KAWASAN BANJIR DAN POLA ALIRAN SUNGAI BERDASARKAN MORPHOMETRI PADA DAERAH ALIRAN (DAS) BATANG KURANJI SUMATERA BARAT

Lusi Utama[1)], Amrizal Saidi[2)], Isril Berd[2)], Zuherna Mizwar[3)]

Ilmu-Ilmu Pertanian/Universitas Andalas Padang/ mahasiswa S3 Universitas Andalas
Ilmu-Ilmu Pertanian/Universitas Andalas Padang/dosen Universitas Andalas

[3)]Fakultas Teknik Sipil/Universitas Bung Hatta Padang/ dosen Universitas Bung Hatta

lusi_utamaindo115@yahoo.co.id

Naskah diterima :21 Februari 2017 Naskah direvisi : 21 Februari 2017 Disetujui terbit : 2 Maret 2017

ABSTRAK

Banjirtelah melanda Batang Kuranji pada tanggal 24 Juli 201 2 dan 12 September 2012 yaitu berupa air yang bercampur lumpur telah memporakporandakan rumah. Pemerintah Kota Padang mengklaim kerugian Rp 263,9 Milyar (Padang Ekspres, 28 Juli 2012). Penelitian ini bertujuan mengetahui zona banjir berdasarcurah hujan, parameter banjir dan morphometri DAS. Parameter banjir: ketinggian, kemiringan, jenis tanah, buffer dan tata guna lahan. Morphometri: kerapatan aliran, luas DAS, keliling DAS, kemiringan DAS, kemiringan sungai, panjang sungai, ketinggian DAS, dan ordo sungai.

Dengan menggunakan metoda Gumbel, Hasper dan Wedwen, dan data hujan tahun 2003 sampai tahun 2015, didapat tinggi curah hujan 310 mm. Besar debit dihitung menurut Melchior dan Hasper 1125.86 m³/detik.

Penggunaan software Watershed Modelling System (WMS), ditentukan bobot dan skor yang d ibagi 5 tingkatan pembagian kerentanan berdasar interval kontur dan kelerengan yaitu 0%-2% (Datar), 2%-8% (Landai), 8%-15% (agak Curam), 15%-40% (Curam), dan >40% (Sangat Curam). Didapat dari 15 kelurahan, 3 kelurahan dengan tingkat kerentanan rendah, ar tinya aman dari bahaya banjir karena mempunyai kemiringan lereng yang tajam (>15%), sehingga mampu mengalirkan air yaitu kelurahan Gunung Sarik, Kapalo Koto danLimau Manis, tetapi rawan terhadap longsor. 12 kelurahan lainnya dengan kerentanan sedang.

Melalui peta Citra Landsat serta menggunakanARGIS 10.1,diperoleh morphometri DAS Kuranji: Luas DAS 202,7 km2, Panjang sungai utama 32.41 km, panjang anak sungai 242.34 km. Kerapatan aliran 1,36/km. Kemiringan DAS besar 40% seluas 13.118,18 ha, ketinggian DAS besar 1000 m adalah 5.208,86 ha, keliling DAS 74.13 km, luas lahan pemukiman 3.896,59 ha. Batang Kuranji termasuk ordo lima dengan pola aliran dendritik.

***Kata kunci**: Banjir, Morphometri, DAS*

PENDAHULUAN

Bencana banjir dapat dikategorikan sebagai fenomena alam, yang disebabkan oleh beberapa faktor antara lain:

Fenomena alam, seperti curah hujan, iklim, morphometri wilayah

Aktivitas manusia (Proses Man-Made) yang tidak terkendali dalam mengeksploitasi alam, yang mengakibatkan kondisi alam dan lingkungan menjadi rusak.

Sehubungan dengan masalah banjir yang terjadi di Kota Padang bahwa dari tahun 2012, dengan intensitas hujan yang tinggi akan terjadi banjir. Seperti diketahui bahwa penyebab banjir selain intensitas hujan yang tinggi juga disebabkan oleh kondisi alam (letak geografis wilayah,kondisi toporafi, peristiwa alam (curahhujan dan lamanyahujan, pasang, arus balik dari sungai utama, pembendungan aliran sungai akibat longsor,sedimentasi dan aliran lahar dingin), dan aktifitas manusia(pembudidayaan daerah dataran banjir), peruntukan tata ruang di dataranbanjir yang tidak sesuai dengan fungsi lahan, belum adanya pola pengelolaan danpengembangan dataran banjir, permukiman di bantaran sungai, sistemdrainase yang tidak memadai, terbatasnya tindakan mitigasi banjir,kurangnya kesadaran masyarakat di sepanjang alur sungai,penggundulan hutan di daerah hulu. Fenomena alam berupa kerapatan aliran, luas DAS, kemiringan DAS, kemiringan sungai,

panjang sungai dan ordo sungai akan sangat berpengaruh pada debit yang terjadi pada sebuah DAS. Mengetahui faktor penyebab banjir, maka perlu dilakukan penelitian bentuk Daerah Aliran Sungai Batang Kuranji. Ada beberapa hal yang harus diteliti adalah :

Bagaimana karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Kuranji saat sekarang yang menye babkan banjir

Apakah ada keterkaitannya dengan parameter penyebab terjadinya banjir, seperti yang telah dijelaskan pada latar belakang

Penentuan Zona yang rentan banjir di sepanjang Batang Kuranji

Untuk lebih mempertajam fokus penelitian pembatasan substansi dilakukan sebagai berikut:
Ditinjau dari segi phisik, pengaruh parameter banjir yaitu ketinggian, kemiringan, jenis tanah, curah hujan, buffer dan tata guna lahan. Meski telah dilakukan perbaikan berupa normalisasi sungai, memperbaiki drainase, serta membuat bangunan pengendali sedimen berupa tanggul menurutJian Chen [5], banjir masih tetap terjadi. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian berdasar parameter banjiryaitu Emeka Daniel Oruonye [1], Hanna Hajdukiewicz [2],and Surabhi Bhatt [7]dilakukan penelitian berdasar morphometri. Hal ini disebabkan karena banjir terjadi akibat peristiwa yang sangat kompleks yaitu dari parameter banjir, morphometri dan geometri DAS . Menurut [3], bahwa :

DAS adalah Daerah Aliran Sungai, merupakan wilayah yang dikelilingi dan dibatasi oelh topografi berupa punggung bukit, dimana hujan yang jatuh diatas DAS mengalir melalui titik keluar (outlet) yang nantinya bermuara ke laut. Satu DAS dapat terdiri dari beberapa Sub DAS. DAS merupakan tempat berkumpulnya air hujan ke suatu sistem aliran sungai. Sehingga bentuk DAS sangat mempengaruhi pola aliran dan ketajaman puncak aliran sungai.

Karakteristik bentuk DAS adalah jalur sungai yang mengalir ke sungai utama. Terbagi dalam bentuk DAS Bulu Burung dimana jalur anak sungai mengalir menuju sungai utama, debit banjir kecil dan banjir berlangsung lama. Bentuk DAS Radial dimana bentuk DAS menyerupai kipas atau lingkaran. Anak sungai berkonsentrasi ke satu titik secara radial. Banjir besar terjadi pada setiap titik pertemuan anak-anak sungai, dan DAS Paralel berbentuk 2 (dua) jalur yang sejajar bersatu di bagian hilir. Banjir sering terjadi pada titik pertemuan anak sungai.Karakteristik bentuk DAS menurut[8], dapat ditentukan menggunakan peta topografi

Morphometri sungai yaitu jaringan phisik DAS secara kuantitatif yaitu luas DAS, panjang sungai, lebar DAS, tingkat percabangan DAS, kerapatan sungai, ordo dan kemringan sungai.

Panjang sungai, dihitung sebagai jarak datar dari muara (outlet) ke hulu sungai. Seluruh data untuk morphometri dalam menentukan parameter menggunakan peta Citra dan peta topografi.

Lebar sungai adalah pembagian luas DAS dengan panjang sungai

Ordo disebut juga percabangan sungai adalah posisi percabangan alur sungai didalam urutannya terhadap induk sungai. Alur sungai paling hulu yang tidak memiliki cabang disebut ordo pertama, pertemuan dua ordo pertama disebut ordo kedua atau pertemuan ordo pertama dengan ordo kedua disebut ordo ketiga dan seterusnya

Kerapatan sungai adalah indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai dalam suatu DAS. Indeks tersebut dihitung dari rasio total panjang jaringan sungai terhadap luas DAS yang bersangkutan. Semakin tinggi tingkat kerapatan aliran sungai, berarti semakin banyak air yang dapat tertampung di badan-badan sungai.Kerapatan aliran sungai adalah suatu angka indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai di dalam suatu DAS. Indeks tersebut dapat diperoleh dengan persamaan:

$Dd = L/A$

dimana:

Dd= indeks kerapatan aliran sungai (km/km)

L= jumlah panjang sungai termasuk panjang anak-anak sungai (km)

A= luas DAS (km^2)

Indeks kerapatan aliran sungai diklasifikasikan sebagai berikut:

Dd: < 0.25 km/km : rendah

Dd: 0.25 - 10 km/km : sedang

Dd: 10 - 25 km/km : tinggi

Dd: > 25 km/km : sangat tinggi

ISBN : 978-602-73463-1-4
http://pasca.unand.ac.id/id/prosiding-seminar-nasional-perencanaan-pembangunan-inklusif-desa-kota

Berdasarkan indeks tersebut dapat dikatakan bahwa indeks kerapatan sungai menjadi kecil pada kondisi geologii yang permeable, Resiko banjir rendah, alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi keras yang mengakibatkan angkutan sedimen yang terangkut kecil, demikian sebaliknya.

Pola Aliran menurut Soewarno, 1991 [6], dapat berupa percabangan pohon (dendritik), Memiliki tekstur atau kerapatan sungai yang dikontrol oleh jenis batuan.

Tekstur sungai adalah panjang sungai persatuan luas.

Pola aliran radial merupakan pola aliran yang menyebar secara radial dari suatu titik tetentu. Pola Aliran Trellis adalah pola aliran berbentuk pagar dan dikontrol oleh geologi, berpola sejajar, mengalir searah kemiringan lereng dan tegak lurus dengan saluran utama. Pola aliran paralel adalah aliran yang terbentuk oleh lereng yang curam, dikarenakan morphologi lereng terjal, maka bentuk aliran sungai akan berbentuk lurus mengikuti arah lereng. Pola aliran dapat dilakukan dengan menggunakan peta Citra

Luas DAS merupakan luasan DAS yang diperhitungkan melalui peta topografi dengan menghubungkan punggung kontur terdekat dengan sungai utama. Keliling DAS adalah panjangnya garis hubung punggung kontur yang terdekat dengan sungai utama.

Kemiringan Lereng DAS adalah perbandingan ketinggian dan panjang suatu unit DAS.

Gradien Sungai Utama adalah kemiringan sungai yang merupakan perbandingan perbedaan tinggi hulu dan hilir sungai dengan panjang sungai.

Berdasar Parameter-parameter kerawanan banjir, Kombinasi parameter yang digunakan pada penelitian-penelitian umumnya berbeda-beda.Hal ini lebih disebabkan dari pengaruh karakteristik daerah yang diteliti.Perbedaan jenis parameter dan jumlah parameter yang digunakan pada pemetaan kerawanan banjir menyebabkan proporsi atau besarnya nilai bobot disesuaikan dengan jumlah parameter yang digunakan dan pengaruh parameter tersebut terhadap kejadian banjir.Peta zona kerentanan dengan menggunakan peta Citra tahun 2012, digunakan sebagai dasar analisa penentuan tingkat kerawanan banjir. Adapun parameter banjir yang akan diteliti adalah berdasar : Jenis tanah, curah hujan, kemiringan lereng, ketinggian, tutupan lahan dan buffer sungai, dengan menggunakan metoda analisa adalah : dalam memberikan nilai tiap jenis sifat atau besaran dari parameter penyebab banjir bandang, semakin kecil nilai yang diberikan berarti tingkat kerentanan atau kerusakan, semakin baik. Bobot diberikan berdasar dari tingginya pengaruh parameter yang menye babkan terjadinya banjir.

METODOLOGI

Metode Pengumpulan Data

1. Metode pengumpulan data primer pada Batang Kuranji, didapat dengan melakukan observasi, pengukuran dan pengamatan dilapangan, wawancara serta melakukan pengamatan visual sekaligus melakukan dokumentasi (foto).

Penggunaan peta Citra Landsat

Survey pengumpulan data sekunder melalui instansi dan institusi terkait seperti Dinas Pengembangan Sumber Daya Air, Bappeda, Dinas Kelautan dan Perikanan, BPS Kota Padang dan Propinsi Sumatera Barat, guna mendapatkan data-data yang terkait.

Peta topografi dan satelit

2. Metode Analisis dan Deskriptif Analisis

Menggunakan teori, dan kemudian membandingkan hasil yang dianalisa secara teori dengan keadaan eksisting untuk dapat diambil suatu kesimpulan baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan kawasan banjir

KELURAHAN AIR PACAH (LUAS = 47.29119 HA)

Tabel I. Tutupan Lahan (Hasil Analisa)

Jenis	Skor	Luas (Ha)	Luas Total (Ha)
1.Tegalan/Tanah Gambut	100		
2.Sawah	80	15.09595+0.14643	15.242025
3.Pemukiman	60	22.0425+0.01714	22.05964
4.Kebun	40	9.96917	9.96917
5.Hutan	20		

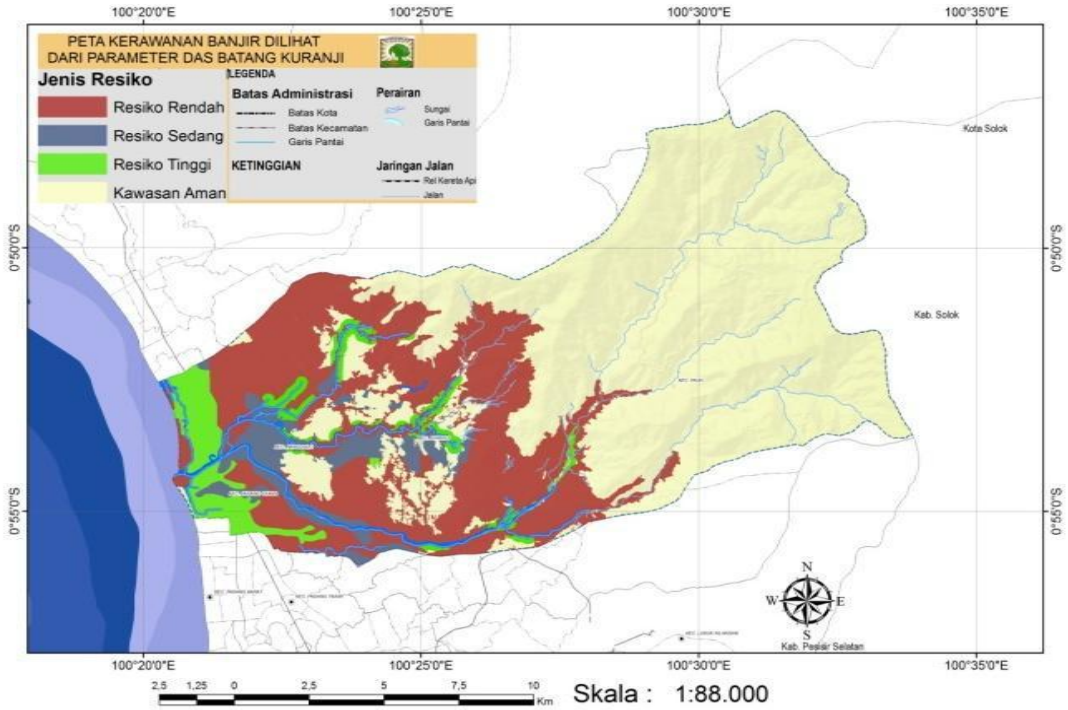
ISBN : 978-602-73463-1-4

Tabel 2: Tingkat Banjir Batang Kuranji (Hasil Analisa)

Lokasi	Luas Genangan(Ha)	Nilai Skoring Berdasar Luas Genangan	Nilai Skoring Berdasar Parameter Banjir	Tingkat Kerawanan Berdasar Parameter Banjir
I. Kec. Koto Tangah	**157,13257**			
I.1 Kel. Aie Pacah	47,2712	442.01	6800	Sedang
I.2 Kel. Dadok Tunggul Hitam	34,35521	431.06	6400	Sedang
I.3 Kel. Lubuk Minturun	75,50616	442.36	6600	Sedang
Ii. Kec. Kuranji	**141,44005**			
Ii.1 Kel. Gunung Sarik	41,12543	449.763	4500	Rendah
Ii.2 Kel. Kalumbuk	0,06325	460	7200	Sedang
Ii.3 Kel. Kuranji	82,95131	425.98	4900	Sedang
Ii.4 Kel. Pasar Ambacang	3,74869	440	5900	Sedang
Kel. Sei Sapih	13,55137	459.55	6400	Sedang
Iii. Kec. Nanggalo	**56,69358**			
Iii.1 Kel. Kurao Pagang	55,81243	458.44	6400	Sedang
Iii.2kel. Surau Gadang	0,88115	460	7200	Sedang
IV. Kec. Pauh	**97,97834**			
Iv.1 Kel. Cupak Tangah	0,39502	420	5500	Sedang
Iv.2 Kel. Kampung Dalam	11,75065	432.09	5100	Sedang
Iv.3 Kel. Kapalo Koto	2,70149	439.744	4200	Rendah
Iv.4 Kel. Lambung Bukik	59,57248	379.18	5600	Sedang
Iv.5 Kel. Limau Manis	23,5587	398.37	4500	Rendah
Grand Total	**453,24454**	**6538.547= 6539**		

Rentang skoring 2000 – 4667 berada pada tingkat kerawanan rendah dan rentang 4668 – 7335 berada pada tingkat kerentanan sedang.

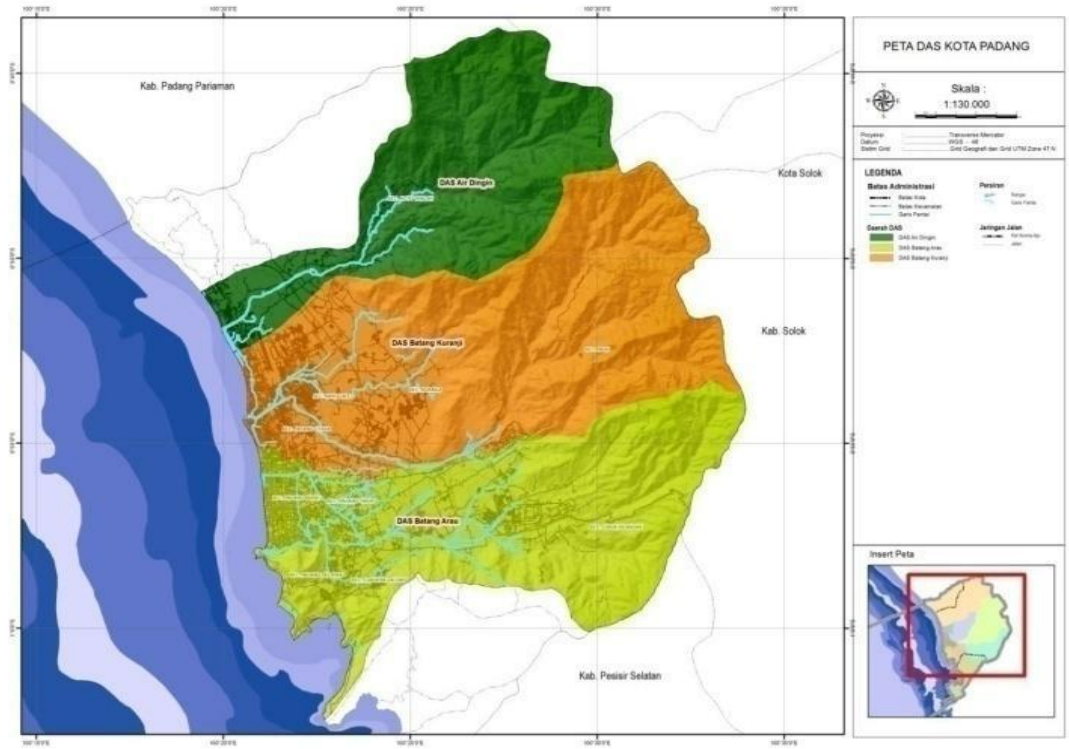
ISBN : 978-602-73463-1-4
http://pasca.unand.ac.id/id/prosiding-seminar-nasional-perencanaan-pembangunan-inklusif-desa-kota



Gambar 1. Kawasan banjir berdasar parameter curah hujan, buffer, kemiringan, ketinggitutupan lahan, jenis tanah(Hasil analisa)

2.Morphometri:

Peta DAS Kota Padang
Hijau = DAS Air Dingin, Coklat = DAS Batang Kuranji , Hijau muda = DAS Batang Arau

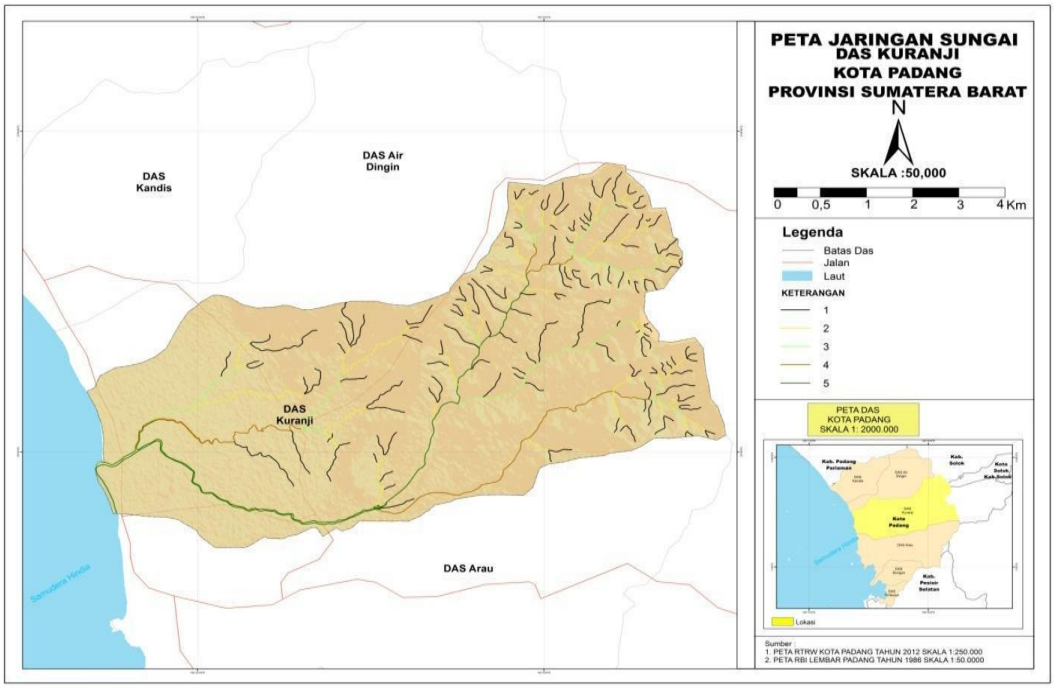


Gambar 2. DAS Air Dingin, DAS Batang Kuranji danDAS Batang Arau (Hasil Analisa)

ISBN : 978-602-73463-1-4

Morphologi DAS Batang Kuranji berdasar peta 2014

1. Karakteristik DAS Batang Kuranji



Gambar 3. Jaringan DAS Kuranji (Hasil analisa)

Daerah Aliran Sungai Batang Kuranji mempunyai luas 202,7 km ^{2} dengan 5 sub-sub daerah aliran sungai yang mengalir pada Batang Kuranji. DAS Batang Kuranji berada dalam wilayah utuh Kota Padang:

Bagian Upstream / Hulu berada pada puncak Bukit Tinjau Laut dengan Elevasi (El.) + 1.605 m diatas muka laut (d.p.l) dan Gunung Bonsu El. 1.500 m d.p.l, Kec. Pauh;

Bagian Middle Stream / Tengah berada diantara Gunung Nago El. 100 m dan Koto Tuo El. 80 m hingga El. 30 m, Kecamatan Kuranji;

Bagian Down Stream / Hilir berada di Kecamatan Nanggalo El. 30 m hingga Muara Bt. Kuranji, Kecamatan Padang Utara.

Perhitungan luas DAS / Sub DAS dan panjang sungai berdasarkan hasil digitasi software.

Perhitungan panjang sungai utama Batang Kuranji dari hulu yaitu Puncak Bukit Tinjau Laut dengan ketingggian 1.605 m d.p.l hingga muara sepanjang ± 32,41 km. Lebar adalah 80 meter

Kerapatan drainase DAS atau kerapatan aliran yaitu panjang aliran sungai per kilo meter persegi luas DAS. Dengan total panjang keseluruhan sungai utama dan anak-anak sungai Batang Kuranji sepanjang ± 274,75 km per luas DAS Batang Kuranji 202,7 km ^{2}.

Dd (kerapatan drainase DAS) =

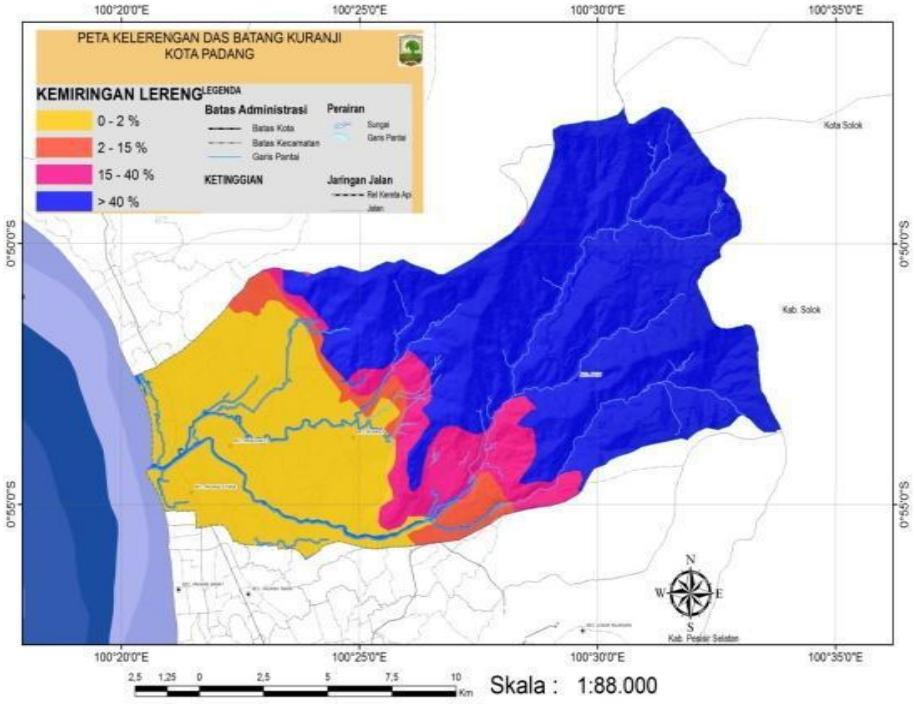
$$\frac{L \text{ (panjang sungai utama \& anak-anak sungai km)}}{A \text{ (luas DAS km}^2\text{)}}$$

274,75 km/202,7 km^2 = 1,36 km/km^2. Kerapatan Batang Kuranji adalah kerapatan sedang .

Tabel 3. Kemiringan Lereng DAS Batang Kuranji (Hasil analisa)

Kemiringan lereng	Luas (ha)
DAS Batang Kuranji	22067,78
> 40 %	13118,18
0 - 2 %	6239,61
15 - 40 %	2019,78
2 - 15 %	690,21

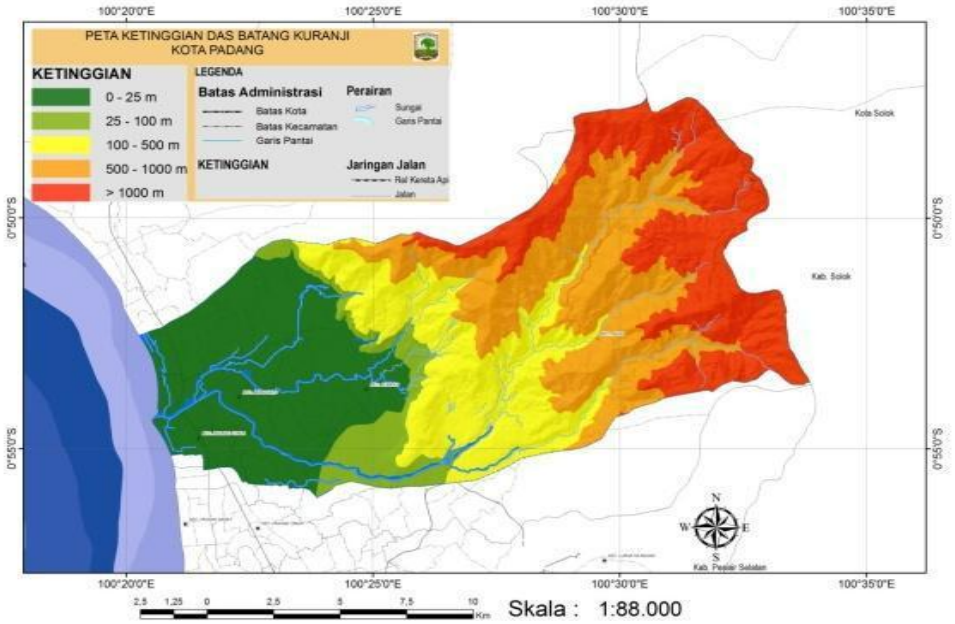
ISBN : 978-602-73463-1-4
http://pasca.unand.ac.id/id/prosiding-seminar-nasional-perencanaan-pembangunan-inklusif-desa-kota



Gambar 4: Kemiringan DAS (Hasil analisa)

Tabel 4. Ketinggian DAS Batang Kuranji (hasil analisa)

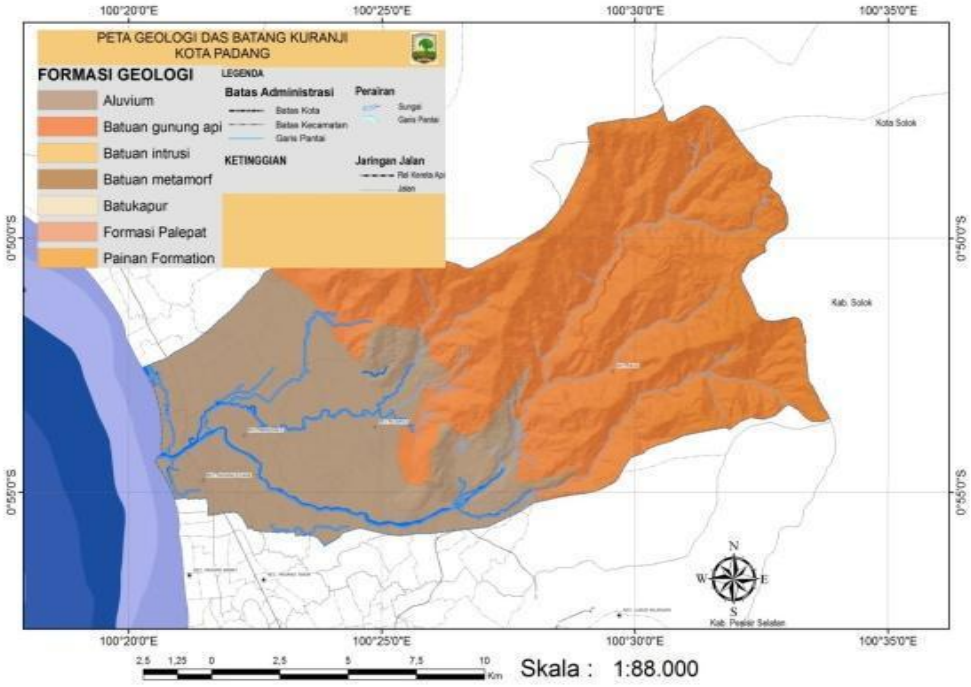
Ketinggian	Luas (Ha)
DAS Batang Kuranji	**22067,78**
> 1000 m	5208,86
0 - 25 m	5923,33
100 - 500 m	4192,46
25 - 100 m	1307,33
500 - 1000 m	5435,80



Gambar 5 : Peta Ketinggian (Hasil analisa)

Tabel 5. Geologi DAS Batang Kuranji

DAS Batang Kuranji	22067,78 (ha)
Aluvium	8051,54 (ha)
Batuan gunung api	14016,24 (ha)

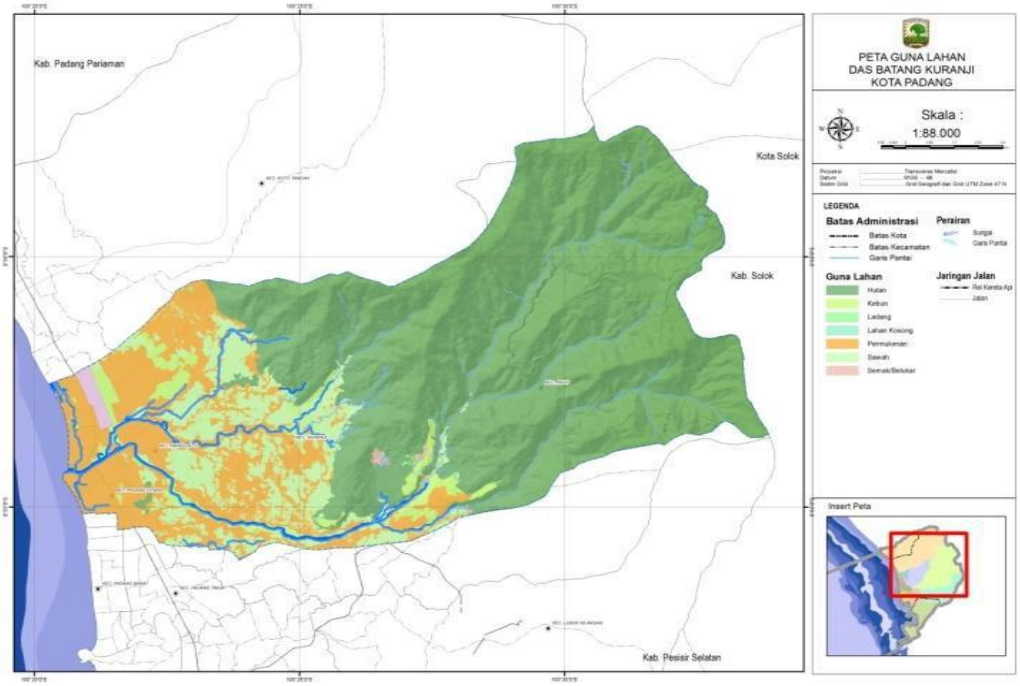


Gambar 6 : Geologi DAS (Hasil analisa)

Tabel 6 .Penggunaan lahan DAS (Hasil Analisa)

DAS Batang Kuranji	**22067,78 (ha)**
Bandara	116,47 (ha)
Betinggisik	5,12 (ha)
Hutan	14860,70 (ha)
Kebun	834,74 (ha)
Ladang	10,11 (ha)
Lahan Kosong	16,78 (ha)
Permukiman	3896,59(ha)
Sawah	2289,42 (ha)
Semak/Belukar	37,86 (ha)

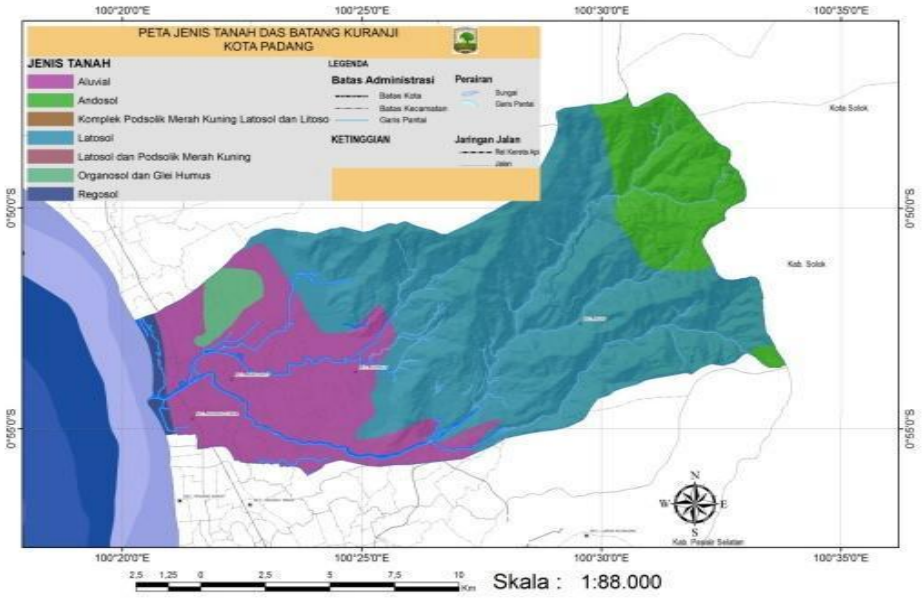
ISBN : 978-602-73463-1-4
http://pasca.unand.ac.id/id/prosiding-seminar-nasional-perencanaan-pembangunan-inklusif-desa-kota



Gambar 7: Penggunaan lahan DAS (Hasil analisa)

Tabel 7. Jenis tanah DAS Batang Kuranji (Hasil analisa)

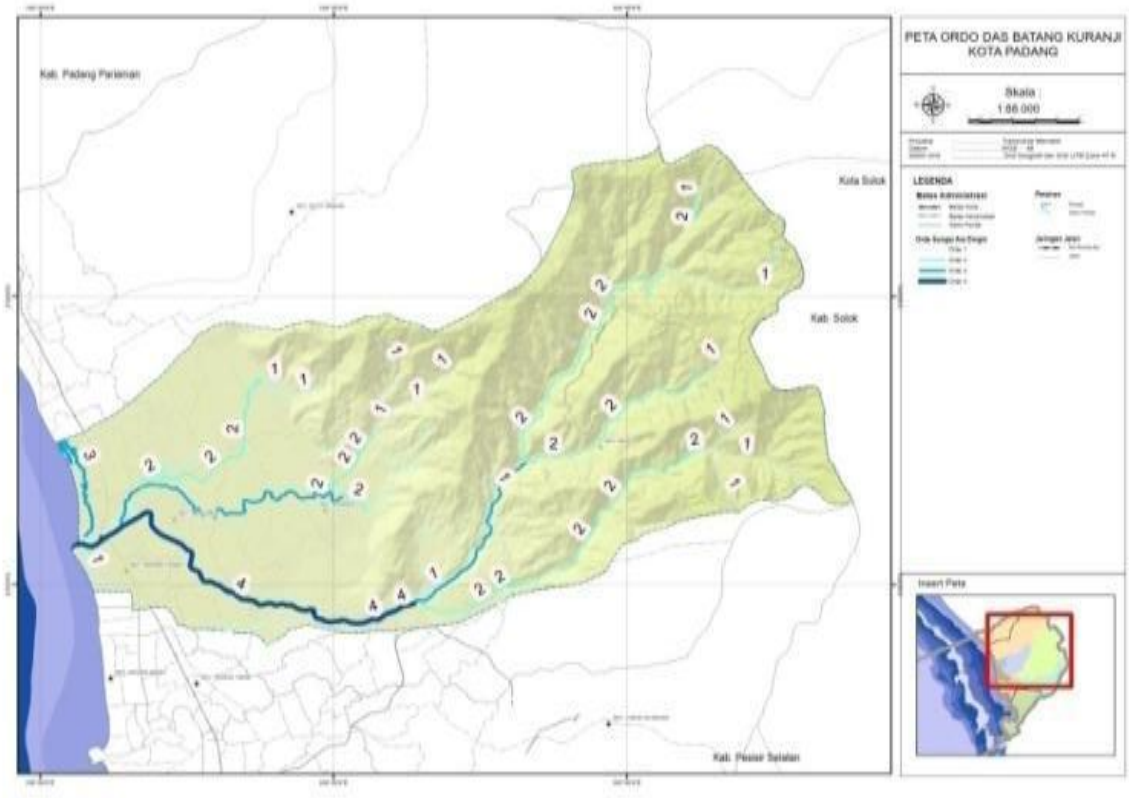
DAS Batang Kuranji	**22067,78 (ha)**
Aluvial	5445,90 (ha)
Andosol	2917,00 (ha)
Latosol	12921,16 (ha)
Organosol dan Glei Humus	499,85 (ha)
Regosol	283,86 (ha)



Gambar 8 : Jenis Tanah (Hasil Analisa)

ISBN : 978-602-73463-1-4

Ordo dan Pola aliran Batang Kuranji:
Termasuk Pola Dendritik ordo 5



Gambar 9. Pola Aliran Batang Kuranji (Hasil Analisa)

Kesimpulan

Daerah rawan banjir umumnya terdapat di daerah tengah dan hilir, dengan kemiringan lereng datar. Sedang daerah yang berpotensi mengakibatkan terjadinya banjir adalah daerah hulu, karena mempunyai tingkat kelerengan yang tajam dan berbukit. (tabel 2)
Terdatanya luas genangan, skoring dan tingkat kerawanan banjir. Dari hasil skoring disimpulkan daerah Batang Kuranji merupakan daerah yang berada pada kerentanan sedang. (tabel 2)
12 kelurahan merupakan daerah dengan tingkat kerentanan sedang. (tabel 2)
Kemiringan dan ketinggian DAS yang tajam serta jenis tanah latosol yang sulit menyerap air akan mempermudah terjadinya banjir
Pola aliran adalah dendritik dimana pola aliran yang menyebar secara radial dimulai dari titik tertinggi dan mengalir ke arah hilir yang kemudian menyatu dalam satu aliran. Hal ini akan mempermudah terjadinya banjir.
Kerapatan drainase 1,36km/km^2, termasuk kerapatan sedang.
Kemiringan lereng DAS besar dari 40% seluas 13.118,18 ha, berarti pengaliran air curam (tabel 3)
Ketinggian DAS besar dari 1000 m adalah 5.208,86 ha, tremasuk kelas jelek (tabel 4)
Jenis tanah berupa latosol seluas 12.921,16 ha, merupakan jenis tanah jelek
Luas penggunaan lahan untuk pemukiman 3.896,59 ha, merupakan kelas sedang
Termasuk ordo 5 (lima), artinya batang Kuranji termasuk sungai yang telah lama terbentuk. Biasanya untuk jenis sungai ini, proses sedimentasi, dan bentuk penampang sungai tidak mampu menampung air, karena mengalami banyak perubahan akibat hujan dan klimatologi (terjadinya sedimen)
Morphometri DAS Batang Kuranji

ISBN : 978-602-73463-1-4
http://pasca.unand.ac.id/id/prosiding-seminar-nasional-perencanaan-pembangunan-inklusif-desa-kota

Parameter	Batang Kuranji
Luas DAS	202.7 km^2
Jumlah Sub Das	5
Elevasi Hulu, di....	1.605 m di Gunung Bonsu
Elevasi Hilir, di....	30 m di Kuranji
Panjang sungai utama	32.41 km
Panjang anak-anak sungai	242.34 km
Lebar rata-rata	80 m
Kerapatan aliran	1,36km/km^2 (sedang)
Kemiringan lereng DAS **>40%** **15 – 40%** **2 - 15%** **0 - 2 %**	 13.118,18 ha 2019,78 ha 690,21 ha 6239,61 ha
Ketinggian DAS **1000 m** **500 – 1000 m** **100 – 500 m** **25 – 100 m** **0 – 25 m**	 5.208,86 ha 5.435,80 ha 4.192,46 ha 1.307,33 ha 5.923,33 ha
Geologi DAS **Aluvium** **Batuan Gunung Api**	 8.051,54 ha 14.016,24 ha
Penggunaan lahan **Bandara** **Betinggisik** **Hutan** **Kebun** **Ladang** **Lahan kosong** **Pemukiman** **Sawah** **Semak/Belukar**	 116,47 ha 5,12 ha 14.860,70 ha 834,74 ha 10,11 ha 16,78 ha 3.896,59 ha 2.289,42 37,86 ha
Jenis tanah **Aluvial** **Andosol** **Latosol** **Organosol dan Glei humus** **Regosol**	 5.445,90 ha 2.917,00 ha 12.921,16 ha 499,85 ha 283,86 ha
Keliling DAS	74,13 km
Kemiringan Sungai Utama	0.002531
Pola aliran	Dendritik
Ordo	5

DAFTAR PUSTAKA

Emeka Daniel Oruonye, Taraba State University, Morphometry and Flood in Small Drainage Basin: Case Study of Mayogwoi River Basin in Jalingo, Taraba State Nigeria, 2016

Hanna Hajdukiewicz, Bartłomiej Wyżga, Paweł Mikuś, Joanna Zawiejska, Artur Radecki-Pawlik, Impact of a large flood on mountain river habitats, channel morphology, and valley infrastructure, 2015

[3]Hikmat Ramdan, M.Si, Prinsip Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai,Laboratorium Ekologi Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Winaya Mukti Agustus, 2004.

[4]Himawan, dalam Brady. 1974. Tekstur tanah. dalam www. Google.Com. Diakses pada tanggal24 Oktober 2011.

[5]Jian Chen, , , Arleen A. Hill , Lensyl D. Urbano,A GIS-based model for urban flood inundation, University of Memphis in Memphis, 2009

[6]Soewarno. Hidrologi : Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Penerbit Nova. Bandung, 1991

Surabhi Bhatt&S.A. Ahmed, Morphometric analysis to determine floods in the Upper Krishna basin using Cartosat DEM, 2013

Sosrodarsono, S dan Takeda, K. Hidrologi Untuk Pengaira n.Penerbit PT. Pradnya Paramita. Jakarta, 2003