

ANALISIS MORFOLOGI DAN MORFOSTRUKTUR SERTA PENGARUHNYA TERHADAP BANJIR LUAPAN SUNGAI BENGAWAN SOLO HULU TENGAH

Suharjo, Alif Noor Anna, Munawar Cholil, Rudiyanto

Program Studi Pendidikan Geografi
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl . A Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura Surakarta 57102
Email: suharjo@ums.ac.id

Abstrak

Bengawan Solo river flow changes is estimated to occur about 2 or at least a million years ago. The image interpretation results obtained ancient Bengawan Solo river which has become a valley winding naturally potential to be flood-prone areas. The aim of this study is to asses the condition of morphology and morphostructure of River Bengawan Solo and the impact towards flood overflow. This research use survey method. Data analyzed by quantitative descriptive technique, assisted with GIS analysis. The results of this study are (a) the morphology of the present; positive skewed figures means that the material is the result of fluvial processes and susceptible to flood overflow. The direction of the flow is toward the North, to the North Coast of Java which is lower, (b) morphostructure at the present; Solo River water level leads to the North, but at a certain point, there are seen places which are uphill or places which are higher than before, which are must lower for a uphill or a higher place than before, which are should be lower. This cause the tilt to rise. Silting and erosion occurs at a certain point. Point 11-18 are the point that be the impact of streamlining river, so its flow getting swift. At some point (between 11-18) it seem very close the distance between the water height and the ground level, means that the water height close to the height of the surface, so that leaving it vulnerable to flood overflow. This condition is particularly worrying in case of rain with a large quantity of water that will be up and overflow onto the surface. At point 11, 13, and 16 clear to see that the river is very shallow if it is compared to other points.

Keywords: *morphology, morphostructure, Flood Overflow, Watersheed*

PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana yang dapat terjadi di mana saja, di hampir seluruh permukaan daratan pada belahan bumi ini. Adapun penyebab utama bencana banjir yang terjadi pada akhir-akhir ini pada dasarnya lebih banyak disebabkan oleh perlakuan manusia terhadap lingkungan sekitarnya. Terutama terkait dengan lingkungan sungai dan sekitarnya baik di wilayah hulu, wilayah tengah, maupun wilayah hilirnya. Keseluruhan wilayah sungai tersebut lebih dikenal dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu wilayah yang merupakan satu kesatuan sistem hidrologi yang mempunyai sistem pengeluaran (*outlet*) tunggal.

Bencana banjir yang terjadi di Indonesia pada akhir-akhir ini umumnya terjadi pada bulan basah, yang dalam hal ini terutama

disebabkan oleh curah hujan yang telah melebihi rata-rata normal. Selanjutnya, hal tersebut telah mengakibatkan beberapa sungai tidak lagi dapat menampung aliran air, dan meluap menjadikan wilayah di sekitar sungai terjadi banjir.

Faktor penyebab banjir pada dasarnya lebih banyak diakibatkan oleh perlakuan manusia terhadap wilayah sungai secara keseluruhan. Pada wilayah sungai bagian hulu yang merupakan daerah resapan telah banyak diubah fungsi lahannya menjadi wilayah terbangun. Akibat yang selanjutnya terjadi adalah sungai bagian tengah maupun hilir telah terjadi sedimentasi yang cukup besar, sehingga badan sungai berkurang luasnya. Alih fungsi lahan sekitar wilayah sungai ini yang mengakibatkan daerah resapan air menjadi berkurang. Dengan demikian curah hujan yang turun lebih banyak yang menjadi limpasan

daripada yang meresap dan tersimpan dalam tanah.

Selain dari perilaku manusia, dari faktor yang bersifat fisik alamiah dapat pula menyebabkan banjir. Faktor-faktor alam tersebut antara lain adalah kondisi geomorfologi (relief, kemiringan lereng, bentuk sungai), geologi, hidrologi (curah hujan, kecepatan aliran, iklim), serta pasang surut air laut daerah pantai yang saat ini dipengaruhi oleh fenomena *global warming*.

Banjir dari luapan Sungai Bengawan Solo yang terjadi pada tahun 2008 menggenang sampai Kampung Sewu kecamatan Jebres. Adapun jumlah KK yang tergenang yaitu 1.215 KK tergenang banjir. Sementara selama tahun 2012 yang paling banyak tergenangi adalah Pucangsawit Kecamatan Jebres yaitu 1.019 rumah tergenang banjir (Priyana, 2013).

Adapun banjir yang terjadi di Surakarta awal bulan Januari tahun 2008 diakibatkan oleh morfogenesis daerah. Morfogenesis; Daerah Surakarta dan Sukoharjo merupakan daerah depresi berada di antara Pegunungan Plateau (Wonogiri), Pegunungan Kendeng (Kedung Ombo), Gunungapi Lawu dan Merapi. Selain itu, daerah ini pada zaman meocin merupakan daerah hilir (Suharjo, 2006 dan 2007). Adapun bagian hilir; dahulu aliran Sungai Bengawan Solo mengalir ke Selatan dan sekarang mengalir ke Utara. Perubahan aliran Sungai Bengawan Solo ini diperkirakan terjadi sekitar 2 atau paling tidak sejuta tahun lalu. Hasil interpretasi Citra diperoleh sungai purba Bengawan Solo yang sudah menjadi sebuah lembah yang berkelok-kelok secara alamiah berpotensi menjadi daerah yang rawan banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji kondisi morfologi dan morfostruktur Sungai Bengawan Solo dan pengaruhnya terhadap kondisi banjir luapan.

KAJIAN PUSTAKA

Pengaruh Kondisi Geomorfologi terhadap Banjir

Verstappen (1983) mengemukakan bahwa satuan/unit geomorfologi dapat untuk mendeliniasi satuan hidrologi suatu daerah. Adapun aspek geomorfologi yang penting dalam mendeliniasi satuan hidrologi yaitu aspek morfologi dan aspek morfogenesis. Suharjo (2006), mengatakan bahwa daerah Surakarta dan Sukoharjo terdapat empat satuan morfologi yaitu: (1) satuan dataran banjir, (2) satuan dataran fluvial Merapi dan Lawu, (3) satuan

lereng Pegunungan Plateau dan (4) satuan lereng Pegunungan Lipatan. Sedang ditinjau dari morfogenesanya, Daerah Surakarta merupakan daerah asal struktural (Pegunungan Plateau), asal struktural Pegunungan Lipatan dan asal volkan Merapi dan Lawu. Selanjutnya pada Suharjo (2007) mengemukakan bahwa terjadi evolusi lereng yang membentuk depresi Surakarta dan Sukoharjo yaitu: (1) bagian utara berkembang dari perubahan lereng atau *change of slope*, (2) bagian Selatan terbentuk patahan lereng atau *break of slope*, (3) bagian barat terbentuk segmen lereng dengan kemiringan 0-8 % miring ke arah volkan Merapi, dan (4) bagian Timur merupakan terbentuk segmen lereng dengan kemiringan 5- 15 % ke arah volkan Lawu. Elevasi terendah 79 m (berada di Kecamatan Serengan dan Pasarkliwon Surakarta) dan elevasi tertinggi 205 m diatas permukaan air laut berada di Kecamatan Tawang Sari bagian Selatan daerah penelitian. Morfologi sungai; perkembangan sungai di daerah Surakarta dan Sukoharjo melalui 3 tahapan yaitu: 1) sungai pada masa lampau dengan arah aliran menuju ke Selatan; bentuk meander sebelum diluruskan dan 3). Bentuk meander setelah diluruskan.

Bentuk meander sungai sebelum diluruskan, yaitu meander sungai yang terbentuk oleh proses alami dari tenaga air yang mengalir atau *proses fluvial*. Bentuk meander sungai setelah diluruskan yaitu bentuk alur sungai akibat rekayasa manusia. Morfologi sungai sebelum dan setelah diluruskan disajikan pada Gambar 2.1. Berdasarkan kondisi morfologi sungai; apakah banjir yang terjadi di daerah solo merupakan dampak pelurusan sungai.

Engelen, dkk (2005), tenaga air sangat sensitif terhadap kondisi lingkungan dan perubahan tersebut akan tergantung pada kondisi iklim, vegetasi penutup lahan, dan penggunaan lahan. Bentuk-bentuk sungai atau lembah dapat digunakan petunjuk tentang perubahan lingkungan 10.000 tahun yang lalu yang berhubungan dengan iklim, penggunaan lahan yang dibentuk oleh sistem fluvial. Geomorfologi fluvial dapat digunakan dasar dalam pengelolaan sungai pada masa sekarang.



Gambar 1. Morfologi Sungai Bengawan Solo Sebelum dan Sesudah dilakukan Pelurusan

Pengaruh Kondisi Geologi terhadap Banjir

Todd (1980) menyatakan bahwa ada empat perlapisan batuan yang mengakibatkan perlakuan air berbeda yaitu: 1) Akuifer, yaitu perlapisan batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa, sehingga dapat mengalirkan air dalam jumlah besar. Batuan ini terdiri dari pasir atau kerikil, batu pasir, batu gamping yang berlubang dan lava yang retak-retak; 2) Akuikud, yaitu perlapisan batuan yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat mengalirkan dalam jumlah yang berarti. Batuan ini terdiri dari lempung, tuff dan atau silt; 3) Akuifug, yaitu lapisan batuan yang tidak dapat menyimpan dan tidak mengalirkan air, contoh batuan granit; 4) Akuitar, yaitu perlapisan batuan yang mempunyai susunan sedemikian rupa sehingga dapat menyimpan air tetapi hanya dapat mengalirkan air dalam jumlah yang terbatas, contoh lempung berpasir.

Jumlah resapan air dari air permukaan berbeda-beda tergantung dari jenis akuifer yang dilaluinya sehingga potensi banjir akan tergantung juga terhadap kondisi geologi di daerah tersebut. Kondisi geologi daerah Surakarta dan Sukoharjo; Suharjo (2006) membagi empat satuan geologi yaitu: 1). Aluvium yang berasal dari gunungapi Merapi, aluvium ini terdiri dari batuan sedimen klastik yang berupa karakal, kerikil, pasir vulkan dengan tingkat resapan cukup tinggi; 2). Aluvium yang berasal dari gunung api Lawu, aluvium ini terdiri dari pasir, debu, tuff dengan tingkat resapan sedang; 3) Aluvium yang berasal dari endapan material dari pegunungan lipatan berbatuan sedimen klastik dan organik dengan tingkat resapan sedang sampai dengan rendah, dan 4) Aluvium yang berasal dari

pegunungan Selatan (Baturagung dan Topografi Karst) berbatuan gamping dan sedimen vulkanik dengan tingkat resapan rendah sampai dengan sedang.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu: (1) Peta Rupa Bumi Kabupaten Wonogiri, Sukoharjo, dan Kota Surakarta Skala 1:25000, (2) Peta Geologi lembar Yogyakarta dan Surakarta skala 1:100.000, (3) Peta Jenis Tanah, (4) Peta Penggunaan Lahan, (5) Citra Landsat ETM+ Tahun 2002, (6) Kompas Geologi, (7) Abney Level, (8) Meteran 50 m, (9) Yalon, (10) Plastik sampel tanah, (11) Bor Tanah, (12) Tas sampel tanah, (13) Palu Geologi, (14) Handicam, (15) Seperangkat alat laboratorium tanah dan hidrologi, (16), Komputer dan seperangkat analisis SIG, (17) GPS Garmin, (18) Kamera Digital, dan (19) Alat-alat tulis dan ukur (buku, busur, dan penggaris).

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan pada tahap kedua yaitu: (a) input data dan peta tahun pertama dan disesuaikan daerahnya menurut kebutuhan penelitian, (b) pengolahan data awal (meander), (c) survei lapangan awal, (d) input data hasil survei lapangan dan konversi koordinat dari GPS (geografis) ke UTM dengan SIG, (e) survei lapangan akhir (f) analisa lab dan pengolahan data lanjutan, (g) analisis peta dengan SIG, dan (h) analisis akhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Fisik Daerah Penelitian

Daerah penelitian termasuk dalam Wilayah Pengairan Sub DAS Solo Hulu Tengah. Daerah ini mencakup enam Sub Sub DAS (SSDAS), antara lain SSDAS Jlantah

Walikun Ds, Bambang, Dengkeng, Mungkung, Pepe, dan Samin. Secara astronomis, daerah penelitian ini terletak antara 110°46'11,5693" BT - 110°53'53,0814" BT dan 7°32'8,2676" LS 7°46'19,9167" LS. Luas daerah penelitian seluruhnya yaitu 369.798.628,32 m² (369,8 Km²). Lingkup daerah ini masuk dalam 2 wilayah administratif, yaitu Kabupaten Sukoharjo di bagian Selatan dan Kota Surakarta di bagian Utara.

Berdasarkan pembagian tipe iklim (Q) dari Schmidt dan Ferguson, daerah penelitian terbagi dalam 2 tipe iklim, yaitu kelompok sedang (Stasiun Pabelan/Surakarta, Klaten, dan Tawangmangu/Karanganyar) dan kelompok agak kering (Stasiun Baturetno/Wonogiri).

Berdasarkan Anna, 2006 pada tahun 2002, penggunaan lahan terbesar yaitu permukiman dan sawah dibawahnya. Penggunaan lahan permukiman sebesar 222.349.689,26 m² (222,3 Km²) dan sawah sebesar 129.668.748,73 m² (129,7 Km²). Perubahan penggunaan lahan terjadi pada tiap-tiap jenis penggunaan lahan kecuali daerah genangan. Jenis tanah alluvial dan litosol mendominasi masing-masing seluas 154.584.532,11 m² (154,6 Km²) dan 117.864.524,51 m² (117,9 Km²). Tanah alluvial berada menyusuri Sungai Bengawan Solo terutama bagian Utara. Tanah litosol tersebar merata di bagian Selatan, hal ini merupakan pengaruh dari Pegunungan Selatan. Tanah regosol berada di bagian Utara saja, sedangkan tanah mediteranian hanya sebagian kecil saja yaitu di bagian timur.

Topografi daerah penelitian merupakan daerah depresi antara Gunungapi Lawu dan Gunungapi Merapi, serta antara Pegunungan Selatan dan Pegunungan Kendeng. Bentuk lereng bagian Selatan daerah penelitian patah-patah atau *break slope*; bentuk lereng bagian Utara daerah penelitian berubah atau *change slope*; bentuk lereng bagian Timur daerah penelitian segmen miring yang bersifat terjal, sedangkan lereng bagian Barat daerah penelitian merupakan segmen miring bersifat landai (Suharjo, 2007).

Berdasarkan pada pengukuran detail, daerah penelitian terbagi atas 2 daerah topografi, yaitu datar dan berbukit. Daerah penelitian umumnya bertopografi datar (kemiringan 0-<5%) yaitu seluas 359.147.674,47 m² (359,1 Km²). Kemiringan ini tersebar hampir di seluruh bagian daerah

penelitian. Hal ini menandakan bahwa topografi di hampir seluruh daerah penelitian relatif rata. Sebagian kecil dengan kemiringan 10-<30% seluas 10.650.953,85 m² (10,6 Km²).

Kondisi geologis daerah penelitian terdiri atas material Holocene- Alluvium, Old Quaternary Volcanic Product, Tertiary Volcanic Product, Young Quaternary Volcanic Product, dan sisanya daerah genangan. Daerah penelitian didominasi material Holocene-Alluvium yang merata di hampir seluaruh daerah penelitian, yakni seluas 294.972.568,58 m² (294,97 Km²). Daerah ini tersusun atas material dari Gunung Merapi dan Lawu. Hal ini disebabkan karena lokasi penelitian yang terletak diantara Gunung Merapi dan Lawu di Barat dan Timur. Sedangkan diantara Merapi dan Lawu terdapat Sungai Bengawan Solo sehingga terdapat material holocene dan alluvium yang tersusun atas material endapan sungai tersebut. Material penyusun lainnya yaitu Young Quaternary Volcanic Product tersebar di bagian Utara dengan luasan sebesar 46.405.426,72 m² (46,4 Km²), Old Quaternary Volcanic Product tersebar di bagian Utara dengan luasan sebesar 2.197.960,86 m² (2,2 Km²), Tertiary Volcanic Product tersebar di bagian Selatan dengan luasan sebesar 23.280.982,18 m² (23,3 Km²), dan daerah genangan di bagian Selatan dengan luas sebesar 2.941.690,98 m² (2,9 Km²).

Daerah penelitian terbagi atas 4 bentuklahan, yakni Bentuklahan Dataran Banjir Bengawan Solo (287.778.905,95 m²), Dataran Fluvial Kaki Merapi (45.098.257,13 m²), Dataran Fluvial Kendeng Selatan (11.457.535,73 m²), dan Struktural Baturagung (25.463.929,51 m²).

Morfologi dan Morfostruktur Sungai Bengawan Solo Masa Sekarang

Penampang sungai yakni dasar sungai merupakan hasil morfologi masa sekarang. Hal ini disebabkan karena adanya penumpukan atau sedimentasi material-material yang terbawa oleh aliran air sungai. Hasil analisa kemencengan data ukuran butir (2010) didapatkan angka kemencengan positif seperti yang tercantum dalam Tabel 1 dan lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2. Hal ini berarti material tersebut merupakan hasil proses fluvial bukan marin. Arah aliran menuju ke Utara yaitu ke Pantai Utara Jawa yang lebih rendah.

Tabel 1. Hasil Analisa Statistik Kemencangan (Skewness)

No	No Sampel	Skewness
1	1	+ 0.0358
2	2	+ 0.00585
3	3	+ 0.00414
4	4	+ 0.00578
5	5	+ 2.0535
6	6	+ 0.07147
7	7	+ 0.0114
8	8	+ 0.0883

Sumber: Analisa Data Ukuran Butir, 2010

Air mengalir menuju ke tempat yang lebih rendah. Demikian halnya dengan aliran air sungai. Ketinggian air sungai berdasarkan cek lapangan tahun 2010 menunjukkan arah kemiringan menuju ke Utara, seperti terlihat pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa ketinggian air Sungai Bengawan Solo mengarah ke Utara, namun pada titik tertentu terlihat adanya tempat yang menanjak atau tempat yang lebih tinggi dari sebelumnya yang seharusnya lebih rendah. Hal ini yang mengakibatkan kemiringannya menjadi naik.

Tabel 2. Ketinggian Permukaan Sungai Bengawan Solo

Titik	Ketinggian Air (mdpal)	Ketinggian Permukaan (mdpal)	Kelompok
1	118	128	Tinggi
2	118	128	Tinggi
3	118	128	Tinggi
4	118	125	Tinggi
5	117	124	Tinggi
6	109	116	Sedang
7	107	116	Sedang
8	106	116	Sedang
9	106	116	Sedang
10	105	115	Sedang
11	114	116	Tinggi
12	108	121	Sedang
13	103	108	Sedang
14	105	110	Sedang
15	103	114	Sedang
16	103	106	Sedang
17	95	102	Rendah
18	94	100	Rendah
19	96	107	Rendah
20	83	105	Rendah
21	85	108	Rendah

Sumber: Cek Lapangan, 2010

Dampak positif adanya kemiringan yang naik ini tentunya akan dapat menahan laju aliran air sungai, sehingga alirannya menjadi tidak terlalu deras. Dampak negatifnya salah satunya tentu akan mengakibatkan badan sungai menjadi melebar untuk menampung kuantitas air yang

mengalir. Adapaun kemiringan pada tiap-tiap titik Sungai Bengawan Solo dapat dilihat pada Tabel 3 dan secara spasial dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 3. Kemiringan Sungai Bengawan Solo

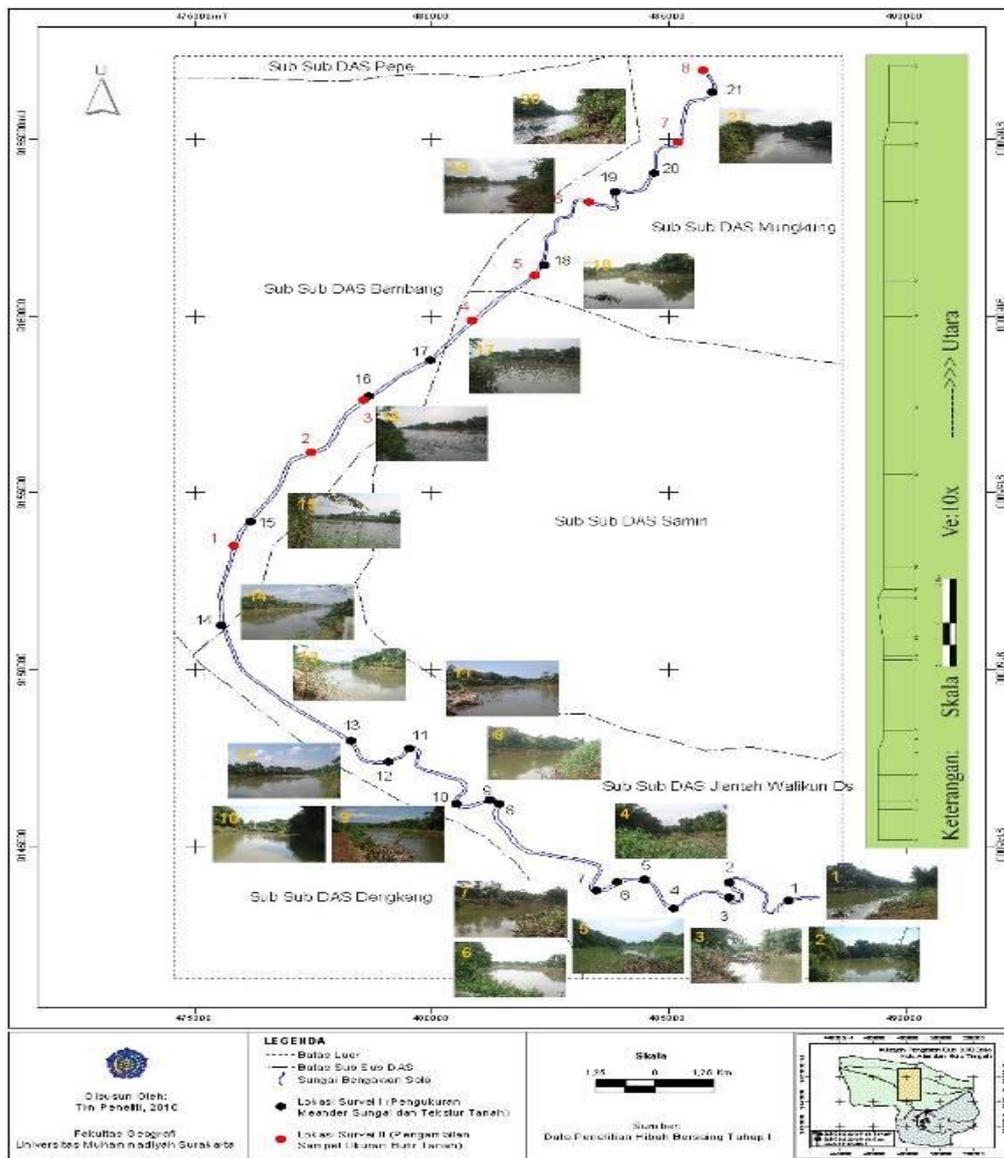
Titik	Jarak (m)	Jarak (cm)	Kemiringan	Keterangan
1 – 2	1367,8	136780	90°	Datar
2 – 3	440,7	44070	90°	Datar
3 – 4	1199,7	119970	90°	Datar
4 – 5	1029,3	102930	89,94°	Turun
5 – 6	576,9	57690	89,21°	Turun
6 – 7	503,2	50320	89,77°	Turun
7 – 8	3223,7	322370	89,98°	Turun
8 – 9	218,9	21890	90°	Datar
9 – 10	727,1	72710	89,92°	Turun
10 – 11	1858,8	185880	90,28°	Naik
11 – 12	598,2	59820	89,43°	Turun
12 – 13	1000,9	100090	89,71°	Turun
13 – 14	4263,7	426370	90,27°	Naik
14 – 15	3014,3	301430	89,96°	Turun
15 – 16	4345,4	434540	90°	Datar
16 – 17	1650,6	165060	89,72°	Turun
17 – 18	3603,9	360390	89,98°	Turun
18 – 19	2574,1	257410	90,04°	Naik
19 – 20	969,7	96970	89,23°	Turun
20 – 21	2612,1	261210	90,04°	Naik

Sumber: Cek Lapangan dan Perhitungan, 2010

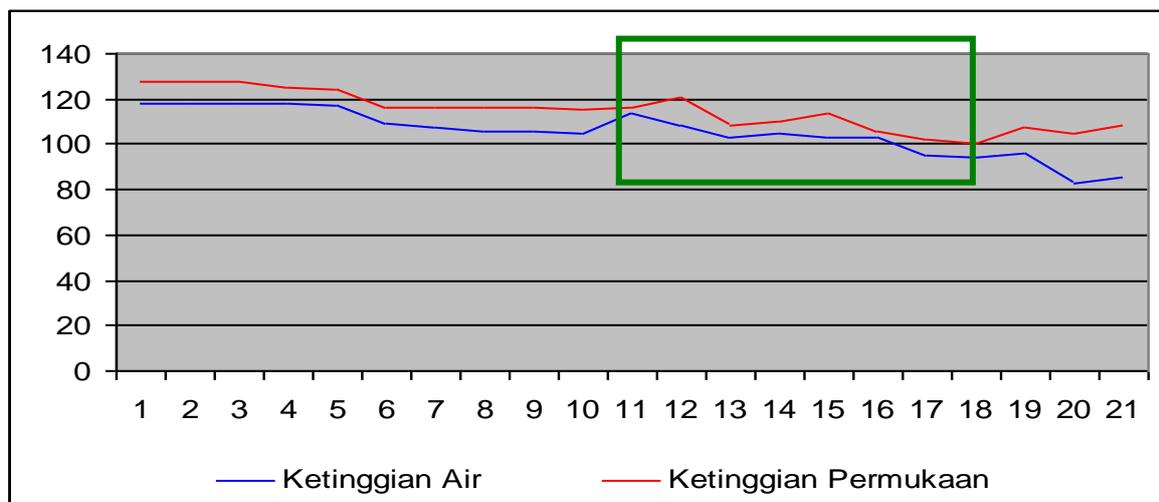
Morfostruktur Masa Sekarang

Sungai Bengawan Solo yang melintasi daerah penelitian tidak sepenuhnya merupakan sungai alami. Pada titik tertentu telah mengalami pelurusan sungai sehingga alur sungai menjadi lebih sederhana. Penyederhanaan alur sungai tersebut membawa dampak langsung, yakni arus aliran sungai menjadi lebih cepat dari sebelumnya.

Perubahan kecepatan arus Sungai Bengawan Solo menjadi perhatian tersendiri pada daerah penelitian. Daerah ini merupakan daerah depresi sehingga daerah penelitian letaknya lebih rendah dari daerah sekitarnya. Daerah ini diapit 4 titik yang lebih tinggi, yakni Baturagung di sebelah Selatan, Bayat di sebelah Barat, Kendeng di sebelah Utara, dan Lawu di sebelah Timur. Air dari keempat lokasi tersebut mengarah ke daerah ini sedangkan untuk membuang air tersebut hanya terdapat satu sungai besar yakni Sungai Bengawan Solo. Kondisi ini ditambah dengan kondisi tanggul sungai yang mengkhawatirkan dan pendangkalan. Berikut merupakan gambaran sederhana perbandingan antara ketinggian air sungai dan ketinggian tanah di permukaan (dalam mdpal).



Gambar 2. Lokasi Survei Dan Penampang Melintang



Gambar 3. Grafik Perbedaan Tinggi Air Sungai dan Permukaan Tanah

Grafik tersebut menggambarkan bahwa terjadi pendangkalan dan erosi di titik tertentu. Perhatikan titik 11 hingga 18, bila dibandingkan dengan titik 1 hingga 10 yang stabil (lihat Gambar 3). Titik 11-18 merupakan titik yang menjadi imbas dari pelurusan sungai sehingga alirannya semakin deras. Pada beberapa titik nampak sangat berdekatan jarak antara ketinggian air dan permukaan tanah, artinya ketinggian air mendekati ketinggian permukaan. Kondisi ini sangat mengkhawatirkan jika terjadi hujan dengan kuantitas yang besar yang nantinya air akan naik dan meluap ke permukaan.

Selain itu, pelurusan air juga akan menggerus tanggul/tanah disekitarnya sehingga akan mengganggu kestabilan tanah/tanggul. Pada formasi tanah yang labil tentunya akan sangat membahayakan bagi kelangsungan tanggul sungai. Dalam Gambar 2 dan 3, nampak telah ada penggerusan tanggul sungai pada titik-titik meander tertentu. Pada titik 11, 13, dan 16 nampak sekali bahwa sungai tersebut sangatlah dangkal bila dibandingkan titik-titik lainnya. Titik-titik tersebut merupakan titik awal pelurusan sungai, artinya telah ada modifikasi dari manusia untuk penyederhanaan aliran. Titik-titik tersebut juga merupakan titik kelokan/meander sungai yang berarti bahwa pada titik ini terdapat tekanan lebih dari aliran air sungai.

Analisis Kemampuan Sungai Terhadap Potensi Banjir Luapan

Kondisi iklim di Indonesia seperti curah hujan dan suhu yang tinggi, khususnya Indonesia bagian barat, menyebabkan tanah-tanah di Indonesia didominasi oleh tanah marginal dan rapuh serta mudah terdegradasi. Namun degradasi lebih banyak disebabkan karena adanya pengaruh intervensi manusia dengan pengelolaan yang tidak mempertimbangkan kemampuan dan kesesuaian suatu lahan.

Degradasi tanggul sungai pada umumnya disebabkan karena 2 hal, yaitu faktor alami dan akibat faktor campur tangan manusia. Faktor alami antara lain kecepatan aliran air, sifat sedimen (terutama ukuran butirnya), kemiringan lereng, dan tingginya curah hujan. Sedangkan faktor campur tangan manusia yaitu pengelolaan lahan (tutupan lahan) dan rekayasa/penyederhanaan sungai.

Stres yang bekerja pada permukaan tanah atau dasar perairan sebanding dengan kecepatan aliran. Firmansyah (2003) menyebutkan bahwa resistensi tanah atau sedimen untuk bergerak sebanding dengan ukuran butirnya. Gaya pembangkit eksternal yang menimbulkan erosi adalah curah hujan dan aliran air pada lereng DAS. Curah hujan yang tinggi dan lereng DAS yang miring merupakan faktor utama yang membangkitkan erosi.

Daerah penelitian tergolong pada pembagian tipe iklim sedang, dengan curah hujan rata-rata >1500 mm/tahun. Hasil analisa ukuran butir (Tabel 1) menunjukkan hasil positif. Artinya dasar Sungai Bengawan Solo merupakan akibat proses fluvial. Material tanah dengan proses fluvial memang stabil bila dibandingkan proses marin, tetapi pada daerah penelitian telah dilakukan pelurusan sungai (sodetan) sehingga laju aliran air sungai menjadi tidak terkontrol.

Tingginya laju aliran air sungai sangat mempengaruhi kestabilan tanggul sungai dari degradasi. Degradasi sifat fisik tanah pada umumnya disebabkan karena memburuknya struktur tanah. Firmansyah (2003) menyebutkan bahwa kerusakan struktur tanah diawali dengan penurunan kestabilan agregat tanah sebagai akibat dari pukulan air hujan dan kekuatan limpasan permukaan (arus sungai). Tanah yang terdegradasi umumnya akan mengeras dan sewaktu terkena air hujan akan menyumbat pori tanah. Tanah yang seperti ini akan mudah retak pada waktu musim kemarau sehingga sangat rawan untuk tanggul sungai.

Faktor lain yang mempengaruhi kestabilan DAS terhadap erosi adalah tutupan lahan. Penguatan pertahanan terhadap erosi dapat pula dilakukan dengan upaya-upaya rekayasa. Kekuatan tanggul dengan jenis material penyusun berbeda tentunya akan memiliki kekuatan yang berbeda dalam menahan aliran air. Tanggul yang tersusun atas material dominasi pasir lebih rentan terhadap arus dan tekanan air sungai. Sedangkan material tanggul yang tersusun atau didominasi material liat akan lebih kuat dalam menahan air. Akan tetapi, material liat tersebut juga memiliki kelemahan, yaitu jika dalam kondisi kering akan menyusut sehingga akan menimbulkan retakan. Retakan ini sangatlah rawan jika aliran air besar dengan tekanan air yang besar yang

akhirnya akan mengakibatkan rusak atau terdegradasinya tanggul sungai.

Struktur morfologi sungai pada daerah penelitian terbagi menjadi 3 macam, yakni material penyusun asal Batur Agung (Selatan), Bayat (Barat), dan Lawu (Timur) (hasil analisa laboratorium, 2010). Berdasarkan hasil pengambilan sampel didapatkan hasil tekstur tanah yang bervariasi yakni geluh berpasir yang berasal dari Batur Agung, geluh lempungan yang berasal dari Bayat, serta lempung pasiran yang berasal dari Lawu. Hal ini menunjukkan bahwa penyusun dari sungai dalam hal ini tanggul sungai ternyata dipengaruhi oleh proses alam sekitarnya.

Bila dilihat dari material penyusunnya tanggulnya, umumnya daerah hulu lebih rentan terhadap degradasi tanggul sungai. Hal ini terkait dengan material tanggul yang lebih banyak tersusun atas pasir. Semakin ke arah hilir material penyusunnya mengarah pada material lempung yang lebih kokoh.

Ditinjau dari struktur geologinya, daerah penelitian tersusun atas material holocene-alluvium. Material alluvium yang didominasi material bertekstur pasiran akan mampu menyimpan air dalam jumlah banyak, tidak jenuh air, sehingga nilai resistivitasnya akan rendah karena mengandung air. Material alluvium yang didominasi material bertekstur lempungan akan menyimpan air dalam jumlah terbatas, dan jenuh air. Kandungan air pada material lempung akan cenderung lebih sedikit dibandingkan dengan material pasiran.

Kondisi seperti di atas menggambarkan bahwa daerah penelitian di bagian hulu sangat rentan terjadinya erosi, yaitu erosi dipercepat. Selain karena kondisi alam yang rentan erosi, tetapi juga dipengaruhi oleh kegiatan manusia yang melakukan tindakan terhadap kondisi tanah. Tindakan tersebut bersifat negatif atau telah melakukan kesalahan dalam pengelolaan tanah. Oleh karena itu manusia dalam hal ini berperan membantu terjadinya erosi secara cepat. Biasanya erosi ini menimbulkan ketidakseimbangan antara tanah yang terangkut ke daerah yang rendah dengan pembentukan tanah. Tanah yang terpindahkan jauh lebih besar jumlahnya daripada tanah yang baru terbentuk, sehingga akan membawa malapetaka yang karena memang lingkungannya telah mengalami kerusakan-kerusakan, menimbulkan kerugian

besar seperti banjir, longsor, kekeringan, ataupun turunnya produktifitas tanah.

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan analisis dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut:

1. Meander Sungai Bengawan Solo merupakan hasil proses erosi horisontal. Proses erosi horisontal hanya dominan terjadi di daerah sungai bagian hilir mendekati pantai, dengan demikian Sungai Bengawan Solo pernah mengalir ke Pantai Selatan Jawa. Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo mengalami tiga tahap hasil proses geomorfologi yaitu 1) proses marine, 2) proses paleo fluvial, dan 3) proses fluvial.
2. Morfologi masa sekarang; angka kemencengan positif yang berarti material tersebut merupakan hasil proses fluvial. Arah aliran menuju ke Utara yaitu ke Pantai Utara Jawa yang lebih rendah.
3. Morfostruktur masa sekarang; ketinggian air Sungai Bengawan Solo mengarah ke Utara, namun pada titik tertentu terlihat adanya tempat yang menanjak atau tempat yang lebih tinggi dari sebelumnya yang seharusnya lebih rendah. Hal ini yang mengakibatkan kemiringannya menjadi naik. Terjadi pendangkalan dan erosi di titik tertentu. Titik 11-18 merupakan titik yang menjadi imbas dari pelurusan sungai sehingga alirannya semakin deras. Pada beberapa titik (antara 11-18) nampak sangat berdekatan jarak antara ketinggian air dan permukaan tanah, artinya ketinggian air mendekati ketinggian permukaan. Kondisi ini sangat mengkhawatirkan jika terjadi hujan dengan kuantitas yang besar yang nantinya air akan naik dan meluap ke permukaan. Pada titik 11, 13, dan 16 nampak sekali bahwa sungai tersebut sangatlah dangkal bila dibandingkan titik-titik lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna, Alif Noor; dkk. 2006. Analisis Karakteristik Patameter Hidrologi Akibat Alih Fungsi Lahan di Daerah Sukoharjo Melalui Citra Landsat Tahun 1997 dengan Tahun 2002. *Laporan Penelitian*. Surakarta. Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Priyana, yuli., dkk.,. 2013. Model Simulasi Banjir Luapan Sungai Bengawan Solo untuk Optimalisasi Kegiatan Tanggap Darurat Bencana Banjir. Surakarta. Fakultas Geografi UMS.
- Engelen, G.B; F. Klosterman. 1996. *Hydrological System Analysis Method and Applications*. London. Kluwer Academic Publisher.
- Firmansyah. 2003. Degradasi Tanah. Publikasi Internet <http://uwityangyoyo.wordpress.com/2009/04/12/degradasi-tanah>
- Kodoatie, Robert J. dan Sugiyanto. 2002. *Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Suharjo, dkk. 2006. Analisis Proses Geomorfologi Melalui GIS untuk Pengelolaan Lahan Pertanian Daerah Kabupaten Klaten Jawa Tengah. *Laporan Penelitian*. Surakarta. Fakultas Geografi UMS.
- Suharjo. 2007. Evolusi Lereng Dan Tanah Daerah Solo Jawa Tengah. *Laporan Penelitian*. Surakarta. Fakultas Geografi UMS.
- Todd, David Keith. 1959. *Groundwater Hydrology*. New York. John Wiley and Sons.
- Verstappen, H. Th. 1983. *Applied Geomorphology. Geomorphological Surveys for Environmental Development*. New York. El Sevier.