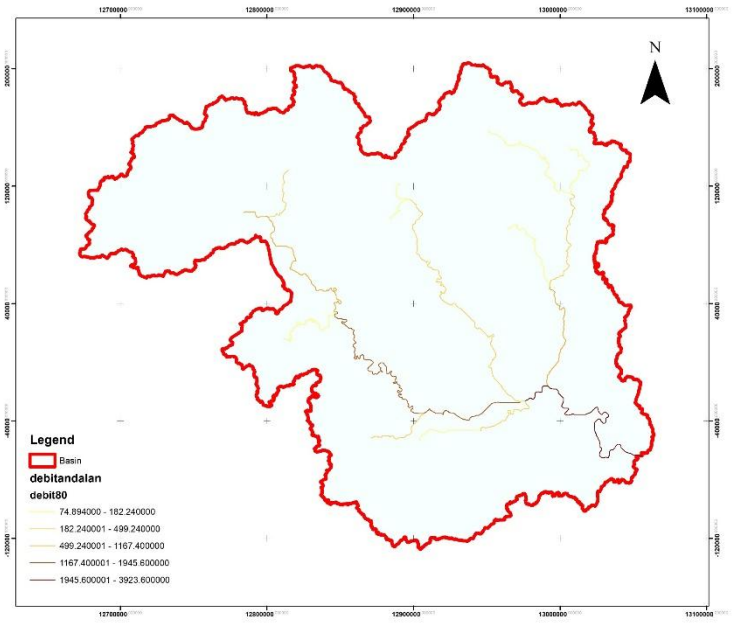
4.2 Debit andalan

Pada gambar 5 terlihat bahwa peluang kejadian nilai debit hasil model dengan input data hujan Merra-2 setelah dikalibrasi hampir sama dengan peluang kejadian debit observasi. Berdasarkan hasil kalibrasi ini, nilai debit pada subDAS lainnya dianggap valid dan dapat digunakan untuk analisis selanjutnya. Nilai debit andalan 80% merupakan nilai debit dengan kejadian 80% pada masing-masing subDAS. Pada setiap subDAS akan terdapat plot peluang kejadian masing-masing debit. Dari plot tersebut dapat dihitung nilai debit dengan peluang kejadian mendekati 0.8 atau 80%. Langkah ini dilakukan pada setiap subDAS sehingga didapatkan nilai debit andalan 80% pada masing-masing subDAS.

Tabel 2 Hasil Analisis Debit Andalan Tiap SubDas.

No.	Pembagian Subdas	Debit 80% (m3/d)	Pembagian Subdas	Debit 80% (m3/d)
1	SubDas 1	112.78	SubDas 11	1541.8
2	SubDas 2	130.84	SubDas 12	796.32
3	SubDas 3	105.86	SubDas 13	3608.6
4	SubDas 4	74.894	SubDas 14	499.24
5	SubDas 5	648.32	SubDas 15	1586.2
6	SubDas 6	319.78	SubDas 16	1945.6
7	SubDas 7	182.24	SubDas 17	313.16
8	SubDas 8	354.16	SubDas 18	256.32
9	SubDas 9	1167.4	SubDas 19	87.834
10	SubDas 10	179.3	SubDas 20	3923.6

P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455

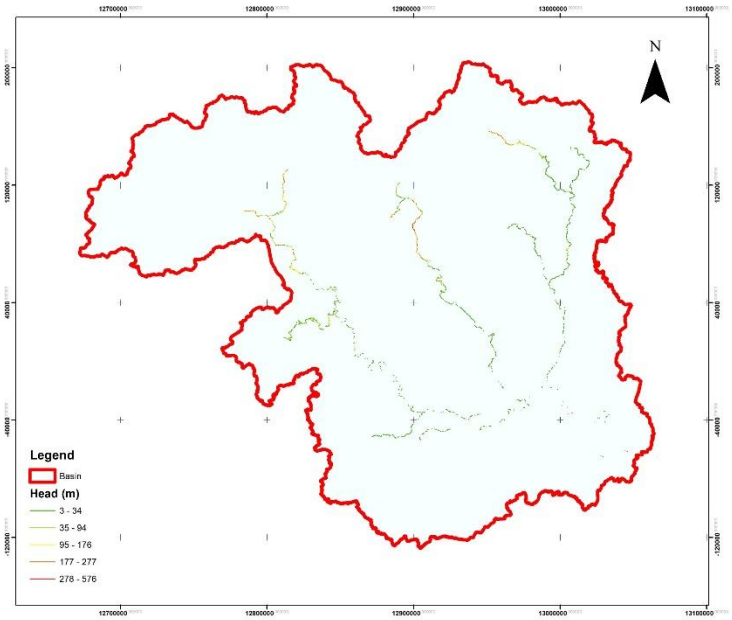


Gambar 6. Hasil Kalibrasi Debit simulasi.

4.3 Analisis head dan Hasil Perhitungan Potensi

Head dihitung dengan menggunakan algoritma pada flowchart gambar 1 yang tulis dalam bentuk numerik. Perhitungan numerik pada kajian ini membutuhkan waktu lebih kurang 45 menit, disebabkan oleh area kajian yang luas. Waktu yang cukup lama dibutuhkan karena perhitungan numerik ini harus mengecek setiap grid DEM pada wilayah kajian terlebih dahulu untuk memastikan apakah grid tersebut berada di sungai atau tidak sebelum memulai penelusuran saluran pembawa.

Outputnya adalah tinggi head setiap grid sungai, titik berpotensi beserta besar potensinya yang disimpan pada posisi intake dan path saluran pembawa untuk masing-masing titik potensi.

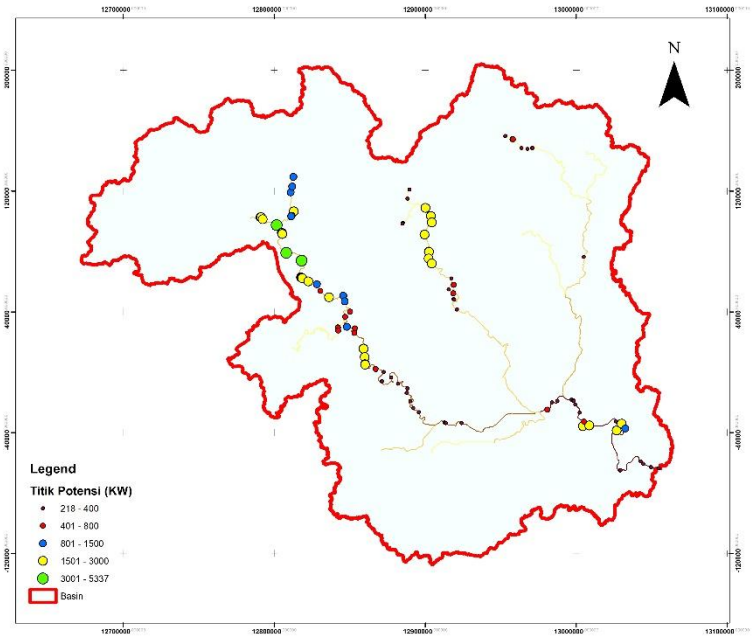


Gambar 7. Hasil Perhitungan Head.

P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455

Perhitungan potensi dilakukan secara spasial menggunakan persamaan (2) dengan input data debit andalan 80% (gambar 6) dan head (gambar 7). Filter debit pada debit andalan adalah minimum 0.1 m3/s. Debit yang kurang dari 0.1 m3/s dihilangkan karena dianggap tidak berpotensi. Dari hasil perhitungan potensi di setiap grid sungai ditentukan lagi titik-titik berpotensi untuk dibangun PLTA. Dengan asumsi bahwa panjang saluran pembawa / diversion tunnel maksimum adalah 3 Km, maka jarak antar titik berpotensi hanya bisa lebih dari 3 Km.

Dalam pengambilan keputusan tentang lokasi yang akan dikembangkan menjadi pembangkit listrik, banyak aspek-aspek engineering yang dipertimbangkan. Aspek engineering seperti membelokkan saluran pembawa mengelilingi bukit agar menghemat biaya tidak dimasukkan dalam algoritma pada penelitian ini. Karena tujuan dari penelitiaan ini hanya spoting lokasi-lokasi potensial untuk dikembangkan, maka hasil dari penelitian ini dianggap sudah valid. Untuk langkah selanjutnya seperti analisis engineering yang lebih mendalam diserahkan kepada pengambil keputusan nantinya.



Gambar 8 Peta titik berpotensi di DAS Mahakam

Akibat debit andalan 80% yang digunakan dalam perhitungan potensi sedikit overestimate dibandingkan dengan debit observasi. Oleh karena itu, firm power bernilai kurang dari 200kW dihilangkan karena dianggap masih buffer minimum, dikhawatirkan potensi tersebut hanya berasal dari overestimate prediksi debit andalan 80%. Dari hasil analisis didapatkan beberapa jumlah spot yang potensial untuk dikembangkan menjadi pembangkit listrik tenaga air (hydropower) seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Jumlah Titik Potensial.

Firm Power	Jumlah Spot
200 - 400 KW	60
401 - 800 KW	15
801 – 1500 KW	10
1501 – 3000 KW	28
3001 – 5400 KW	3

P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455

Terdapat Tiga jumlah titik potensial untuk potensi power 3001-5400 KW, 28 titik potensial untuk potensi power 1501-3000 KW, 10 titik potensial untuk potensi power 801-1500 KW, 15 titik potensial untuk potensi power 401-800 KW dan 60 titik potensial untuk potensi power 200-400 KW.

5. KESIMPULAN

Data DEM global (SRTM) dapat memberikan gambaran awal potensi head pada wilayah kajian. Kombinasi penggunaan model SWAT untuk memprediksi debit secara spasial dan algoritma yang digunakan pada kajian ini untuk menghitung head, dapat memprediksi lokasi potensial untuk pengembangan hydropower pada wilayah kajian.

Walaupun nilai diprediksi pada kajian ini berpotensi overestimate, Hasil kajian ini dapat memberikan gambaran awal spot yang berpotensi pada wilayah kajian yang nantinya dapat dikembangkan. Reproduksi kajian ini dapat dilakukan untuk wilayah lain untuk mengidentifikasi lokasi spot yang potensial. Namun, untuk menghitung seberapa besar nilai potensinya, tetap harus dilakukan pengukuran lapangan.

Pengembangan titik berpotensi nantinya akan mempertimbangkan banyak faktor engineering yang tidak dibahas pada kajian ini, seperti: pembelokan saluran pembawa mengelilingi bukit untuk efisiensi cost, ekstensi saluran pembawa menggunakan pipa dengan tiang penyangga pada suatu grid yang terdapat elevation drop dan membuat lurus saluran pembawa yang pada kajian ini dinyatakan sebagai 3 grid memutar.

Dalam real penentuan titik lokasi masih perlu mempertimbangkan Faktor penggunaan lahan terutama kawasan permukiman dan sawah, Hal ini sangat menentukan apakah suatu lokasi feasible atau tidak untuk dikembangkan.

REFERENSI

Arya, D. K. (2012): *Analisis Potensi Mikrohidro Berdasarkan Curah Hujan (Studi Kasus: Jawa Barat bagian Selatan).* Tugas Akhir - Meteorologi ITB.

Farid, M., Rizaldi, A., Prahitna, A., Badri Kusuma, M. S., Kuntoro, A. A., & Kardhana, H. (2021). Rapid Hydropower Potential Assessment for Remote Area by using Global Data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *813*(1), 012006. https://doi.org/10.1088/1755-1315/813/1/012006

Gelaro, R., McCarty, W., Suárez, M. J., Todling, R., Molod, A., Takacs, L., Randles, C. A., Darmenov, A., Bosilovich, M. G., Reichle, R., Wargan, K., Coy, L., Cullather, R., Draper, C., Akella, S., Buchard, V., Conaty, A., da Silva, A. M., Gu, W., … Zhao, B. (2017). The modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2 (MERRA-2). *Journal of Climate*, *30*(14). https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0758.1

Hoes, O. A. C., Meijer, L. J. J., van der Ent, R. J., & van de Giesen, N. C. (2017). Systematic high-resolution assessment of global hydropower potential. *PLoS ONE*, *12*(2). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171844

Kementerian PUPR. (2017): *Pola pengelolaan sumber daya air wilayah sungai mahakam.* Jakarta

Kardhana, H., Arya, D. K., Hadihardaja, I. K., Widyaningtyas, Riawan, E., & Lubis, A. (2017). Small hydropower spot prediction using SWAT and a diversion algorithm, case study: Upper Citarum Basin. *AIP Conference Proceedings*, *1903*(1), 100015. https://doi.org/10.1063/1.5011625

P-ISSN: 1412-0151 E-ISSN:2622-9455

Meijer, L. J. J., van de Giesen, N. C., van der Ent, R. J., Hoes, O. A. C., Pramana, K. E. R., & Mondeel, H. (2012). *World Hydropower Capacity Evaluation*. Delft University of Technology.

Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., & Williams, J. R. (2005). Soil and Water Assessment Tool Input/Output File Documentation, Version 2005. Temple, Tex.: USDA-ARS Grassland. *Soil and Water Research Laboratory. Available at: Http://Swatmodel. Tamu. Edu/Documentation*, *65*(1–3).

PB Americas. (2008): *Model Selection and Recommendation Report for Central Oahu Watershed Study*. Honolulu: Department of Environmental Service

Penche, C., & Minas, D. I. de. (1998). LAYMAN'S HANDBOOK ON HOW TO DEVELOP A SMALL HYDRO SITE (Second Edition). *BMC Public Health*.

Wallingford, H. R. (2003). *Handbook for the Assessment of Catchment Water Demand and Use*.