

PENENTUAN PARAMETER MODEL NRECA UNTUK PULAU NATUNA

Oleh : Teddy W Sudinda^{*)}

Abstrak

Ketersediaan data debit sungai di P. Natuna sangat kurang dan jarang bila dibandingkan dengan P. Jawa. Oleh karena itu dirasakan perlu untuk mengembangkan suatu metoda untuk mensimulasi data debit untuk setiap lokasi yang tidak mempunyai pos duga air sama sekali. Penulis mencoba menganalisa potensi sungai tersebut dengan pendekatan Model NRECA. Dalam metoda ini dilakukan pendekatan dengan menggunakan data curah hujan yang sejenis sehingga diperoleh parameter NRECA yang kemudian digunakan dalam memperkirakan debit maksimum dari sungai yang ada di Pulau Natuna.

Katakunci : *Time History, Design Outflow, Base Flow, Soil Moisture.*

1. PENDAHULUAN

Pada suatu proses perancangan (*design*), penilaian potensi pemanfaatan suatu sumber daya senantiasa didasarkan pada data potensinya pada masa lalu. Dalam hal pemanfaatan suatu sumber daya air dari sungai atau air permukaan, perancangan akan berdasarkan pada data riwayat waktu (*time history*) debitnya. Dengan mengetahui data debit sungai dalam jangka waktu yang cukup lama, dapat diramalkan besarnya debit pada masa mendatang. Besarnya debit ini selanjutnya dijadikan dasar dalam proses perancangan dan konstruksi dari pengembangan suatu wilayah sungai sehingga pengembangan tersebut senantiasa mempertimbangkan aspek pelestarian sumber daya air.

Meskipun demikian, tidaklah mudah untuk mendapatkan suatu data riwayat waktu yang cukup lama dan lengkap dari debit suatu sungai. Hambatan utamanya biasanya adalah pada letak pengambilan data yang jauh dari pusat keramaian. Masukan utama untuk memperoleh debit sungai, yaitu dari data meteorologi dan klimatologi seperti data hujan yang ternyata juga sering tidak lengkap.

Pada tulisan ini, akan dipaparkan cara pengolahan data untuk mendapatkan prediksi debit sungai yang dapat digunakan pada proses perancangan.

Sumber air yang terpenting berasal dari hujan, sungai, danau dan air tanah. Memperkirakan aliran rencana (*design*

outflow) untuk suatu perencanaan pengembangan sumber daya air adalah hal yang biasa. Aliran rendah tersebut dihitung dari data debit pengamatan dengan perioda cukup panjang yang bila tidak tersedia dapat digunakan model matematik untuk memperpanjang atau mensimulasi data debit dari data hujan. Ketersediaan data debit di Pulau Natuna sangat kurang dan jarang apalagi bila dibandingkan dengan P. Jawa. Oleh karena itu dirasakan perlu untuk mengembangkan suatu metode untuk mensimulasi data debit untuk setiap lokasi yang tidak mempunyai pos duga air sama sekali. Tulisan ini menampilkan proses pengembangan metode tersebut.

2. MAKSUD DAN TUJUAN

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui parameter NRECA yang tepat guna menganalisa potensi air permukaan di Pulau Natuna. Dalam kalibrasi untuk mendapatkan parameter yang tepat digunakan data sungai yang mempunyai data pengamatan debit dan curah hujan yang mempunyai kesamaan jenis hujan.

1. METODOLOGI

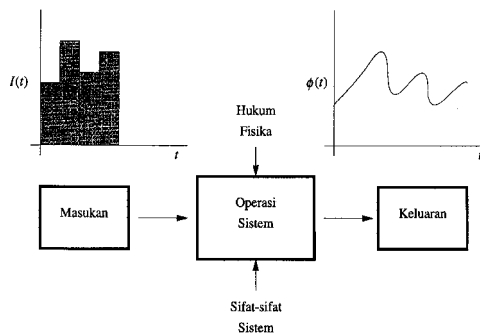
3.1. Penerapan Model NRECA

Analisis ketersediaan air bagi lokasi yang tak berpos duga air, secara umum dapat berarti bahwa ketersediaan air dapat

^{*)} *Peneliti pada Direktorat Teknologi Lingkungan, Deputi TIEML – BPPT.*

diperoleh dari air permukaan, air tanah, mata air dan danau. Dalam tulisan ini terbatas pada pengertian air permukaan yang mengalir di sungai. Data debit aliran air di sungai yang telah dikumpulkan tidak memadai untuk suatu perhitungan analisis ketersediaan air karena data yang tidak menerus dan priode waktu yang sangat pendek antara 1 – 4 tahun. Oleh karena itu diperlukan suatu analisis pendekatan melalui data hujan yang tersedia untuk beberapa pos hujan. Model hubungan hujan – limpasan digunakan sebagai alat bantu untuk merubah data hujan menjadi limpasan atau debit aliran.

Pada pendekatan metoda NRECA, lebih ditekankan pada perbandingan masukan dengan keluaran yang dapat dijelaskan pada Gambar 1. Dalam hal ini, siklus hidrologi dianggap sebagai sistem kotak hitam (*black-box*) yang dipengaruhi oleh beberapa parameter penting. Harga parameter ini harus dicari dengan cara coba-coba (*trial and error*) sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan keluaran berdasarkan harga masukan. Kalibrasi nilai parameter-parameter ini akan semakin baik jika data masukan dan keluaran semakin banyak. Nilai parameter hasil kalibrasi ini selanjutnya dapat digunakan untuk diterapkan pada sistem (siklus hidrologi) lain yang dianggap mempunyai kemiripan sifat hidrologi.



Gambar 1. Pendekatan model NRECA

3.2. Simulasi Hujan Limpasan

Dalam memperkirakan debit untuk suatu daerah yang tidak mempunyai pos duga air dapat diterapkan suatu model sederhana yang dapat menghasilkan debit bulanan. Model hidrologi yang mensimulasikan hujan dan limpasan untuk berbagai kepentingan yang sering direkomendasikan adalah model

NRECA, cukup sederhana dengan hanya tiga atau empat parameter yang digunakan.

Model NRECA dikembangkan oleh Norman H. Crawford (USA) dengan menerapkan persamaan keseimbangan air seperti :

$$\text{Hujan} - \text{Evapotranspirasi} + \text{Perubahan Tampungan} = \text{Limpasan}$$

Dalam metoda ini terdiri dari beberapa elemen yang akan digunakan sebagai input model, seperti diterangkan dibawah ini.

Daerah lapisan tanah yang mempunyai kelengasan (*soil Moisture*) tertentu, dengan kapasitasnya SMCAP.

Evapotranspirasi aktual (EACT) ditunjukan sebagai fungsi dari RAIN/EPOT dan SMOLD/SMNOM, dimana SMNOM sebesar (100 mm + 0,2 x hujan seragam)

$$\frac{EACT}{EPOT} = \frac{RAIN}{EPOT} \left[1 - 0,5 \frac{SMOLD}{SMNOM} \right] + \frac{0,5 SMOLD}{SMNOM}$$

OLD : akhir dari setiap langkah waktu

Jika :

$$\frac{SMOLD}{SMNOM} \geq 2 \text{ atau } \frac{RAIN}{EPOT} \geq 1$$

Maka EACT = EPOT

Infiltrasi air (RECH) dari permukaan kelapisan dibawah sebagai berikut :

$$RECH = ESM \times KRECH$$

Sedangkan hubungan selama grafis yang diberikan untuk ESM dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$ESM = 0,5 \left[1 + \text{tgh} \left(2 \frac{SMOLD}{SMNOM} - 2 \right) \right] x (RAIN - EACT)$$

Limpasan langsung didefinisikan sebagai berikut :

$$Q_{DIR} = ESM - RECH$$

Simpanan airtanah dinyatakan sebagai GW dengan kapasitas penyimpanan tidak dibatasi. Aliran dasar (*base flow*) didefinisikan sebagai :

$$Q_{BASE} = (GWOLD + RECH) \times KBASE$$

Dengan *GWOLD* adalah kandungan airtanah pada saat dimulainya langkah waktu. Kontribusi dari *RECH* ditingkat pertama diperkirakan dari ekspresi eksak untuk reservoir airtanah linier. Pada metode ini terdapat 6 parameter hidrologi yang ditentukan dengan cara coba-coba, sehingga diperoleh hasil perhitungan dan pengukuran dilapangan mempunyai bentuk kurva yang menyerupai.

Struktur model NRECA membagi aliran bulanan menjadi dua yaitu limpasan langsung (limpasan permukaan dan bawah permukaan) dan aliran dasar tampungan dibagi dua yaitu tampungan kelengasan (*moisture storage*) dan tampungan air tanah (*groundwater storage*). Perubahan tampungan diperhitungkan sebagai selisih dari tampungan akhir dan awal. Tampungan kelengasan ditentukan oleh hujan dan evapotranspirasi dan kelebihan kelengasan yang menjadi limpasan langsung dan imbuhan airtanah. Tampungan air tanah ditentukan oleh imbuhan air tanah yang masuk dan aliran air tanah yang keluar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

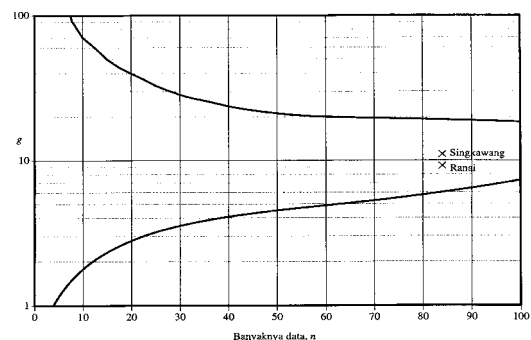
4.1. Analisis Ketersediaan Air

Dalam menganalisa ketersediaan air sangat bergantung pada kelengkapan data hidrologi dan klimatologi. Dengan demikian tidak lengkapnya data menjadi hambatan utama dalam usaha memperkirakan perilaku debit sungai. Data sekunder yang ada diperoleh dari stasiun meteorologi Ranai. Data ini merupakan data bulanan selama jangka waktu 10 (sepuluh) tahun, yaitu tahun 1984 sampai dengan tahun 1993. Meskipun demikian, data hujan yang didapat tersebut dirasakan kurang cukup detail. Untuk mengatasi hal ini, digunakan data hujan di tempat lain yang diperkirakan mempunyai

perilaku yang serupa dengan dengan perilaku hujan di Pulau Natuna. Daerah yang diambil curah hujannya adalah curah hujan singkawang, Kalimantan Barat. Untuk menganalisis lebih jauh kemiripan hujan Singkawang dan Ranai, dilakukan uji homogenitas terhadap kedua data hujan.

Sebagai langkah pertama, perlu dikerjakan analisis frekuensi terhadap data hujan pada waktu yang sama di kedua tempat tersebut. Untuk analisis frekuensi ini, ada berbagai metoda seperti metoda Gumbel, metoda LogPerson dan metoda Log-Normal. Pada tulisan ini, digunakan analisis frekuensi metoda Gumbel. Dengan analisis frekuensi ini, secara statistik didapat perkiraan besarnya curah hujan yang terjadi untuk suatu periode ulang tertentu. Setelah didapat garis regresi Gumbel, uji homogenitas hujan dilakukan dengan cara membandingkan curah hujan pada periode ulang 10 tahun dengan curah hujan pada periode ulang 2,33 tahun. Selanjutnya harga *g* dihitung secara tabelaris dan diplot sebagai ordinat dan banyaknya data *n* sebagai absis.

Hasil uji homogenitas diperlihatkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Uji Homogenitas Curah hujan.

Dapat dikatakan bahwa kedua curah hujan mempunyai sifat yang homogen atau berada dalam satu keluarga hujan, sehingga data hujan singkawang dapat digunakan sebagai dasar untuk meramalkan hujan di Ranai. Sifat homogen ini dapat terlihat pada grafik uji homogenitas, garis lengkung tebal bagian atas dan bawah membedakan antara data hujan yang homogen dengan yang tidak. Dua buah tanda silang berada dalam area hujan yang homogen yang berarti mempunyai sifat-sifat yang menyerupai baik dalam intensitas dan lamanya curah hujan.

4.2. Kalibrasi Parameter

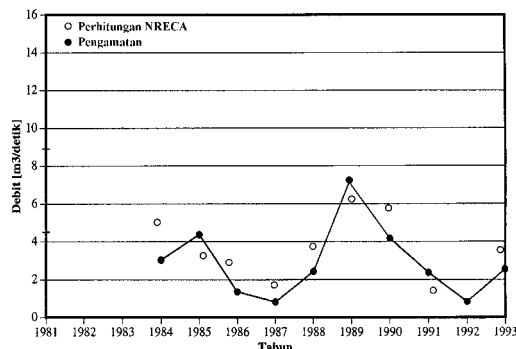
Kalibrasi parameter model NRECA dilakukan dengan tujuan mencari parameter yang paling sesuai sehingga hidrograf perhitungan mendekati pengamatan. Parameter tersebut menggambarkan ciri cekungan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang bersangkutan. Karena masukan utama model adalah hujan maka tahun kalibrasi tergantung dari ketersediaan data hujan dan debit.

Parameter NRECA yang dikalibrasi ada dua yaitu parameter yang menggambarkan prosentasi dari kelebihan kelengasan yang masuk ke dalam tampungan airtanah serta parameter yang menggambarkan prosentasi dari tampungan airtanah yang mengalir kesungai sebagai aliran dasar. Dari hasil kalibrasi diperoleh parameter hidrologi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Hidrologi NRECA

SMINI	SMNO	SWINI	KREC	KBAS	CF
600	500	60	0,4	0,32	0,77

Tolok ukur kedekatan antara hidrograf pengamatan dan perhitungan ditentukan berdasarkan fungsi objektif $1/n \sum |Q_{obs} - Q_{com}|$, dimana n jumlah data, Q_{obs} debit pengamatan, Q_{com} debit perhitungan. Secara visual kedekatan antara pengamatan dan perhitungan dapat dilihat melalui grafik pada Gambar 2. Terlihat bahwa hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan dengan metoda NRECA yang berwarna titik putih dan berwarna titik hitam merupakan hasil yang diperoleh dari pengamatan dilapangan dengan menggunakan AWLR (Automatic Water Level Recorder).



Gambar 2. Hidrograf Hasil Pengamatan dan Perhitungan

Keakurasian hasil kalibrasi parameter tergantung dari :

- Data debit dan hujan
- Adanya bendung dan intake bebas di hulu pos duga air
- Panjang tahun kalibrasi

Dengan meninjau ketiga aspek tersebut diatas dinilai DAS (Daerah Aliran Sungai) Segeram mempunyai tingkat kehandalan paling tinggi karena :

- Data debitnya cukup handal karena hasil pengamatan pos duga air otomatis dengan pengukuran berskala.
- Tidak ada pengambilan air di sebelah hulu pos duga air untuk irigasi.
- Tahun kalibrasi cukup panjang

Parameter hasil kalibrasi merupakan parameter yang mewakili untuk lokasi tertentu yang sangat erat hubungannya dengan ciri cekungannya. Oleh karena itu diupayakan untuk didapatkan suatu hubungan yang dapat dijadikan dasar perluasan parameter NRECA untuk seluruh Pulau Natuna.

Kombinasi parameter NRECA diatas menggambarkan fluktuasi debit aliran sungai, yang menggambarkan bagian yang masuk ke dalam tampungan atau simpanan airtanah besarnya tergantung dari ciri cekungan, tetapi yang paling menonjol adalah ciri cekungan yang mewakili karakteristik potensi airtanah. Peta hidrogeologi memberikan informasi akan sifat dan potensi airtanah serta kondisi litologinya. Olehkarena itu kedua parameter tersebut dapat dihubungkan dengan kondisi airtanah dan litologinya.

Simulasi model dengan model NRECA dilakukan dengan menggunakan data-data yang ada di daerah aliran sungai serta data hujan Ranai. Sedangkan untuk mendapatkan parameter yang digunakan dalam perhitungan debit bulanan digunakan data curah hujan dan data parameter DAS Citarum. Hal ini dilakukan karena keterbatasan data yang diperoleh dari lapangan.

Parameter GWF kecil menunjukkan aliran dasar (*baseflow*) yang berasal dari tampungan airtanah keluar secara perlahan-lahan sehingga volume tampungan berkurang secara berangsur-angsur. Nilai GWF besar sebaliknya, menyebabkan aliran dasar cepat keluar dalam jumlah besar dan tampungan air tanah cepat menjadi habis. Berdasarkan perhitungan dengan cara coba-coba diperoleh parameter PSUB = 0,8 dan GWF = 0,001.

4.3. Variasi Debit Sungai Terhadap Waktu

Dengan menggunakan model NRECA, telah disimulasikan pada sungai yang sudah diukur debitnya. Informasi yang didapat pada saat ini adalah debit sesaat dan data hujan bulanan. Dengan demikian, untuk mendapatkan simulasi debit selama beberapa tahun, berbagai usaha harus dilakukan antara lain dengan menyamakan perilaku daerah aliran sungai yang bersangkutan dengan perilaku daerah aliran sungai lainnya.

Pada model NRECA, data hujan yang diperlukan adalah data hujan bulanan. Dengan demikian, pada simulasi dengan NRECA digunakan data bulanan daerah Ranai dan luas DAS yang bersangkutan. Sedangkan untuk parameter DAS, digunakan parameter DAS Citarum.

Hasil analisis potensi air permukaan dapat dilihat pada Tabel 2 yang menunjukkan besarnya debit sesaat yang didapat dari observasi di lapangan dan perhitungan dengan metoda NRECA.

Tabel 2. Hasil Analisis Model NRECA

Tahun Pengamatan	Observasi (m3/det)	Model NRECA (m3/det)
1984	4,905	3,034
1985	3,195	4,367
1986	2,523	1,369
1987	1,254	0,825
1988	3,923	2,437
1989	6,125	7,200
1990	5,915	4,165
1991	1,252	2,370
1992	1,454	0,835
1993	3,152	2,551

Dari tabel dapat diketahui, bahwa secara umum besarnya debit mengikuti luas Daerah Aliran Sungai. Sedangkan analisis perhitungan hubungan antara debit dan waktu dengan menggunakan NRECA dapat dilihat pada Gambar.2. Bila dilihat dari hasil perhitungan dengan menggunakan metoda NRECA untuk seluruh sungai, dapat dilihat bahwa terdapat keseragaman bentuk antara hubungan debit dan waktu. Hasil pengukuran

debit di lapangan untuk sungai secara keseluruhan.

5. KESIMPULAN

Dari analisis diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter yang digunakan dalam menganalisa debit dengan metoda NRECA dapat ditentukan dengan pendekatan data curah hujan yang sejenis.
2. Dengan diperolehnya parameter hidrologi untuk suatu kawasan, maka debit untuk seluruh wilayah P. Natuna dapat ditentukan.
3. Keterbatasan data debit pada suatu wilayah dapat didekati dengan membuat suatu model hidrologi yang menyerupai wilayah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. EM Wilson, 1969, *Engineering Hidrology*, The Macmilan Press LTD Houndmills, Basing Stoke, Hampshire and London Companies.
2. Martin Wanielista, Robert Kersten, Ron Eaglin, *Hydrology Water Quantity and Quality Control*, John Wiley and Sons Inc.
3. Norman H. Crawford, *Small Hydropower, Hydrological Methodology without Streamflow Data*, California, USA.
4. RC. Ward, M Robinson, *Principles of Hydrology*, Mac Graw Hill Inc.

RIWAYAT PENULIS

Teddy W Sudinda, lahir di Padang Sidempuan tanggal 2 Desember 1961. Pendidikan S1 lulusan jurusan Teknik Sipil, fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung , tahun 1985. Pendidikan S2 lulusan jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Okayama, tahun 1992. Pendidikan S3 lulusan jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Okayama, tahun 1995. Saat ini bekerja sebagai peneliti di BPPT.