

Analisis Keberlanjutan Sumber Daya Air di Das Batang Kuranji, Padang dengan Nedbør Afstrømnings Model (NAM)

Analysis Of Water Resources Sustainability in the Batang Kuranji Basin, Padang with The Nedbør Afstrømnings Model (NAM)

Alqadri Asri Putra^{1*}, Eri Gas Ekaputra², Azwar Rasyidin³
{alqadriasriputra@eng.unand.ac.id¹, erigas@hotmail.com², azwarrasyidin@agr.unand.ac.id}

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang¹, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Padang², Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang³

Abstract. *The Batang Kuranji watershed is an area that plays a vital role in the water resources preservation and conservation in Padang city. However, recently the sustainability of these water resources has suffered hydrologically, marked by a sharp fluctuating flood discharge. This study aims to measure the water resources sustainability in the Batang Kuranji watershed. The method used in this research is Nedbør Afstrømnings Model (NAM) modeling and an integrated approach. The results of NAM showed that the most prominent parameter values are TIF (0.9), TG (0.965), CK1 (0.23), and CK2 (1.1), which indicate an infiltration transformation in this watershed. The integrated analysis showed that deforestation and population growth are the main factors for this issue, and the land-use conversion also affected these problems. Reducing the population growth rate, evaluating the urban development, reforestation, and improving water infrastructure along rivers-side will reduce the risk of watershed damage and maintain its sustainability.*

Keywords – watershed; Batang Kuranji; water resources sustainability; Nedbør Afstrømnings Model

Abstrak. *Daerah aliran sungai (DAS) Batang Kuranji merupakan kawasan yang berperan penting dalam kelestarian sumber daya air dan konservasi di Kota Padang. Meski demikian, dewasa ini keberlanjutan sumber daya air tersebut telah mengalami kerusakan yang secara hidrologis ditandai dengan debit banjir yang berfluktuasi tajam. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur keberlanjutan sumber daya air di DAS Batang Kuranji. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pemodelan Nedbør Afstrømnings Model (NAM) dan pendekatan terintegrasi. Hasil pemodelan NAM memperlihatkan nilai parameter yang paling menonjol adalah TIF (0,9), TG (0,965), CK1 (0,23), dan CK2 (1,1) yang mengindikasikan adanya perubahan pada infiltrasi di DAS Batang Kuranji. Analisis terintegrasi memperlihatkan deforestasi dan pertumbuhan penduduk adalah faktor utama permasalahan di DAS tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh alih fungsi lahan di wilayah tersebut. Menekan laju pertumbuhan penduduk, mengevaluasi arah perkembangan kota, penghijauan, serta memperbaiki infrastruktur bangunan air di sepanjang sungai akan mengurangi resiko kerusakan DAS serta mempertahankan keberlanjutannya.*

Kata Kunci - daerah aliran sungai; Batang Kuranji; keberlanjutan sumber daya air; Nedbør Afstrømnings Model.

I. PENDAHULUAN

Dalam siklus hidrologis, daerah aliran sungai (DAS) memegang peranan penting dalam proses perputaran air dalam suatu kawasan[1],[2]. Demikian pula halnya dengan keberadaan DAS Batang Kuranji yang ada di Provinsi Sumatera Barat. Di kawasan DAS ini mengalir sungai terpanjang di Kota Padang, yakni Sungai Batang Kuranji yang memegang peranan penting dalam keberlanjutan sumber daya air di wilayah ini. Akan tetapi, akhir-akhir ini DAS Batang Kuranji telah mengalami gangguan. Perubahan yang terjadi di kawasan DAS telah memberikan dampak negatif terhadap kehidupan masyarakat. Dari beberapa penelitian dewasa ini, DAS Batang Kuranji memiliki potensi bahaya banjir tingkat sedang hingga tinggi, terutama bagian tengah dan hilir[3],[4]. Sementara itu, identifikasi penyebab utama banjir ini masih bersifat umum dan spekulatif. Oleh sebab itu, perlu ada upaya yang ilmiah dan empiris dalam mengidentifikasi bencana tersebut.

Mengingat permasalahan DAS Batang Kuranji yang cukup beragam, perlu dilakukan suatu analisis terhadap keberlanjutan sumber daya air di kawasan itu. Salah satu upaya untuk memahami kondisi hidrologis DAS Batang Kuranji tersebut adalah dengan menggunakan pemodelan hidrologis. Metode ini merupakan pendekatan yang managerial dan sistematis terhadap kondisi suatu DAS yang luas, khususnya untuk kondisi di negara berkembang dengan ketersediaan data yang terbatas[5]. Sementara itu, untuk mendukung analisis hidrologis tersebut perlu analisis

* Penulis Korespondensi

Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang 25163

Telepon: (+62)751-72497 Fax: (+62)751-72566 email: alqadriasriputra@eng.unand.ac.id

keberlanjutan sumber daya air juga perlu diukur dengan membandingkan ketersediaan air di sungai Batang Kuranji dengan tingkat kebutuhan air masyarakat Kota Padang. Untuk menyempurnakan penelitian ini, perubahan tutupan lahan juga akan dianalisis sebagai korelasi antara perubahan sumber daya air dengan perubahan tata ruang. Hal ini akan mempermudah perumusan evaluasi terhadap keberlanjutan ekologi di DAS Batang Kuranji dan memberikan gambaran pengelolaan sumber daya air di DAS Batang Kuranji untuk saat ini dan juga untuk jangka panjang.

Sejauh ini kajian mengenai pemanfaatan pemodelan hidrologis dan data spasial untuk menganalisis keberlanjutan DAS Batang Kuranji masih terbatas. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran hidrologis melalui pemodelan dalam mengevaluasi keberlanjutan sumber daya air di sungai Batang Kuranji dan Kota Padang. Informasi yang didapatkan ini lebih lanjutnya digunakan untuk memberikan rekomendasi dalam menyusun kebijakan mengenai tata ruang dan kebijakan pengelolaan lingkungan. Nantinya, hasil penelitian ini diharapkan dapat pula menjadi acuan sebagai upaya preventif terhadap terjadinya bencana ekologis yang mungkin terjadi pada masa yang akan datang.

II. METODE

Penelitian ini merupakan evaluasi keberlanjutan sumber daya air di DAS Batang Kuranji dengan pendekatan terintegrasi. Penelitian ini terlebih dahulu dilakukan studi literatur dan observasi awal pada wilayah studi guna mempelajari dan melihat kondisi eksisting di lapangan. Pengumpulan dan verifikasi data dilakukan pada langkah berikutnya dengan mengambil data primer dan data sekunder. Pengolahan data dilakukan pada langkah berikutnya melalui pemodelan dan formulasi komputer dari data hidrologis yang ada. Hal ini dilakukan untuk mengidentifikasi komponen-komponen DAS yang sulit didapatkan di lapangan secara langsung.

Dengan mengkorelasikan kondisi eksisting, hasil pemodelan dan perhitungan hidrologi, serta data sekunder dari instansi pemerintahan, maka keberlanjutan terhadap sumber daya air DAS Batang Kuranji dapat dianalisis. Analisis dalam konteks ini meliputi kondisi pemanfaatan air, kondisi kependudukan dan pemanfaatan ruang, serta kondisi kelembagaan dan regulasi. Analisis tersebut akan dibantu dengan data-data spasial, sehingga faktor-faktor yang mempengaruhi keberlanjutan dapat diidentifikasi. Hal inilah yang nantinya dapat dijadikan landasan bagi perumusan rekomendasi yang relevan bagi keberlanjutan DAS tersebut.

Lingkup daerah studi dalam penelitian ini dibatasi pada daerah aliran sungai (DAS) Batang Kuranji di Kota Padang. Secara operasional, DAS Batang Kuranji dapat dikatakan sebagai suatu hamparan di sekitar Sungai Batang Kuranji yang mengalirkan hujan serta limpasan yang masuk ke dalamnya pada satu titik aliran. Hamparan sungai pada konteks ini meliputi kawasan hulu, kawasan tengah, serta kawasan hilir dari Sungai Batang Kuranji. Sebagai langkah awal dari penelitian, observasi awal dilakukan pada beberapa stasiun pengamatan di kawasan tersebut, termasuk Stasiun Pengamatan Iklim Gunung Nago, Kecamatan Kuranji, serta Kota Padang.

Data primer pada penelitian mencakup data klimatologi dan data debit aliran sungai. Pengambilan data ini dilakukan di beberapa stasiun klimatologi seperti stasiun Gunung Nago dan stasiun BMKG Minangkabau, Padang. Selain sebagai pedoman dalam mengidentifikasi kondisi eksisting DAS Batang Kuranji, data primer juga digunakan sebagai kontrol dan verifikasi untuk data sekunder yang didapatkan. Sementara itu, data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian antara lain data hidrologi berupa data curah hujan harian dari beberapa stasiun pengamatan curah hujan di Kota Padang, data debit aliran sungai Batang Kuranji selama 20 tahun, peta administrasi, peta topografi, dan peta kependudukan wilayah administrasi DAS Batang Kuranji, data klimatologi harian berupa suhu dan kelembaban tahunan serta, data-data pendukung lainnya juga bisa diperoleh dari instansi-intansi lainnya.

Pada penelitian ini pemodelan digunakan sebagai pendukung informasi hidrologis di DAS Batang Kuranji. Jenis pemodelan yang digunakan adalah *Nedbør Afstrømnings Model* (NAM). Proses pemodelan dimulai dengan memverifikasi dan menyeragamkan data sekunder berupa data curah hujan yang didapat dari beberapa stasiun pengamatan dengan menggunakan metode poligon Thiessen. Hal ini bertujuan untuk mempermudah representasi curah hujan di DAS Batang Kuranji. Data yang digunakan pada pemodelan adalah data 20 tahun, yakni dari Januari 1993 sampai dengan Desember 2012. Jumlah data tahunan ini disesuaikan dengan ketersediaan data serta kebutuhan akurasi pemodelan. Dalam pengolahan poligon Thiessen, pembagian blok akan dibantu dengan penggunaan perangkat lunak komputer berbasis SIG. Beberapa stasiun pengamatan curah hujan yang ada di Kota Padang dianggap mewakili titik curah hujan yang akan diolah pada poligon. Untuk memulai pemodelan NAM, hal pertama yang harus disiapkan adalah parameter awal yang diketahui, kondisi debit awal, dan beberapa data klimatologi pendukung. Langkah selanjutnya adalah pemodelan diproses dengan menggunakan perangkat lunak yang pada penelitian ini menggunakan Microsoft Excel.

Di dalam penelitian ini, pemodelan NAM dilakukan dengan menggunakan data-data hidrologis dan meteorologis DAS Batang Kuranji yang dikumpulkan sebelumnya. Proses dibagi menjadi 2 bagian yakni kalibrasi model dengan menggunakan data 10 tahun untuk mendapatkan parameter model yang akan memberikan hasil simulasi terbaik yang cocok dengan data lapangan eksisting. Langkah kedua adalah pemeriksaan validasi model matematis dan parameter yang dilakukan dengan membandingkan data pada periode lainnya. Pada langkah ini, input data curah hujan 10 tahun

dimasukan ke dalam model simulasi tanpa mengubah parameter. Pemeriksaan validasi model dilakukan dengan membandingkan debit simulasi dengan debit pengamatan dari area yang sama dengan yang digunakan pada proses kalibrasi [6]-[8]. Sebaiknya perbedaan antara debit simulasi dan observasi tidak lebih dari 10%. Untuk memeriksa efisiensi model NAM terhadap DAS Batang Kuranji, kontrol dilakukan dengan memeriksa grafik dan koefisien determinasi R^2 (kuadrat korelasi hasil Pearson). Bila hasil simulasi mendekati kondisi eksisting, maka model bisa dikatakan cukup valid.

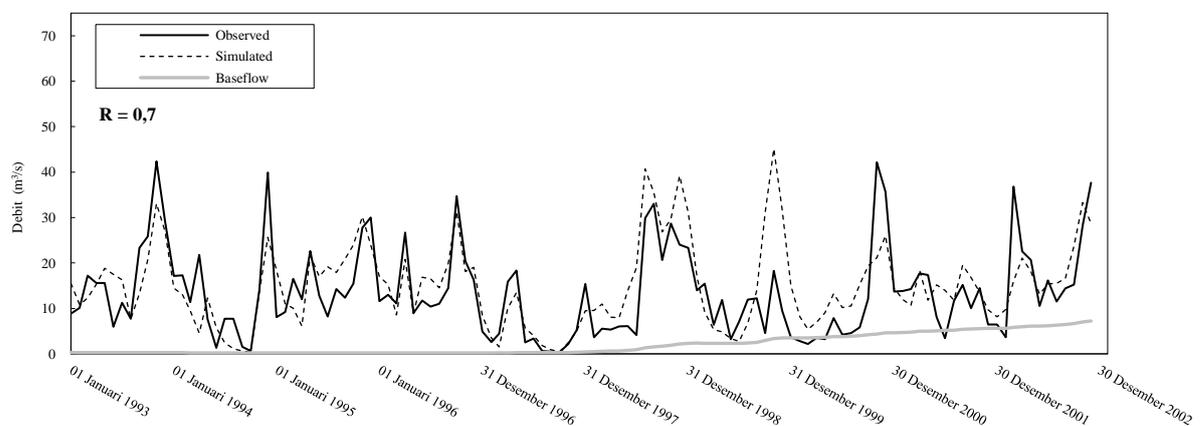
Ada berbagai parameter yang penting dalam membuat pemodelan NAM. Parameter-parameter tersebut sangat mempengaruhi gambaran karakteristik DAS dan jenis bentang alamnya. Rentang parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Parameter Kalibrasi Pemodelan NAM[9]

Parameter	Rentang Nilai	Keterangan
U_{max} [mm]	5- 35	Jumlah air maksimum yang terdapat di dalam tampungan permukaan. Tampungan dapat diartikan sebagai sejumlah air yang terdapat pada tampungan intersepsi, kehilangan pada tampungan permukaan, dan beberapa cm dari lapisan permukaan atas tanah.
L_{max} [mm]	50-350	Jumlah air maksimum yang terdapat pada zona tampungan terbawah. L_{max} dapat diartikan sebagai kandungan air tanah maksimum pada zona akar pada transpirasi vegetatif
CQOF [-]	0,0 – 1	Koefisien run-off permukaan . CQOF ditentukan oleh distribusi kelebihan hujan pada aliran permukaan dan infiltrasi.
TOF [-]	0,0 – 0,9	Nilai ambang batas aliran permukaan. Aliran permukaan hanya akan terjadi jika kandungan kelembaban relatif yang terdapat pada zona tampungan bawah lebih besar dari pada TOF
TIF [-]	0,0 – 0,9	Nilai ambang batas aliran dalam. Aliran dalam hanya akan terjadi jika kandungan kelembaban relatif yang terdapat pada zona tampungan bawah lebih besar dari pada TIF
TG	0,0 – 0,9	Nilai ambang batas pengisian air. Pengisian air bawah tanah hanya akan terjadi jika kandungan kelembaban relatif yang ada pada zona tampungan bawah lebih besar dari pada TG
CKIF [Jam]	3 – 72	Konstanta waktu untuk aliran dalam pada tampungan permukaan. Ini adalah parameter penentu untuk aliran dalam karena $CKIF \gg CK1,2$
CK1,2 [Jam]	– 72	Konstanta waktu untuk penentu aliran permukaan dan aliran dalam. Aliran permukaan dan aliran dalam ditentukan melalui dua reservoir yang liner dalam satu rangkaian yang memiliki waktu yang sama dengan konstanta CK1,2
CKBF [Jam]	500 – 5000	Konstanta aliran dasar dari tampungan air bawah tanah. Ditentukan dengan menggunakan model reservoir liner dengan konstanta waktu CKBF

Untuk mengetahui proyeksi hasil air pada masa yang akan datang, perhitungan dilanjutkan dengan distribusi Log Pearson Tipe III[1]. Metode ini sering digunakan dalam analisis hidrologi terutama dalam menganalisis debit ekstrem maksimum dan debit ekstrem minimum. Kebutuhan air masyarakat di sekitar DAS Batang Kuranji dikalkulasikan terhadap debit kebutuhan air total yang merupakan rekapitulasi dari debit kebutuhan domestik, debit kebutuhan non-domestik, dan debit kebutuhan pertanian[10]. Sistematisa perhitungan akan merujuk pada Permen PU Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air.

Keberlanjutan sumber daya air dapat didefinisikan sebagai pemanfaatan sumber daya air untuk masa kini tanpa mengorbankan kebutuhan pada masa yang akan datang[11]. Untuk mengukur keberlanjutan DAS Batang Kuranji, analisis dilakukan dengan menggunakan pendekatan terintegrasi dengan membandingkan beberapa faktor secara terpadu. Oleh karena itu, analisis ini akan merujuk pada Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 Pasal 12 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai yang tentunya disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Berdasarkan peraturan tersebut, keberlanjutan daerah aliran sungai ditentukan oleh beberapa aspek, yakni aspek ketersediaan air, aspek kependudukan dan pemanfaatan ruang, serta aspek regulasi dan kelembagaan.



Gambar 2. Grafik Kalibrasi NAM DAS Batang Kuranji

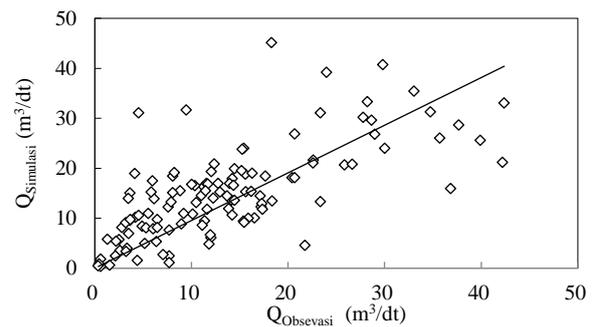
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Simulasi NAM

Sebagaimana disebutkan pada metodologi, pengolahan data pada pembahasan ini akan difokuskan pada pemodelan hidrologi NAM dan analisis frekuensi curah hujan Log Pearson tipe III. Dengan mengkonversi data curah hujan 20 tahunan menjadi data bulanan, didapatkan nilai parameter dan grafiknya (Gambar 2). Kalibrasi juga menghasilkan nilai inisial optimum yang sesuai dengan kondisi DAS Batang Kuranji (Tabel 2.a dan 2.b).

Tabel 2. (a.)Parameter dan (b.) Nilai NAM Pasca Kalibrasi

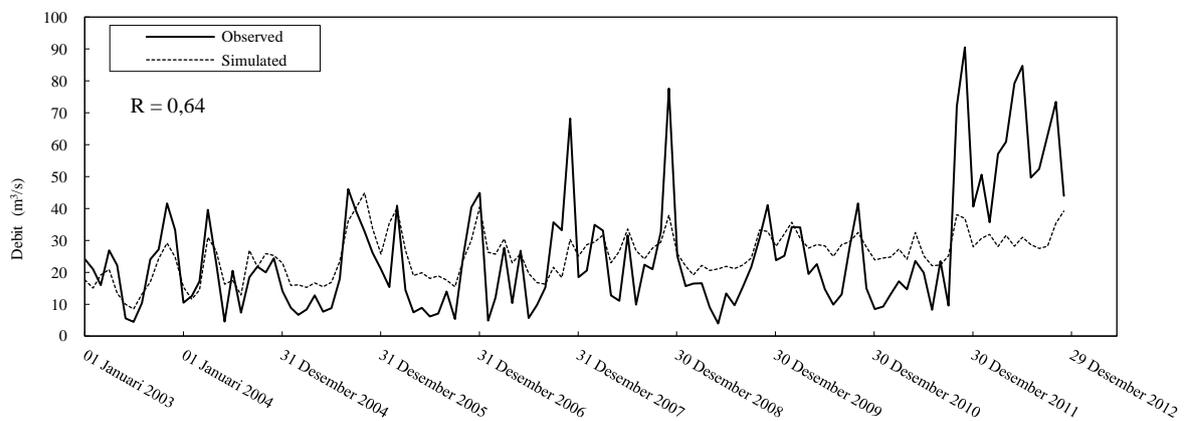
a.)	<u>Parameter</u>	<u>Nilai</u>	b.)	<u>Parameter</u>	<u>Nilai</u>
	Luas Daerah	213		Ss0	0
	Kofesien Area	0,65		U0	4
	LMAX	70		L0	318
	UMAX	5,8		QR10	190
	CSNOW	0		QR20	5
	CQOF	0,173		BF0	0,1
	CKIF	30			
	TIF	0,9			
	TOF	0,3			
	TG	0,965			
	CK1	0,23			
	CK2	1,1			
	CKBF	600			



Gambar 3. Diagram Pencar Kalibrasi NAM DAS Batang Kuranji

Berdasarkan perhitungan korelasi Pearson, nilai koefisien yang diperoleh dari hasil kalibrasi ini adalah sebesar 0,7. Hal ini menandakan bahwa pemodelan cukup representatif terhadap kondisi hidrologi di DAS Batang Kuranji. Dari hasil plot diagram pencar seperti pada Gambar 3 diketahui bahwa simulasi sangat akurat dalam menggambarkan kondisi debit di bawah 20 m³/detik.

Dari hasil akhir *trial and error* pada parameter-parameter NAM, tampak bahwa beberapa di antaranya memiliki nilai yang mencolok. Parameter tersebut antara lain TIF, TG, CK1, dan CK2. Parameter TIF dan TG menggambarkan adanya gangguan pada kondisi permukaan tanah di DAS Batang Kuranji yang menyebabkan mudahnya presipitasi menjadi run-off. Sementara itu, parameter CK1 dan CK2 menggambarkan tingginya tingkat kecepatan pengisian lapisan dalam dan lapisan bawah sehingga kejenuhan kedua lapisan tersebut akan mudah terjadi dengan kondisi presipitasi yang normal. Akibatnya, presipitasi yang jatuh pada DAS Batang Kuranji akan mudah menjadi limpasan dalam waktu yang cukup singkat.

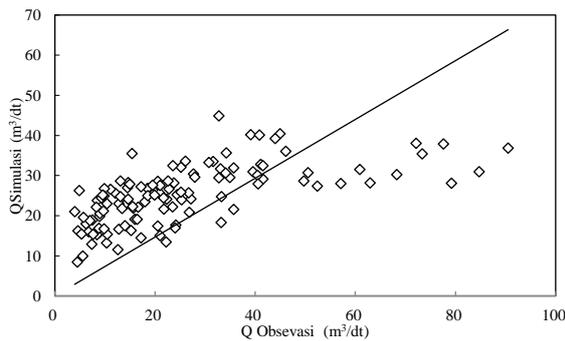


Gambar 4. Grafik Validasi NAM DAS Batang Kuranji

Selanjutnya, dilakukan proses validasi model yang menghasilkan grafik dan diagram pencar sebagai mana ditampilkan pada Gambar 4. Pada penelitian ini, koefisien korelasi yang didapatkan adalah lebih kurang 0,64. Pada akhir kalibrasi, debit simulasi yang didapatkan adalah 5% dari debit observasi. Dari diagram pencar juga tampak bahwa NAM sangat efektif untuk mensimulasikan debit yang berada di bawah 40 m³/detik dan tidak dianjurkan para rentang yang lebih besar.

Sebagai tahap akhir dalam pemodelan, analisis sensitivitas dilakukan untuk melihat parameter apa yang paling rentan terhadap perubahan kondisi hidrologi di DAS Batang Kuranji. Berdasarkan hasil *trial and error*, parameter yang paling sensitif di antara parameter NAM yang ada adalah L_{max} dan TOF. Parameter L_{max} menggambarkan kondisi DAS secara evapotranspirasi dan infiltrasi yang berkaitan dengan kondisi vegetasi tutupan lahan.

Gambar 5. Diagram Pencar Kalibrasi NAM DAS Batang Kuranji



Tabel 4. Perhitungan Frekwensi Curah Hujan dengan Periode Ulang

Periode Ulang	G	\bar{X}_T	$X_{T,max}$	$X_{T,min}$
0	0,00	0,000	0,000	0,000
1	-2,39	5,586	18,498	1,627
2	0,02	17,526	58,039	5,104
5	0,73	24,618	81,528	7,170
10	1,13	29,757	98,544	8,666
25	1,60	37,133	122,971	10,815
50	1,93	43,368	143,621	12,631
100	2,24	50,328	166,670	14,658
200	2,55	58,152	192,582	16,936

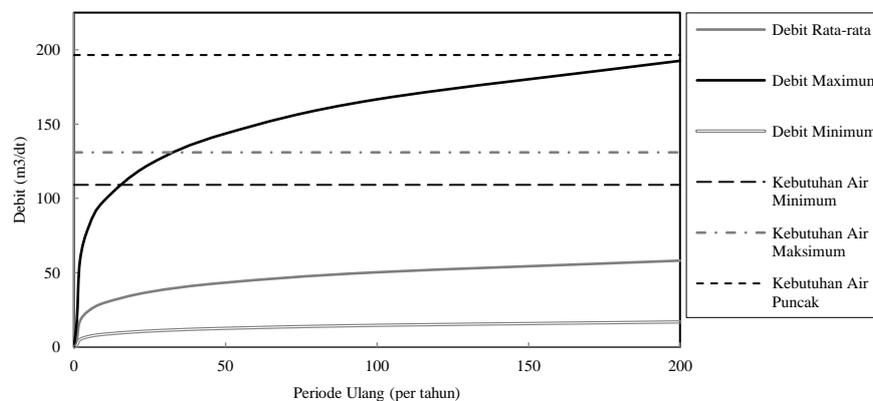
Artinya, untuk mengurangi besarnya debit aliran sungai di DAS Batang Kuranji, secara efektif dapat dilakukan dengan penanaman vegetasi di sekitar daerah aliran. Hal ini akan mengurangi limpasan yang disebabkan oleh rendahnya tingkat infiltrasi.

Parameter selanjutnya yang cukup sensitif adalah TOF yang mempengaruhi nilai ambang batas aliran permukaan pada aliran sungai Batang Kuranji. Artinya, perlu dilakukan upaya teknis untuk meningkatkan daya infiltrasi air hujan ke dalam tanah.

B. Analisis Keberlanjutan

Penggunaan dan Pemanfaatan air

Analisis ini dilakukan melalui grafik analisis Log Pearson tipe III dan perkiraan debit kebutuhan air. Hasil perhitungan analisis Log Pearson tipe II tersaji pada Tabel 4. Proyeksi air ditunjukkan dalam bentuk kurva, sementara debit kebutuhan air digambarkan dalam bentuk garis konstan. Hasil dari plot data ini disajikan dalam Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik Proyeksi Debit Air Sungai Bt. Kuranji vs Debit Kebutuhan Masyarakat

Grafik proyeksi debit air sungai versus debit kebutuhan air masyarakat ini terdiri atas tiga kurva dan tiga garis konstan putus-putus. Kurva menggambarkan proyeksi air untuk periode ulang dengan tiga garis yang berbeda. Masing-masing warna mewakili proyeksi debit aliran rata-rata, maksimum, dan minimum Sungai Batang Kuranji.

Dari grafik di atas terlihat bahwa dalam kondisi minimum maupun normal, Sungai Batang Kuranji tidak mampu memenuhi debit kebutuhan air masyarakat di sekitar DAS Batang Kuranji. Sementara itu, dalam kondisi debit sungai puncak, ketersediaan debit kebutuhan air rata-rata dan maksimum masyarakat masih dapat dipenuhi. Namun demikian, saat masyarakat menggunakan air pada waktu puncak secara bersamaan, debit air sungai Batang Kuranji tidak mampu mencukupi kebutuhan tersebut. Hal ini menandakan bahwa keberlanjutan Sungai Batang Kuranji dari segi penggunaan dan pemanfaatan saat ini perlu dipertanyakan.

Kependudukan dan Pemanfaatan Ruang

Berdasarkan hasil yang didapat dari perhitungan dan pemodelan, diketahui DAS Batang Kuranji mengalami infiltrasi yang sangat singkat sehingga kejenuhan tanah menyerap air tersebut semakin cepat. Akibatnya, air hujan yang tidak terinfiltrasi ini berubah menjadi limpasan.

Bila ditinjau dari segi tata ruang, hasil perhitungan dan pemodelan ini sangat berkorelasi dengan arah perkembangan kota dewasa ini. Dalam kenyataannya, tutupan vegetasi di DAS Batang Kuranji setiap tahunnya mengalami penurunan yang cukup signifikan. Berdasarkan data BPS Kota Padang tahun 2009[12], tutupan vegetasi di wilayah hulu DAS Batang Kuranji dalam selang tiga tahun mengalami penurunan luas tutupan vegetasi sebesar 485 Ha. Untuk lebih jelasnya perubahan tutupan vegetasi tersebut di DAS Batang Kuranji ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Berkurangnya luas tutupan hutan ini akan berdampak pada semakin berkurangnya infiltrasi pada tanah dan limpasan pada permukaan yang semakin besar. Akibatnya, kawasan penyangga tidak mampu lagi menahan tekanan di bagian hulu sehingga akan berdampak pada kawasan-kawasan di bawahnya. Oleh karena itu, keberadaan tutupan vegetasi diasumsikan mempengaruhi kondisi hidrologis di DAS Batang Kuranji.

Bila dilihat dari sisi kependudukan, pertumbuhan penduduk memiliki kontribusi yang besar dalam perubahan di kawasan tengah DAS Batang Kuranji. Hal ini dapat dianalisis dari RTRW Kota Padang tahun 2004-2013[14]. Berdasarkan laporan tersebut, diproyeksikan Kota Padang akan memiliki kecenderungan peningkatan penduduk ke arah utara, timur, dan selatan, termasuk ke Kecamatan Pauh dan Kuranji yang berada di kawasan tengah DAS Batang Kuranji. Kenyataannya, pertumbuhan penduduk di kecamatan-kecamatan yang berada di kawasan tengah DAS Batang Kuranji cukup tinggi. Hal ini terlihat dari Tabel 6 mengenai perbandingan jumlah dan kepadatan penduduk tahun 2002 dan 2012[11],[12].

Dari tabel tersebut tampak bahwa jumlah penduduk di Kecamatan Kuranji dan Pauh pada tahun 2012[12] mengalami peningkatan. Bila skenario terus beralangsur maka dapat diperkirakan bahwa dalam kurun waktu 50 tahun ke depan kebutuhan perumahan di Kecamatan Kuranji dan Pauh akan meningkat hingga 2000 Ha. Dengan demikian, diperkirakan lebih dari separuh lahan pertanian, khususnya sawah yang terdapat di hulu DAS Batang Kuranji akan hilang. Perhitungan ini belum termasuk pertumbuhan dari sektor institusi, perkantoran, perdagangan dan komersil, serta pertumbuhan badan jalan dan infrastruktur lainnya. Hal ini biasanya juga diikuti dengan berkurangnya permeabilitas tanah hingga batas terendah.

Bila ditilik dari sisi psikologis masyarakat, ada beberapa hal yang memicu mobilisasi penduduk ke arah hulu DAS Batang Kuranji ini antara lain adanya perencanaan arah perkembangan kota ke bagian timur sebagaimana yang tercantum pada RTRW Kota Padang, adanya pengembangan pusat pendidikan yang ditandai dengan pembangunan Kampus Universitas Andalas di daerah Limau Manis, serta isu potensi tsunami dan penetapan zona merah pascabencana gempa Padang-Pariaman pada tahun 2009 yang lalu.

Oleh karena itu, penataan ruang di DAS Batang Kuranji perlu dikaji kembali. Selain mencegah pembukaan kawasan lindung dan alih fungsi lahan, pembukaan lahan perumahan juga jangan sampai mengganggu sepadan sungai.

Tabel 5. Perbandingan Luas Tutupan Vegetasi Tahun 2009 dan 2012[12],[13]

Kecamatan	Luas (Ha)	2009		2012	
		Total Tutupan (Ha)	Persentase Tutupan (%)	Total Tutupan (Ha)	Persentase Tutupan (%)
Padang Utara	808	-	0	-	0
Nanggalo	807	-	0	-	0
Kuranji	5.741	831,0	14,47	785,24	13,68
Pauh	14.629	11.988,0	81,94	11.549,50	78,95
Total	21.986	12.819,0	58,30	12.334,74	56,10

Tabel 6. Perbandingan Jumlah Penduduk Tahun 2002 dan 2012 [12]-[14]

Kecamatan	2002		2012		Pertumbuhan (%)
	Jumlah (jiwa)	Kepadatan (jiwa/km ²)	Jumlah (jiwa)	Kepadatan (jiwa/km ²)	
Padang Utara	68.896	8.527	69.729	8.639	0,12
Nanggalo	52.674	6.527	58.232	7.216	1,01
Kuranji	99.292	1.730	130.916	2.280	2,80

<i>Pauh</i>	42.188	288	61.755	422	3,88
<i>Total</i>	263.047	1.162	289.708	1.318	0,97

Kependudukan dan Pemanfaatan Ruang

Secara regulasi dan kelembagaan, DAS Batang Kuranji memiliki payung hukum yang cukup mengikat dan struktur organisasi yang bertaraf nasional. Namun demikian, dalam kenyataan pelaksanaan di lapangan masih bersifat administratif dan simbolis. Pengelolaan dari segi wewenang antarinstansi juga tampak mengalami tumpang tindih. Pemberian izin bangunan pada areal pertanian sebenarnya tidaklah sesuai dengan pasal 63 Undang-Undang nomor 19 tahun 2013 tentang Perlindungan dan Pemberdayaan Petani. Anehnya, banyaknya bangunan-bangunan rumah toko (ruko) dan pemondokan yang berdiri di sepanjang jalan Dr. Moh. Hatta, Limau Manis. Sepertinya tidak ada pengendalian terhadap pembangunan tersebut. Oleh sebab itu, tentunya harus ada penegakan aturan yang lebih tegas.

C. Rekomendasi terhadap pembangunan di Kota Padang

Berdasarkan hasil analisis penelitian ini ada empat macam solusi utama yang dapat direkomendasikan untuk upaya melestarikan keberlanjutan sumber daya air di DAS Batang Kuranji. Keempat solusi utama tersebut antara lain:

Kebijakan Tata Ruang

Kebijakan tata ruang sangat mempengaruhi keberlanjutan DAS Batang Kuranji. Dari hasil analisis sebelumnya dapat dilihat bahwa sebaiknya dalam merencanakan lahan pemukiman baru sedapat mungkin harus dihindari kawasan-kawasan nonpemukiman yang produktif. Jika pun alih fungsi lahan tidak dapat dihindari, perencanaan jalur drainase di hulu DAS Batang Kuranji perlu dipertimbangkan. Hal ini bertujuan untuk menjaga tingkat infiltrasi air hujan yang diakibatkan oleh berkurangnya daerah resapan.

Kebijakan Kependudukan

Secara kependudukan sudah merupakan hal yang lumrah jika dibutuhkan penekanan laju pertumbuhan penduduk melalui proram-program keluarga berencana harus digalakkan kembali. Di samping itu, migrasi penduduk yang berlebihan dalam waktu temporal dapat dihindari dengan dibangun perumahan atau pemondokan yang berorientasi pada perumahan susun yang bersifat vertikal yang tidak membutuhkan banyak lahan. Namun demikian, pertumbuhan penduduk ini tentunya juga harus didukung dengan adanya manajemen air yang terpadu antar instalasi penyediaan air minum daerah serta adanya sumber air alternatif yang menunjang pertumbuhan penduduk tersebut. Terakhir, perlu adanya kontrol terhadap pemanfaatan air tanah sehingga permasalahan pemanfaatan air tidak hanya fokus pada air permukaan namun juga pada air bawah permukaan.

Kebijakan Regulasi dan Kelembagaan

Keberlanjutan juga perlu didukung dengan regulasi yang memadai. Sejauh ini, undang-undang dan peraturan di Kota Padang sudah cukup banyak menaungi persoalan keberlanjutan sumber daya air tersebut. Namun demikian perlu ada pembenahan dalam manajemen dan pelaksanaan dari perundang-undangan tersebut sehingga visi dari keberlanjutan sumber daya alam ini dapat diwujudkan. Di samping itu, kesejahteraan bagi pegawai dan petugas pada instansi-instansi pemerintah yang berhubungan dengan pengelolaan sumber daya air mestilah perbaikan guna menciptakan motivasi aparat yang lebih baik. Pemberian izin mendirikan bangunan juga harus lebih diperketat lagi menyangkut dengan tata ruang di Kota Padang. Sementara itu, perbaikan koordinasi antara instansi juga harus diperbaiki agar tidak ada tumpang tindih kewenangan dalam pelaksanaan regulasi ini. Terakhir, pemberian insentif yang memadai agar terhadap petani dan pemilik lahan-lahan produksi perlu mereka dapat fokus terhadap usahanya.

Kebijakan Teknis dan Infrastruktur

Selain dari kebijakan di atas, perbaikan secara teknis dan infrastruktur juga dapat menjadi alternatif perbaikan dari masalah ini. Hal yang paling utama pada kebijakan teknis dan infrastruktur adalah adanya perencanaan sistem drainase yang terpadu dengan drainase sungai alami, sehingga dapat menjamin kestabilan aliran sungai. Hal ini juga harus diikuti dengan perbaikan terhadap luas penampang sungai yang stabil dalam menampung debit limpasan yang terjadi. Sungai Batang Kuranji juga sebaiknya dilengkapi dengan waduk terasering setiap 1 km-nya untuk memperlama waktu infiltrasi air hujan ke dalam tanah, sehingga tekanan debit sungai pada waktu maksimum dapat dikurangi. Penanaman vegetasi di sekitar DAS juga dapat menjadi upaya memperbaiki tutupan vegetasi dan juga perbaikan tingkat infiltrasi air ke tanah. Hal lain yang dapat dicanangkan adalah penerapan konsep *Delta Zero Q Policy* terhadap rumah-rumah penduduk.

IV. KESIMPULAN

Dari seluruh uraian di atas, ada beberapa poin yang dapat disimpulkan. Secara hidrologis, DAS Batang Kuranji telah terjadi kerusakan yang ditandai dengan fluktuasi debit aliran sungai yang tajam. Berdasarkan hasil simulasi NAM, diketahui bahwa parameter yang paling menonjol adalah TIF sebesar 0,9; TG sebesar 0,965; CK1 sebesar 0,23; serta CK2 sebesar 1,1 yang semuanya mengindikasikan adanya kerusakan pada infiltrasi di DAS Batang Kuranji. Dari hasil proyeksi air diketahui bahwa Sungai Batang Kuranji tidak dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat untuk masa yang akan datang namun berpotensi tinggi menyebabkan bahaya banjir pada kondisi puncaknya. Lebih jauhnya lagi, berdasarkan hasil analisis keberlanjutan, perubahan tutupan vegetasi dan pertumbuhan penduduk adalah faktor utama permasalahan di DAS Batang Kuranji yang juga mempengaruhi perubahan tata ruang di wilayah tersebut. Menekan laju pertumbuhan penduduk, mengevaluasi kembali arah perkembangan kota, penghijauan, serta memperbaiki infrastruktur bangunan air di sepanjang Sungai Batang Kuranji akan mengurangi resiko kerusakan DAS serta mempertahankan keberlanjutannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana sebagai bagian dari skema riset dosen pemula Universitas Andalas tahun 2021. Penulis mengucapkan terima kasih kepada senganap petugas Stasiun Pengamatan Iklim Gunung Nago, Kecamatan Kuranji, Kota Padang yang telah membantu dalam pengumpulan data untuk penelitian ini. Penulis juga menghaturkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Andalas serta seganap pihak yang telah memberikan kontribusi namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

REFERENSI

- [1] C. Asdak. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2004.
- [2] D. D. A. Putranto . “Data Ekosistem Daerah Aliran Sungai Sebagai Bagian Informasi Keruangan pada Peringatan Dini Bencana Banjir (Studi Kasus : Ekosistem Sungai di Kota Palembang)” *Prosiding Seminar Revitalisasi Data*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2009.
- [3] L. Utama dan A. Naumar. “Kajian Kerentanan Kawasan Berpotensi Banjir Bandang Dan Mitigasi Bencana pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Kuranji Kota Padang”. *Jurnal Rekaya Sipil*, Vol. 9, No.1. Malang: Universitas Brawijaya, 2015, pp. 21-28.
- [4] N. Ismayani dan Nafilah Riha. “Studi Tingkat Bahaya Banjir Das Batang Kuranji Kecamatan Pauh Kota Padang” *Jurnal Azimut*, Vol. 3, No. 1. Padang: Program Studi Geografi UNITAS, 2020, pp. 15-20.
- [5] J.H. Abdulkareem, B. Pradhan, dan W.N.A. Sulaiman. “Review of Studies on Hydrological Modelling in Malaysia”. *Modeling Earth Systems and Environment*, Vol. 4. Switzerland: Springer Nature, 2018, pp. 1577-1605. Doi: <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0509-y>.
- [6] Viesmann, Warren dan Jr, Gerry L. Lewis. *Introduction to Hydrology: Fifth Edition*. New York: Prentice Hall, 2002.
- [7] DHI. *MIKE 11: A Modelling System for River and Channels Reference Manual*. DHI Software, 2007.
- [8] M. Henrik. “Automatic Calibration of Conceptual Rainfall-Runoff Model Using Multiple Objectives”. *Journal of Hydrology*, No. 235, Elsevier, 2000. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00279-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00279-1).
- [9] T.A. Ngoc, K. Hiramatsu, dan M.Harada. “Optimizing Parameters for Two Conceptual Hydrological Models Using a Genetic Algorithm: A Case Study in the Dau Tieng River Watershed, Vietnam”. *Japan Agricultural Research Quarterly*, Vol. 47, No.1. Japan International Research Center for Agriculture Science, 2013, pp. 85-96. Doi: <https://doi.org/10.6090/jarq.47.85>.
- [10] United Nation Economic Commission for Europe. *Framework and Suggested Indicators to Measure Sustainable Development*. United Nation Economic Commission for Europe, 2013.
- [11] W.Hatmoko dan W. Triweko. *Pengelolaan Alokasi Air pada Wilayah Sungai*. Surakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2011
- [12] Badan Pusat Statistik Kota Padang. *Padang dalam Angka 2009*. Padang: Badan Pusat Statistik Kota Padang, 2009
- [13] Badan Pusat Statistik Kota Padang. *Padang dalam Angka 2013*. Padang: Badan Pusat Statistik Kota Padang, 2013.
- [14] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Padang. *Rencana Tata Ruang Wilayah 2004-2013*. Padang: Bappeda Kota Padang, 2013.