

## KARAKTERISTIK MORFOLOGI SUNGAI TERHADAP KERENTANAN BANJIR DI ZONASI URBAN SPRAWL KECAMATAN KARTASURA, KABUPATEN SUKOHARJO

**Nabila Kinthen, Desinti Rahmani Prabumukti, Gunawan & Dahroni**

Prodi Pendidikan Geografi FKIP UMS

E-mail: [a610160060@student.ums.ac.id](mailto:a610160060@student.ums.ac.id)

### ABSTRAK

Keserasian dan keselarasan pertumbuhan penduduk dengan wilayah merupakan suatu bentuk potensial daya dukung lingkungan dan kenyamanan hunian yang sesuai dengan UU nomer 32 tahun 2009 tentang pengelolaan lingkungan hidup. Penelitian ini dilakukan pada wilayah *urban sprawl* Kecamatan Kartasura yang mengalami peningkatan lahan tertutup sebesar 4,8 % ( Dahroni, Sunarhadi, 2013). Seiring semakin meningkatnya pertumbuhan penduduk mengakibatkan kondisi lahan alamiah Kecamatan Kartasura mengalami penurunan dengan menyusutnya daerah resapan air yang menjadikan kondisi tanah yang telah jenuh air dan tertutupnya saluran air oleh padatnya bangunan, menjadikan air hujan menjadikan banjir dan juga banyak sungai maupun bantaran sungai yang mengalami perubahan fisik sungai (penyempitan, pendangkalan, erosi, dan penutupan mulut sungai). Tujuan dari penelitian yaitu untuk mendeskripsikan morfologi sungai yang ada di zonasi urban sprawl Kecamatan Kartasura. Metode penelitian dengan survai dibantu dengan sistem informasi geografis, pengideraan jauh citra satelit landsat, dan analisa dilakukan secara diskriptif. Hasil penelitian diperoleh ada 3 penggolongan zonasi *urban sprawl* yaitu peri urban primer, peri urban sekunder, dan rural peri urban. Masing- masing zonasi memiliki karakteristik yang bervariasi dan mencakup 3 variabel (aspek fisik, aspek sosial, dan aspek ekonomi) dengan bentuk bentuk morfologi sungai yang bervariasi dari kondisi pendangkalan, penyempitan, erosi maupun penutupan mulut sungai berakibat terhadap kerentanan banjir. Saran, Perlunya penataan ruang serta pengelolaan fungsi sungai yang berkelanjutan sesuai dengan peraturan perundang-undangan dan peraturan daerah yang berlaku dan sosialisasi ke masyarakat.

**Kata kunci:** *Urban Sprawl, Morfologi Sungai, Restorasi*

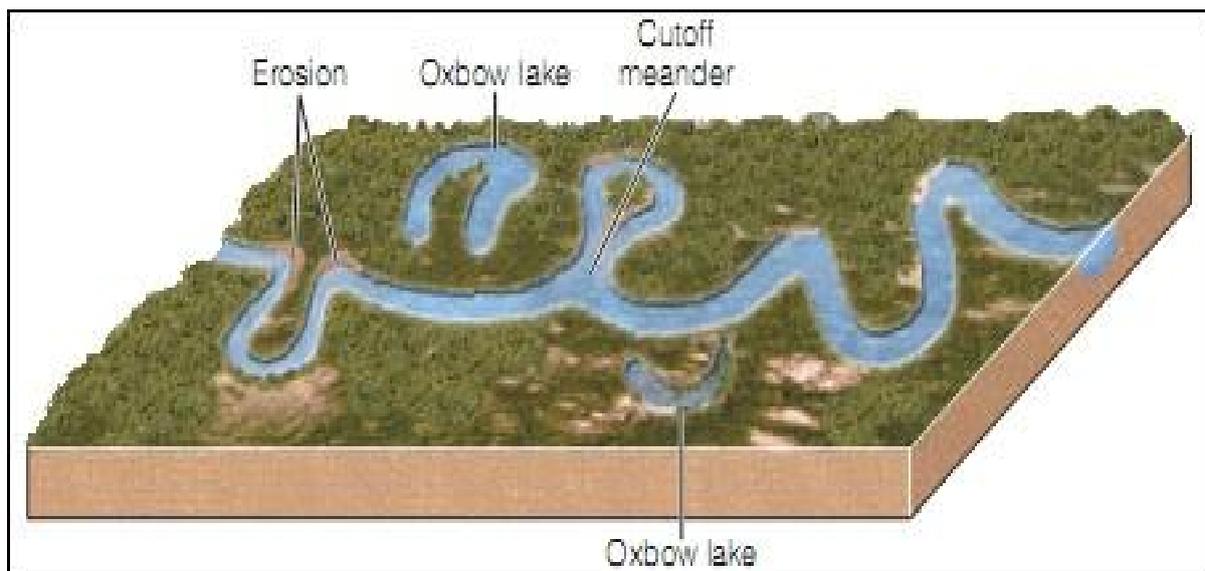
### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

kawasan pri-urban muncul menjadi zona transisi antara kota dengan desa. Dorongan perkembangan Di perkotaan yang berciri padat terbangun dan desakan keeksistensian pedesaan yang lebih bercirikan sektor pertanian menjadikan wilayah peri-urban sebagai salah satu tipe wilayah yang perlu di perhtungkan. Kecamatan Kartasura mengalami peningkatan lahan tertutup sebesar 4,8% pertahun (Dahroni,Sunarhadi,2013) akibat dari urban sprawl di kota Kartasura dengan rasio rata-rata area terbangun sebesar 19% (Dahroni,2013). Menurut data BPS pada tahun 2014 jumlah penduduk serta kepadatan penduduk untuk daerah Kecamatan Kartasura sebanyak 4.925 jiwa/km<sup>2</sup> hal itu yang menyebabkan meningkatnya pertumbuhan penduduk, bangunan, dan aktivitas masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan menunjukkan perubahan dinamika perkembangan kota yang sangat cepat yaitu perubahan lahan terbuka menjadi lahan terbangun yang berakibat banyaknya bahan yang tidak dapat tembus air sehingga memberikan dampak pada terjadinya penurunan kapasitas resapan sebanyak 2.392,756 m<sup>3</sup> (Sunardi,2013).

Semakin meningkat suatu pertumbuhan penduduk dan berkurangnya suatu penggunaan lahan alami menjadikan daerah Kecamatan Kartasura mengalami rentan terjadinya banjir, akibat kondisi lahan alamiah Kecamatan Kartasura menalami suatu penurunan yaitu menyusutnya daerah resapan air oleh padatnya penduduk, Seiring semakin meningkatnya pertumbuhan penduduk mengakibatkan kondisi lahan alamiah Kecamatan Kartasura mengalami penurunan dengan menyusutnya daerah resapan air yang menjadikan kondisi tanah yang telah jenuh air dan tertutupnya saluran air oleh padatnya bangunan, menjadikan air hujan menjadikan banjir dan juga banyak sungai maupun bantaran sungai yang mengalami perubahan fisik sungai (penyempitan, pendangkalan, erosi, dan penutupan mulut sungai).

Sungai adalah jalan air alami yang merupakan tipe umum dari suatu saluran terbuka namun bentuk penampangnya tidak teratur Sungai secara umum memiliki suatu karakteristik sifat yaitu terjadinya perubahan morfologi pada bentuk tampang aliran. Morfologi sungai merupakan hal yang meyangkut kondisi fisik sungai tentang geometri, jenis, sifat, dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam dimensi ruang waktu. Morfologi sungai dapat Di pengaruhi oleh berbagai faktor di antaranya kondisi aliran, proses angkutan sedimen, kondisi lingkungan, serta aktivitas manusia disekitarnya.



**Gambar 1.** *Morfologi Sungai*  
Sumber : *geosetia.blogspot*

Alur sungai terbentuk secara alamiah oleh karena adanya pengikisan dalam rangka pengaliran air permukaan seperti air hujan dan mata air (Oehadijono,1993). Maka dari itu sungai juga memiliki suatu tipe-tipe sungai ada 9 tipe sungai yaitu Tipe sungai Aa+, tipe sungai kecil A, tipe sungai kecil B, tipe sungai kecil C, tipe sungai D, tipe sungai DA, tipe sungai E, tipe sungai F, dan tipe sungai G. Dengan bentuk bentuk morfologi sungai yang bervariasi dari kondisi pendangkalan, penyempitan, erosi maupun penutupan mulut sungai berakibat terhadap kerentanan banjir.

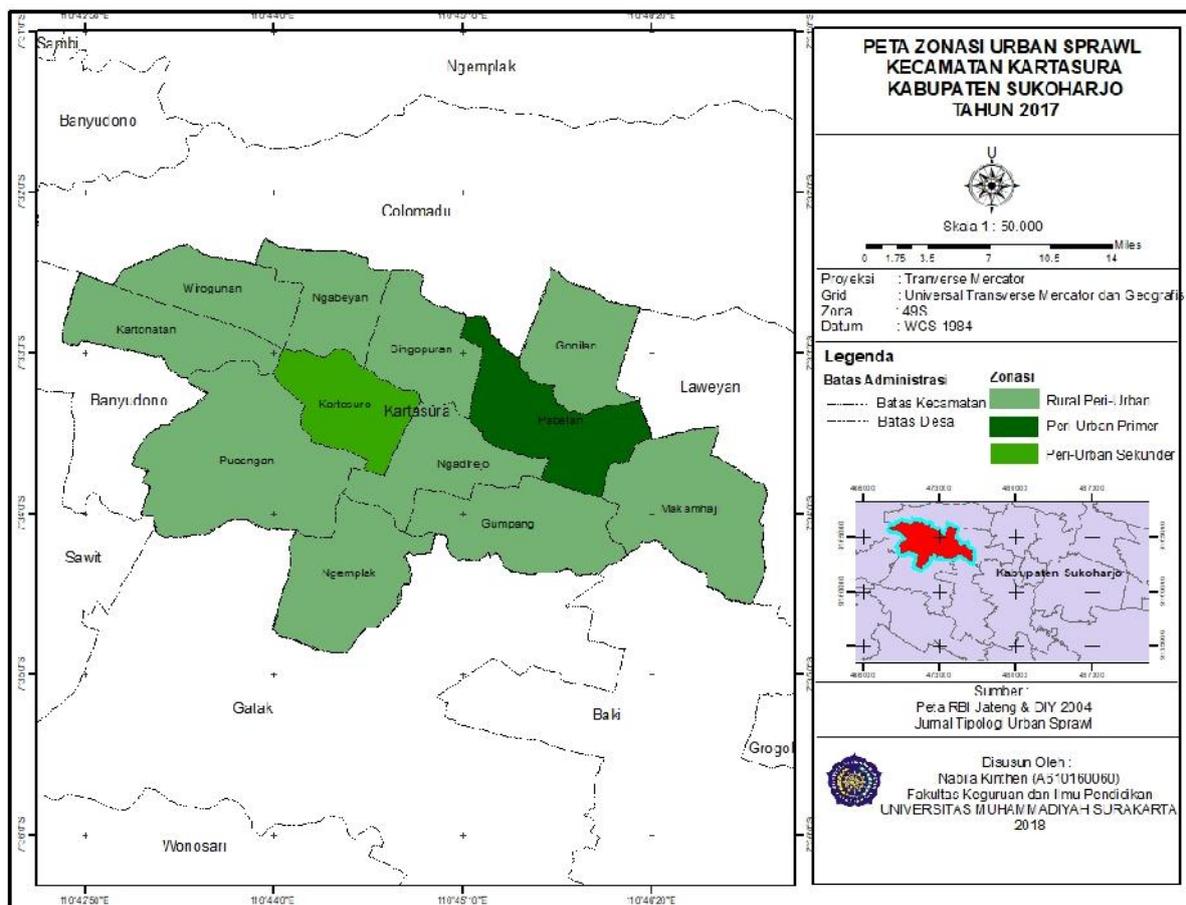
Tipologi merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk pengambilan suatu kebijakan pada kegiatan perencanaan, sedangkan urban sprawl adalah perembetan

pembangunan dipinggiran kota sebagai akibat dari ekspansi yang tidak terkendali. Ada 3 jenis zonasi urban sprawl dalam membandingkan kriteria atau klasifikasi sungai pada zonasi-zonasi urban sprawl yaitu karakteristik Peri-Urban Primer, Peri-Urban Sekunder, dan Rural Peri-Urban. Dari ketiga karakteristik tersebut memiliki 3 variabel yaitu aspek-aspek yang berbeda aspek fisik, aspek sosial, dan aspek ekonomi. Aspek fisik adalah aspek geografis yang menjadi segala fenomena geosfer yang mempengaruhi keberlangsungan hidup manusia pada aspek fisik yang bersangkutan pada suatu zonasi urban sprawl berkaitan dengan penggunaan lahan, sarana kesehatan dan sarana pendidikan. Aspek sosial secara umum adalah aspek geografi yang membahas fenomena yang masih berhubungan dengan kegiatan manusia, aspek sosial yang berkaitan dengan suatu zonasi yaitu mengenai kepadatan penduduk, tingkat kelahiran penduduk, tingkat kematian penduduk, rasio beban tanggungan, kualitas SDM, dan heterogenitas. Aspek ekonomi adalah aspek sosial yang berkaitan dengan hal-hal ekonomis. Secara umum aspek ekonomi membahas proposi keluarga pra sejahtera dengan sejahtera, proposi mata pencarian bidang non-pertanian, dan proposi mata pencarian bidang pertanian. Mengenai transformasi aspek fisik, sosial dan ekonomi kecamatan Kartasura sebagai wilayah Pri-urban dari Kota Surakarta bisa dijelaskan bahwa terkait transformasi aspek fisik terjadi perubahan fungsi lahan pertanian dan lahan aliran sungai ke lahan terbangun yang cukup besar. Dengan melihat transformasi fisik, sosial, ekonomi, yang terjadi dibandingkan dengan penelitian dari beberapa tokoh seperti Singh, Desrainy, et al, Hadi Sabari Yunus menilai dengan melihat tiga aspek tersebut oleh karena itu penelitian ini disusun untuk menjawab pertanyaan pertama tentang bagaimana kerentanan Banjir di daerah Kartasura, kedua bagaimanakan tipologi urban sprawl terhadap kerentanan banjir, dan ketiga bagaimana karakteristik morfologi sungai pada tiap-tiap zonasi urban sprawl di Kecamatan Kartasura?

## **METODE**

Pada penelitian proses klasifikasi ini memerlukan Metode penelitian dengan survei dibantu dengan sistem informasi geografis, penginderaan jauh citra satelit landsat, dan analisa dilakukan secara deskriptif. Untuk klasifikasi zona menyesuaikan dengan Singh (2011) yang terdiri dari: Peri-Urban Primer, Peri-Urban sekunder, dan Rural Pri-Urban. Terkait dengan metode penelitian yang di pakai saat proses klasifikasi dan analisis penelitian ini menerapkan survey langsung ke zonasi-zonasi aliran sungai yang berada di daerah urban sprawl di Kecamatan Kartasura, dan menerapkan analisis deskriptif kuantitatif dengan dibantu SIG yang berfungsi dalam proses mapping data untuk untuk klasifikasi atas tiap variabel yang akan dipakai, Selain itu proses dalam pengambilan suatu zonasi penggunaan lahan serta bentuk morfologi sungai dilakukan dengan menggunakan aplikasi google earth pro kemudian dibantu dengan survey lapangan Sedangkan untuk analisis akhir guna untuk mengetahui hasil klasifikasi maka akan dilakukan dengan menggunakan overlay.

## HASIL

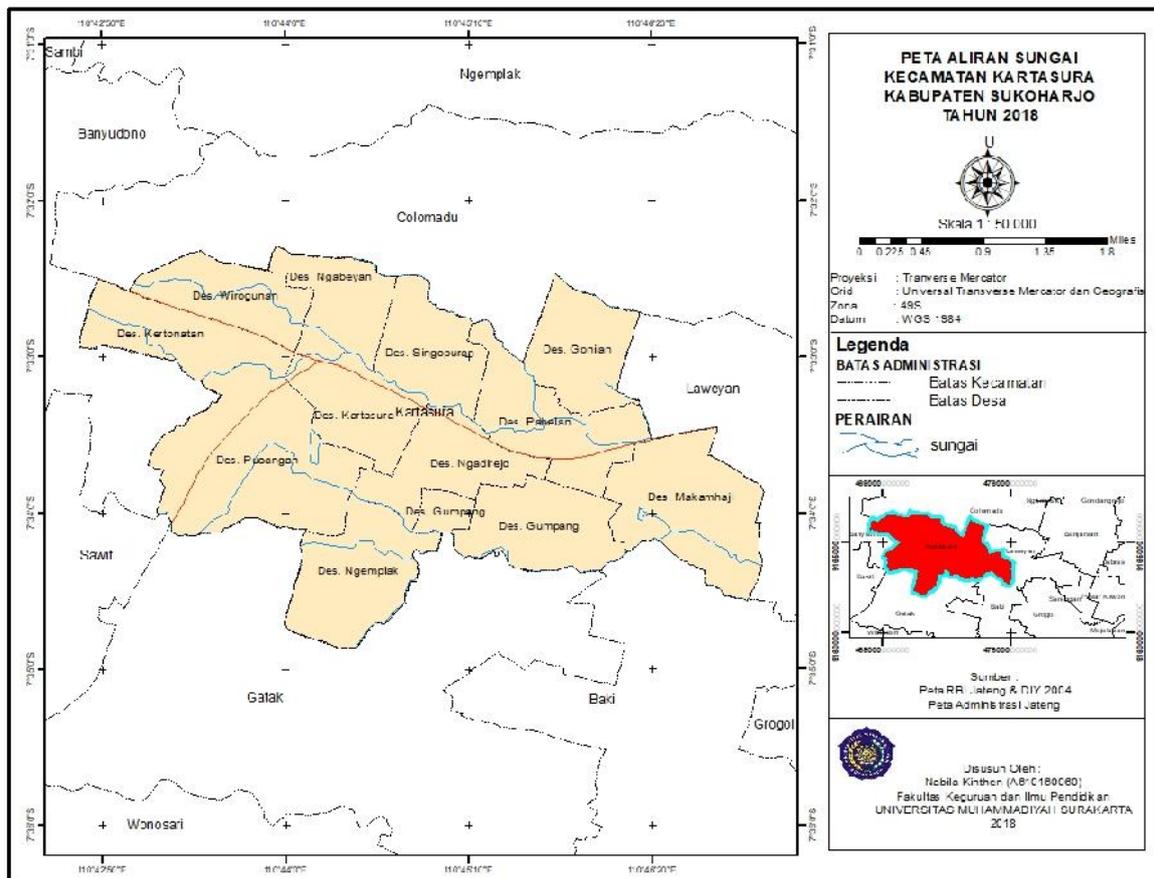


**Gambar 2.** Peta klasifikasi 3 zonasi urban sprawl

1. Seperti yang dijelaskan bahwa untuk proses pengklasifikasi zonasi urban sprawl Kecamatan Kartasura akan dilihat dari tiga aspek yang berbeba yaitu aspek fisik, aspek sosial, dan aspek ekonomi. Untuk variabel penggunaan lahan memiliki hasil 10 desa termaksud kedalam rural peri-urban, 1 desa termaksud kedalam peri-urban primer dan 1 desa termaksud kedalam peri-urban sekunder.
2. bentuk-bentuk morfologi sungai, semakin meningkatnya penduduk di suatu wilayah maka akan berpengaruh terhadap pembangunan pada suatu daerah tersebut. Kecamatan Kartasura mengalami suatu perubahan bentuk morfologi sungai yang di akibatkan oleh peledakan suatu penduduk banyak sungai yang mulai mengalami pendangkalan mulut sungai hingga penutupan aliran sungai,hal itu yang akan menyebabkan daerah Kartasura mengalami kerentanan Bencana Banjir.



ketersediaan fasilitas kesehatan. Dengan demikian, mengidentifikasi bahwa pada kecamatan Kartasura terjadi ketidak merataan fasilitas kesehatan yang berakibat pada rendahnya CBR dan tingginya CDR pada desa atau kelurahan di Kecamtan Kartasura. Dimana masing-masing zonasi memiliki karakteristik yang bervariasi dan mencakup 3 variabel yaitu aspek fisik, aspek sosial, dan aspek ekonomi.

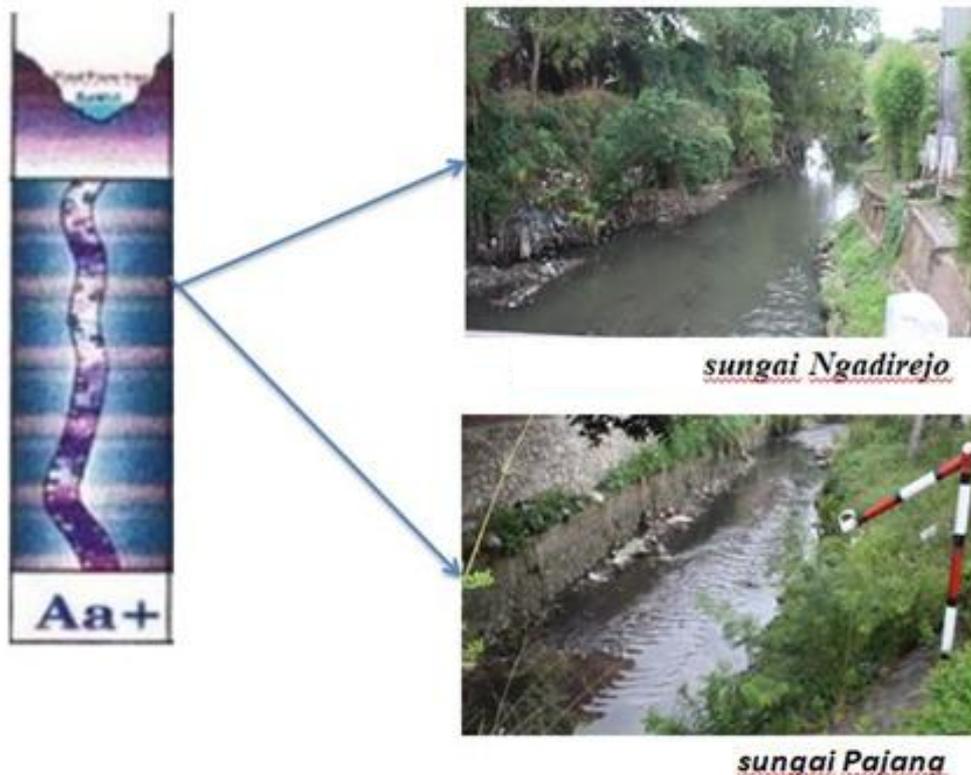


**Gambar 4.** Peta aliran sungai Kecamatan Kartasura

Sungai adalah jalan air alami yang merupakan tipe umum dari suatu saluran terbuka namun bentuk penampangnya tidak teratur. Sungai secara umum memiliki suatu karakteristik sifat yaitu terjadinya perubahan morfologi pada bentuk tampang aliran. Morfologi sungai merupakan hal yang meyangkut kondisi fisik sungai tentang geometri, jenis, sifat, dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam dimensi ruang waktu. Morfologi sungai dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor di antaranya kondisi aliran, proses angkutan sedimen, kondisi lingkungan, serta aktivitas manusia disekitarnya. Dengan bentuk morfologi sungai yang bervariasi dari kondisi pendangkalan, penyempitan, erosi maupun penutupan mulut sungai berakibat terhadap kerentanan banjir. Kondisi morfologi sungai tersebut berdampak pada sungai-sungai yang berada di Kecamatan Kartasura, sungai-sungai daerah Kecamatan Kartasura pada tahun 2017 sebagian sudah mengalami bentuk morfologi yang berubah dimulai dari pendangkalan sungai, penyempitan sungai yang diakibatkan oleh bangunan-bangunan yang berada pada pinggir aliran sungai sampai penutupan mulut sungai hal tersebut dipicu oleh urbanisasi di daerah perkotaan. Dengan berjalannya waktu jumlah penduduk wilayah Kecamatan Kartasura selalu mengalami peningkatan. Menurut

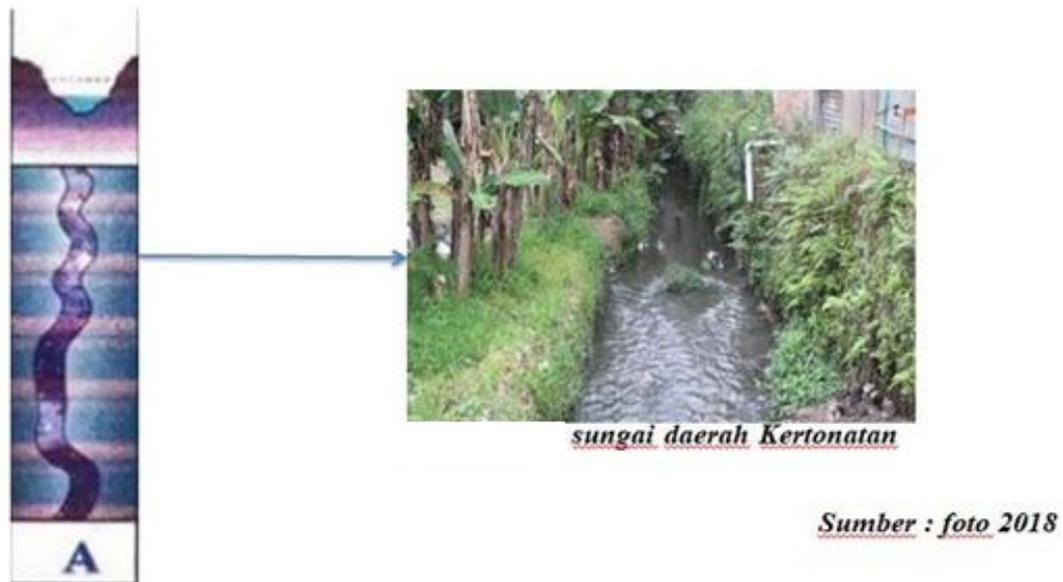
data BPS pada tahun 2014 jumlah penduduk serta Kepadatan Penduduk untuk daerah Kecamatan Kartasura sebanyak 4.925 jiwa/km<sup>2</sup> kemudian pada tahun 2017 menurut data BPS jumlah penduduk Kecamatan Kartasura tercatat 126.915 jiwa/km<sup>2</sup> desa makam haji jumlah penduduk terbanyak yaitu 10.015 jiwa dan yang terendah yaitu desa Ngemplak sebanyak 2.752 jiwa/km<sup>2</sup> pertumbuhan penduduk itu yang menyebabkan meningkatnya, bangunan dan aktivitas masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan menunjukkan perubahan dinamika perkembangan kota yang sangat semakin cepat yaitu perubahan lahan terbuka menjadi lahan terbangun yang berakibat banyaknya bahan yang tidak dapat tembus air sehingga memberikan dampak pada terjadinya penurunan kapasitas resapan sebanyak 2.392,756 m<sup>3</sup>. (sunardi, 2013). Hal ini juga akan berpengaruh terhadap suatu bencana, pada daerah Kecamatan Kartasura sangat rentan terhadap suatu kerentanan Banjir.

Dilihat dari 12 desa yang berada di kecamatan Kartasura terdiri dari desa ngemplak, gumpang, makam haji, pabelan, ngadirejo, kartasura, puncangan, kertonatan, wirogunan, ngabeyan, dan singopran yang mempunyai aliran sungai yang sama yaitu sungai gembongan. Sungai ngembongan sudah mengalami perubahan morfologi sungai yang begitu besar, pada tiap-tiap daerah sudah mulai mengalami pendangkalan, penutupan mulut sungai hingga penyempitan sungai dapat ditunjukkan hasil perubahan morfologi sungainya.



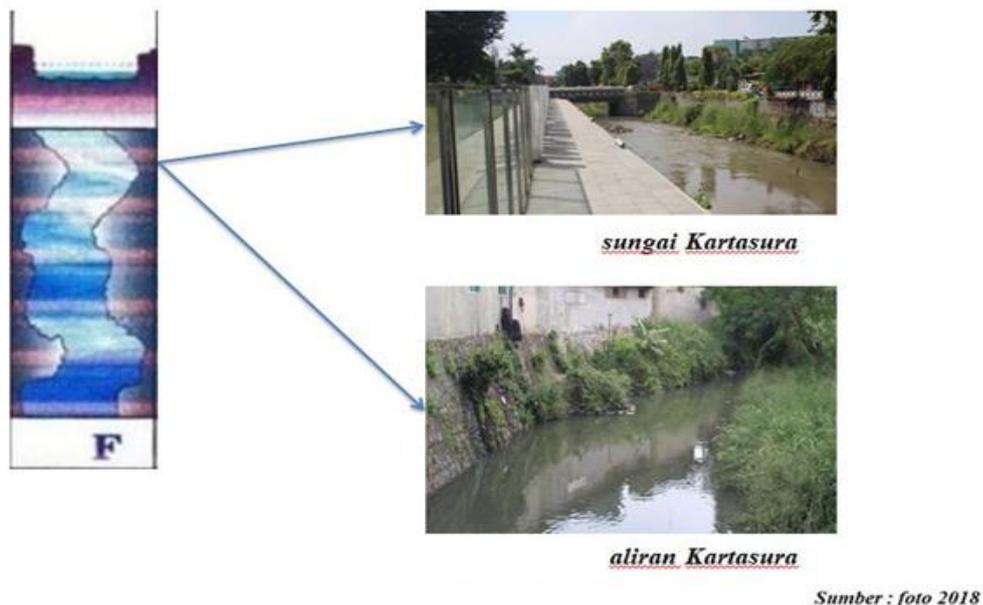
**Gambar 5.** Morfologi Aa+

Dapat dilihat dari gambar 5 yaitu mengenai gambaran morfologi tipe Aa+ sungai ini memiliki kemiringan rasio lebar atau kedalaman yang rendah dan sepenuhnya dibatasi oleh saluran kecil. Sungai ini terdapat pada daerah Ngadirejo hingga aliran sungai daerah Pajang sungai daerah Ngadirejo sudah mengalami pengikisan lebar sungai yang sudah menyempit dikarenakan juga banyak masyarakat sanah yang membangun lahan pertokoan atau rumah-rumah warga.



**Gambar 6.** *Morfologi A*

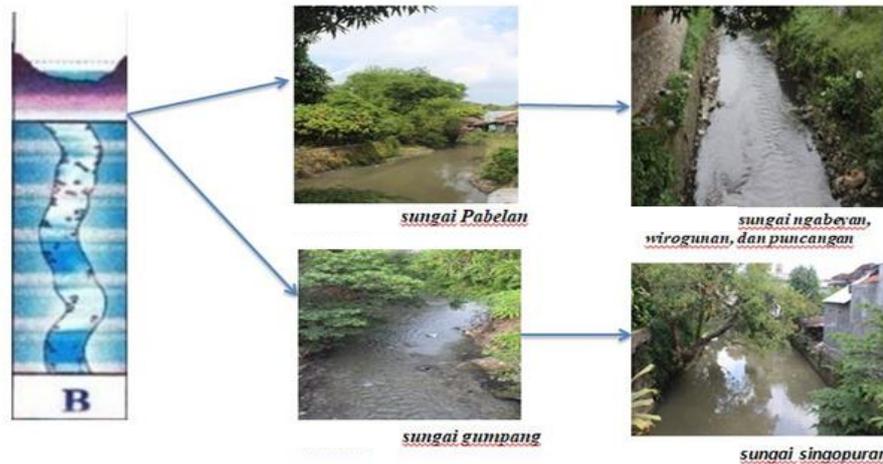
Dapat dilihat dari Gambar 6 yaitu mengenai gambaran morfologi tipe A yaitu tipe sungai kecil hampir sama dengan dengan sungai tipe Aa+ yang telah dijadikan sebelumnya, yang membedakan adalah kemiringan lereng ssaluran mencapai 4% sampai 10% dan arus sungai umumnya merupakan cekungan dengan air kantung. Aliran sungai pada daerah Kertonantant memiliki aliran air sangat kecil dan sungai tersebut sudah terjadi pendangkalan sehingga antara jalan dengan sungai memiliki tinggi yang hampir sama jika terjadi hujan yang lebat kemungkinan besar air akan meluap ke jalan hingga mengalami banjir



**Gambar 7.** *Morfologi F*

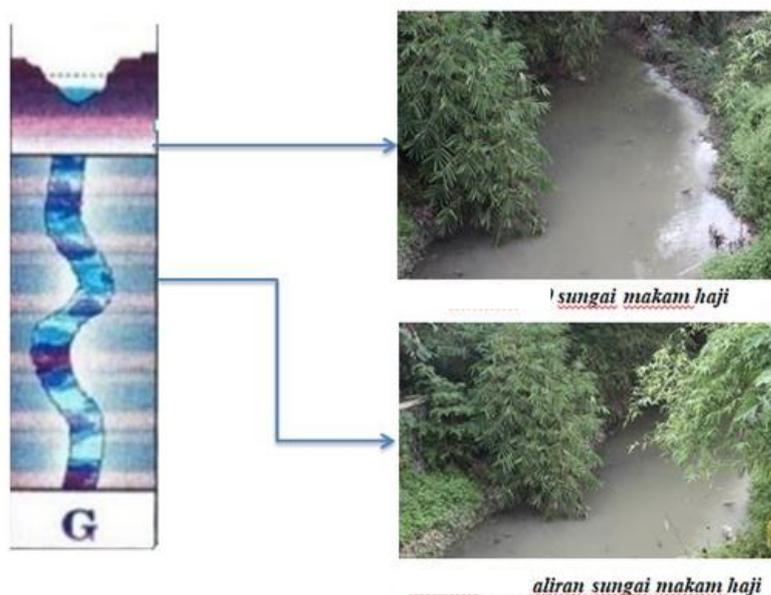
Dilihat dari Gambar 7 tipe sungai F adalah saluran berkelok, berampit klasik, mempunyai eleven yang relative rendah yang besisi batuan yang sangat lapuk atau sudah terkena erosi.

Sungai yang berada di Kartasura termasuk kedalam bentuk Morfologi tipe F pada aliran sungai yang berada di daerah Universitas Muhammadiyah Surakarta memiliki saluran yang cukup lebar namun berkelok pada sebagian aliran sungai sudah ada yang mengalami penyempitan walaupun pada daerah aliran sungai pinggir jalan raya masih memiliki ukuran diameter sungai yang cukup lebar sehingga pada aliran sungai ini belum mengalami banyak perubahan bentuk morfologi.



Gambar 8. Morfologi B

Dilihat dari Gambar 9 morfologi tipe B umumnya sungai tipe kecil terdapat pada tanah dengan kemiringan yang curam dan sedikit miring. Dengan bentuk lahan utama sebagai kolom belerang yang sempit banyak sungai tipe B adalah hasil dari zonasi structural menjadi lemah yang sempit yang membatasi pengembangan dataran banjir. Daerah Pabelan, Ngabeyan, Wirogunan, Puncangan, gumpang dan Singopuran termasuk kedalam morfologi tipe B. bentuk morfologi aliran sungai tersebut cukup besar namun masih kurang dalam pembatasan antara pinggiran sungai dengan lahan terbangun



Gambar 10. Morfologi G

Dilihat dari Gambar 10 morfologi G merupakan saluran berapit, dan sempit dengan kedalaman rendah. Pada liran sungai daerah Makam haji termasuk kedalam golongan morfologi G, sungai-sungai daerah sanah lebih banyak yang mengalami penyempitan saluran alir dikarenakan daerah Makam Haji sudah banyak di bangun rumah-rumah penduduk sehingga berpengaruh besar juga terhadap sungai. Makam haji adalah daerah yang memiliki jumlah penduduk paling banyak sehingga daerah Makam Haji kurang dalam aliran sungainya dan akan berpotensi lebih sering mengalami Banjir.

Maka dapat dilihat dari hasil survey mengenai morfologi sungai di Kecamatan Kartasura ada 5 jenis bentuk morfologi yaitu bentuk morfologi Aa+, A, B, F, G, dan sebagian besar bentuk Morfologi lebih dominan berbentuk B. semakin berkembangnya penduduk di Kecamatan Kartasura maka akan berpengaruh juga terhadap bentuk aliran Morfologi sungai, banyak sungai-sungai yang sudah mengalami perubahan bentuk hingga pendangkalan sungai maka dapat dikatakan daerah Kartasura sangat rentan terhadap Bencana Banjir, contoh kasus pada daerah Pabelan hingga Kartasura ketika terjadi hujan lebat maka daerah tersebut sangat sering terjadi banjir yang dikarenakan tidak ada jalur atau jalan air yang mengalir ke sungai banyak saluran air yang sudah tertutup oleh bangunan. Semakin berkembangnya suatu wilayah maka akan dibutuhkan suatu peraturan daerah mengenai rencana tata guna ruang wilayah guna untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, mewujudkan dinamisasi dan keterpaduan pembangunan antar daerah serta untuk memberikan perlindungan kepada kawasan sekitar maupun bawahannya sebagai pengatur tata air pencegah bencana. Menurut peraturan daerah tentang rencana tata ruang wilayah kabupaten Sukoharjo tahun 2011-2031 Bab 1 ketentuan umum pasal 1 ayat 28 maka dapat dikatakan daerah aliran sungai yang selanjutnya disingkat DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan suatu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau kelaut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Yang memiliki tujuan agar anak-anak sungai mampu mengalirkan air secara alami dan sesuai dengan bentuk morfologinya tanpa adanya suatu hambatan air yang dapat menyebabkan suatu bencana. Selain sarana rekomendasi terinci mengenai tata ruang seperti larangan atau pembatasan aktivitas penduduk pada segmen tertentu maka ada suatu aspek pengelolaan terhadap sungai yakni ada 3 aspek yaitu aspek pemanfaatan, aspek pelestarian dan aspek perlindungan. Pada aspek pemanfaatan bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan dengan yang tersedia. Aspek pelestarian agar pemanfaatan tersebut bisa berkelanjutan pada aspek pegendalian karena disadari bahwa selain memberi manfaat badan air (sungai, salura dan sebagiannya) juga memberikan pengaruh besar bagi suatu wilayah. Selain itu juga harus mempunyai suatu strategi dalam pengelolaan yang diarahkan untuk dapat melestarikan suatu kondisi sungai pada suatu wilayah hingga menunjang daya dukung lingkungannya.

## **KESIMPULAN**

transformasi fisik, sosial dan ekonomi yang terjadi pada Kartasura akibat perkembangan suatu penduduk, Kecamatan Kartasura ternyata memberikan klasifikasi yang berbeda jika hanya melihat satu aspek saja. Di sisi lain, pengklasifikasian yang dilakukan ternyata mampu menjelaskan jangkauan pengaruh aktivitas kota dari Kecamatan Kartasura dimana pengaruh yang ada hanya sampai batas zona peri-urban sekunder. Hal ini

membuktikan bahwa transformasi fisik, sosial dan ekonomi di Kartasura tidak hanya dipengaruhi oleh pengaruh urbanisasinya saja tetapi juga terpengaruh oleh akseibilitas. Semakin berkembangnya kota Kartasura juga ternyata berpengaruh terhadap bentuk morfologi aliran sungai yang berada di Kecamatan Kartasura yang semakin hari semakin mengalami penurunan dan akan menyebabkan suatu Bencana pada daerah tersebut sehingga akan mengganggu suatu aktivitas penduduk. Maka dari itu peran pemerintah suatu kota sangat berpengaruh khususnya pada wilayah kabupaten Sukoharjo yang harus menerapkan suatu perencanaan mengenai rencana tata ruang wilayah yang sesuai dengan peraturan undang-undang yang berlaku.

### **PENGHARGAAN**

Terimakasih kepada Tim Pelaksana Seminar Nasional Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta (SNGUMS2018), kepada Bapak Drs. Dahroni M.Si selaku Dosen Pembimbing penelitian ini, dan terakhir saya ucapkan terimakasih kepada RISTEKDIKTI yang sudah memberikan pendanaan untuk melaksanakan penelitian ini hingga proses publikasi.

### **REFERENSI**

- Ardy Maulida Navastara, Muhd. Zia Mahriyar, Cihe Aprilia Bintang, 2010. Konsep Compact City Sebagai Salah Satu Konsep Inovatif Perencanaan Tata Ruang Dalam menyelesaikan Permasalahan pembangunan di Kota Surabaya. Semnas Perencanaan Wilayah dan Kota ITS, Inovatif Surabaya. 24 November 2010. ITS.
- Dahroni, 2013. Rasio Keberadaan Lahan Terbangun di Kecamatan Kartasura Keterkaitannya dengan Pemekaran Kota Surakarta Menggunakan Citra QuickBird, Seminar Nasional Pendayaan Informasi Geospasial untuk optimalisasi Otonomi Daerah tahun 2013. Fakultas Geografi UMS.
- Daryono. 2013. Air Sempit Setinggi 1,5 Meter, Banjir di Pabelan dan Sekitar UMS Kini Surut. *Tribun Solo*. 5 Oktober 2016
- Feng, Q., Liu, J., & Gong, J. (2014). Urban Flood Mapping Based on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing and Random Forest Classifier—A Case of Yuyao, China. *Water*, 1437 - 1455.
- Lo, C.,P. 1996. Penginderaan Jauh Terapan . Terjemahan Bambang Purbowaseso. Judul Asli : Applied Remote Sensing. Jakarta. UI
- Morgan, R.P.C. (1995) Soil erosion and conservation. Second edition, Longman
- Sunarhadi, M.A. (2013). Dampak Perkembangan Perkotaan Terhadap Peresapan Air Dalam Tanah Di Kecamatan Kartasura Kabupatensukoharjo. LPPM UMS. Surakarta.
- Sutanto. 1986. Penginderaan Jauh Jilid 1. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- United States Departement of Agriculture. 1986. Urban Hidrology for Small Watersheds TR-55. USDA. United States.
- Bhatta, B. et al. 2010. " Urban Sprawl Measurement From Remote Sensing Data". *Applied Geography*. Vol 30, pp 731-740.