

BAB II.

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Sunarko dkk. (2011) melakukan penelitian dan pemodelan untuk mengkaji kemungkinan banjir sungai Balong di Jepara terhadap daerah tapak PLTN Ujung Lemahabang. Data spasial dasar yang digunakan adalah peta TIN (*Triangulated Irregular Network*) yang diperoleh dari peta rupabumi Bakosurtanal skala 1:50.000 dengan masukan data debit limpasan berdasarkan hujan kala ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun. Simulasi banjir yang dilakukan pada penelitian tersebut menggunakan program HEC-RAS 4.0, sedangkan pemodelan genangan hasil genangan banjir menggunakan program ArcView 3.3 dengan bantuan ekstensi HEC-GeoRAS 3.1.

Sari dkk. (2013) melakukan pemodelan area luapan Kali Babon di Kota Semarang akibat kenaikan debit air di kali Penggaron. Pemodelan geometri pada penelitian tersebut menggunakan program ArcGIS dan ekstensi HEC-GeoRAS dengan data dasar berupa TIN yang dibentuk dari peta kontur Kota Semarang skala 1:25.000 dan peta morfologi skala 1:25.000. Pemodelan hidraulika menggunakan program HEC-RAS dengan *input* debit banjir rancangan kala ulang 5, 10, dan 25 tahun yang dianalisis menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder dan data pasang surut pada periode 27-29 Juni 2013. Nilai kekasaran saluran yang digunakan pada penelitian tersebut diperoleh berdasarkan hasil survei lapangan dan dianggap sama sepanjang sungai, yaitu diasumsikan berupa tanah yang berumput pendek dan sedikit pengganggu.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Cahyono dkk. (2015) berhasil membuat pemodelan untuk menyusun peta bahaya banjir dan peta tingkat risiko bahaya banjir akibat luapan sungai Bengawan Solo di Kota Surakarta. Pada penelitian tersebut digunakan data spasial DEM (*Data Elevation Model*). Pembuatan data DEM berdasarkan garis kontur peta topografi skala 1:10.000 yang dibuat oleh Dinas Pekerjaan Umum Kotamadya Surakarta pada tahun 1991,

dengan interval kontur 2 meter dan ditambahkan dengan data titik tinggi. Nilai debit yang digunakan pada pemodelan yang dilakukan adalah data debit maksimum banjir yang terjadi dari tahun 1966 – 2009, lalu kemudian dilakukan analisis hidrograf dan diperoleh debit rancangan kala ulang. Pada penelitian tersebut analisis geometri dan genangan banjir dilakukan menggunakan program ArcView dengan bantuan ekstensi HEC-GeoRAS, sedangkan pemodelan hidraulika menggunakan program HEC-RAS.

Pemodelan genangan banjir berbasis SIG tentu memerlukan data dasar yang detail, dalam hal ini adalah DEM. Indarto dan Prasetyo (2014) melakukan penelitian untuk membuat DEM dengan ketelitian spasial 10 m. Pembuatan DEM pada Sub-DAS Rawatamtu dilakukan dengan interpolasi ulang data ketinggian mencakup titik-titik ketinggian dari peta RBI, titik tinggi dari survei GPS, data kontur dari peta DEM SRTM dan Aster GDEM2, dan layer jaringan sungai. DEM hasil penelitian dapat menggambarkan karakteristik topografi DAS dengan lebih detail dibanding DEM SRTM dan Aster GDEM2.

Laksono (2011) melakukan pemodelan terkait bahaya banjir pasca erupsi Gunung Merapi pada Kali Code di Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengolahan data spasial dilakukan menggunakan program ArcMap 9.3 dengan bantuan *tool* HEC-GeoRAS dengan data dasar berupa TIN. Analisis hidraulika menggunakan program HEC-RAS 4.0 dengan data debit kala ulang 5, 25, dan 100 tahun. Hasil analisis banjir lalu divisualisasikan secara tiga dimensi menggunakan program ArcGlobe 10.

2.1.2. Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan pada Sub-DAS Winongo yang merupakan bagian dari DAS Serayu-Opak yang terletak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Data spasial dasar yang digunakan adalah DEM dengan ketelitian spasial 10 m (ukuran *pixel* 10 m x 10 m) yang kemudian diubah ke bentuk TIN untuk *post-processing*. Data DEM dibentuk dari hasil interpolasi titik tinggi survei GPS yang didapat dari BAPPEDA DIY, data kontur peta RBI, dan titik tinggi hasil digitasi peta morfologi Kali Winongo. Data debit yang digunakan adalah debit permanen dengan kala ulang 2, 5, dan 25 tahun. Analisis geometri sungai dan pemodelan genangan banjir dilakukan menggunakan program ArcMap 10.6.1 dengan bantuan

ekstensi HEC-GeoRAS, sedangkan pemodelan hidraulika menggunakan program HEC-RAS 4.1.0. Hasil akhir ditampilkan dalam visualisasi tiga dimensi menggunakan program ArcGIS Pro.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Sungai

Sungai merupakan air yang mengalir dari sumbernya di daratan menuju dan bermuaran di laut, danau atau sungai yang lebih besar (Pangestu dan Hakki, 2013). Aliran sungai merupakan aliran yang bersumber dari limpasan yang berasal dari hujan, gletser, maupun berdasarkan air tanah. Berdasarkan Permen PUPR No. 28/PRT/M/2015, sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Sungai merupakan salah satu sumber air untuk kehidupan dan keperluan makhluk hidup.

Pada dasarnya sungai berfungsi sebagai tempat mengalirnya air sehingga tidak boleh ada hambatan pada sungai tersebut yang dapat menyebabkan aliran air menjadi tidak lancar sehingga terjadi banjir. Selain akibat hambatan pada sungai, keadaan dataran banjir (*floodplain*) yang tidak sesuai dengan peruntukannya juga mengakibatkan terjadinya banjir. Sungai juga berfungsi sebagai sarana alat transportasi, sumber bahan baku tenaga listrik, dan sebagai tempat mata pencaharian.

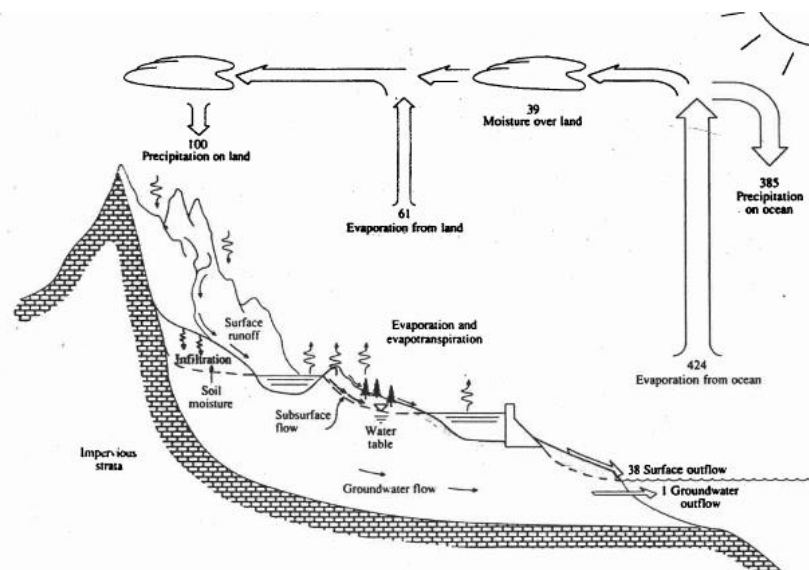
2.2.2. Sempadan Sungai

Berdasarkan Permen PUPR No. 28/PRT/M/2015, garis sempadan sungai adalah garis maya di kiri dan kanan palung sungai yang ditetapkan sebagai batas perlindungan sungai. Sempadan sungai merupakan area yang sangat rentan terhadap aktivitas manusia, berkenaan dengan pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukung dan peruntukannya (Wardhani dkk., 2010).

Penetapan garis sempadan sungai dimaksudkan agar fungsi sungai tidak terganggu oleh aktifitas manusia di sekitarnya, serta dapat membatasi kerugian yang terjadi akibat daya rusak air sungai ketika terjadi banjir.

2.2.3. Siklus Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang berhubungan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya, dan hubungan dengan lingkungannya terutama makhluk hidup (Triatmodjo, 2015). Siklus hidrologi berawal ketika air menguap dari tumbuhan, laut dan badan air di permukaan; uap air terangkat ke atmosfer dan mengalami kondensasi menjadi awan dan terjadi presipitasi; air akan mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah baik melalui permukaan maupun di dalam tanah; air akan tergenang di permukaan, masuk ke sungai dan laut, meresap ke dalam tanah, diserap oleh tumbuhan; dan air kembali menguap (Chow dkk., 1988). Skema terjadinya siklus hidrologi seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi (Chow dkk., 1998)

Siklus hidrologi menjelaskan bahwasanya volume air yang ada di bumi adalah tetap, hanya mengalami perubahan wujud dan tempat. Siklus hidrologi terjadi secara terus menerus.

2.2.4. Banjir

Banjir adalah genangan air pada lahan kering seperti sawah dan pemukiman yang dapat menyebabkan kerugian secara materiil maupun tidak. Banjir juga dapat diartikan meluapnya air yang mengalir pada sungai atau saluran drainase akibat debit air yang melebihi kapasitas pengaliran dari sungai atau saluran tersebut (Rosyidie, 2013). Banjir juga dapat terjadi akibat pasang surut air

laut yang disebut banjir rob. Daerah yang sering terjadi banjir biasanya adalah daerah yang rendah sehingga akan tergenang oleh air. Banjir dapat disebabkan oleh berbagai faktor, namun secara hakiki penyebab utama banjir adalah curah hujan karena tidak akan terjadi banjir jika tidak pernah terjadi hujan (Prabawadhani dkk., 2016). Faktor penyebab banjir yang lain seperti berkurangnya area resapan air akibat perubahan tata guna lahan, sampah yang menyumbat saluran, dan pendangkalan sungai akibat sedimentasi.

2.2.5. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan teknologi yang sekarang banyak digunakan dalam dunia pemetaan. Menurut Wibowo dkk. (2015), SIG adalah suatu sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan, mengelola, menganalisis, dan memanggil data spasial yang memiliki referensi geografis. SIG digunakan dalam berbagai bidang seperti tata kota dan wilayah, geodesi, geografi, pertambangan, pertanian, teknik sipil, dan sebagainya. Secara umum SIG dapat memberikan informasi yang menggambarkan keadaan nyata, memperkirakan suatu hasil dan untuk perencanaan. Pemanfaatan SIG dalam dunia teknik sipil banyak digunakan pada bidang transportasi dan keairan, seperti pembuatan peta jalur evakuasi, peta tata guna lahan, peta resiko banjir, dan peta genangan banjir. Masykur (2014) dalam penelitiannya mengatakan secara umum SIG bekerja berdasarkan integrasi 5 komponen, yaitu data, *software*, *hardware*, *user*, dan aplikasi seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Komponen SIG (Masykur, 2014)

a. Data

Data merupakan komponen-komponen yang berisi informasi yang akan diolah dalam proses kerja SIG. secara umum SIG bekerja dengan menggunakan dua tipe data yaitu data raster dan data vektor.

b. *Software*

Software SIG merupakan perangkat lunak yang memiliki *tool* yang mampu untuk melakukan penyimpanan, pengolahan atau analisis dan menampilkan informasi geografis.

c. *Hardware*

Mengolah data SIG membutuhkan komponen *Hardware* yang memumpuni untuk menjalankan *software* SIG. Beberapa *hardware* untuk mengolah data SIG disarankan memiliki spesifikasi tinggi antara lain RAM, *Processor*, *VGA card* dan *Hard disk*. Hal ini disebabkan data yang digunakan dalam analisis SIG membutuhkan ruang yang cukup besar dan kecepatan pengolahan yang tinggi.

d. *User*

Teknologi, software dan data SIG yang lengkap tidak akan berguna tanpa adanya user. User bertugas untuk mengelola sistem agar dapat melakukan analisis data sesuai dengan yang diharapkan.

e. Aplikasi

SIG yang baik memiliki keserasian antara rencana desain yang baik dan aturan dunia nyata, dimana metode, model dan implementasi akan berbeda-beda untuk setiap permasalahan.

2.2.6. Digital Elevation Model

Digital Elevation Model (DEM) merupakan representasi digital dari ketinggian permukaan bumi dimana setiap pikselnya memiliki informasi koordinat dan ketinggian (Anggraini dkk., 2012). Informasi mengenai ketinggian suatu tempat merupakan suatu elemen yang sangat penting dalam pengolahan data spasial menggunakan teknik SIG terutama untuk pekerjaan pemetaan yang berhubungan dengan bentuk permukaan bumi, seperti peta genangan banjir, peta perencanaan, dan sebagainya. Seiring perkembangan teknologi dan keperluan pengolahan data secara SIG, *Data Elevation Model* tersedia gratis dan dapat

diunduh melalui internet seperti Aster GDEM2 dengan resolusi 30 m , dan SRTM dengan resolusi 90 m.

2.2.7. Triangulated Irregular Network

Triangulated Irregular Network (TIN) merupakan model data topologi berbasis vektor yang digunakan untuk mempresentasikan permukaan bumi dalam bentuk hubungan antara segitiga-segitiga tidak beraturan yang saling berhubungan (Wardana, 2018). Masing-masing segitiga memiliki nilai koordinat x, y, dan elevasi (z).

Pembuatan TIN dapat dilakukan pada perangkat lunak ArcMap 10.6.1 dengan data *input* berupa titik-titik ketinggian atau kontur. Semakin kecil interval antar titik atau kontur maka TIN yang dihasilkan akan semakin detail dan baik. Data TIN digunakan sebagai data dasar saat *post-processing* genangan banjir pada program ArcMap 10.6.1.

2.2.8. Pemodelan Hidraulika

Hidraulika berasal dari kata *hydor* dalam bahasa Yunani yang berarti air. Dengan demikian ilmu hidraulika dapat didefinisikan sebagai cabang dari ilmu teknik yang mempelajari perilaku air baik dalam keadaan diam maupun bergerak (Triatmodjo, 2016). Terdapat dua macam jenis saluran dalam ilmu hidraulika, yaitu saluran tertutup dan saluran terbuka. Saluran tertutup adalah saluran yang tidak terpengaruh atmosfer secara langsung, sedangkan saluran terbuka adalah saluran yang terpengaruh atmosfer secara langsung.

Model adalah suatu bentuk tiruan dari permasalahan di lapangan dengan skala yang lebih kecil dan dilakukan percobaan di laboratorium. Model terbagi menjadi dua, yaitu model fisik dan model matematik. Model fisik digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks seperti bendungan dan pelabuhan, namun memerlukan tempat, waktu dan biaya yang tinggi untuk melakukan hal tersebut. Namun model fisik tidak ekonomis jika permasalahan tidak terlalu kompleks dan dapat diselesaikan dengan model matematik. Menurut Siregar dan Indrawan, (2017) pemodelan 1 dimensi adalah pemodelan dengan satu arah yaitu arah aliran sepanjang jalur utama, sedangkan pemodelan 2 dimensi

adalah pemodelan dengan dua arah yaitu arah aliran sepanjang jalur utama dan area di sekitar aliran.

2.2.9. ArcMap 10.6.1

ArcGIS adalah sistem yang lengkap dan terintegrasi untuk pembuatan, pengelolaan, integrasi, dan analisis data geografis (Sharholy dkk., 2007). ArcGIS merupakan perangkat lunak pengolah SIG yang dikembangkan oleh ESRI (Environmental Systems Research Institute). Perangkat lunak ArcGIS sudah digunakan di berbagai bidang seperti pertanian, tata ruang wilayah, keairan, kebencanaan, militer, dan sebagainya. ArcGIS desktop mencakup ArcMap, ArcCatalog, dan ArcToolbox yang saling terintegrasi. ArcMap adalah aplikasi utama dari ArcGIS yang berguna untuk menampilkan, mengolah, membuat, dan menganalisis data SIG. Aplikasi ArcMap menyediakan banyak *toolbox* yang berguna dalam mengolah dan analisis data spasial.

2.2.10. HEC-RAS 4.1.0

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System) adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh USACE (US Army Corps of Engineers), digunakan dalam pemodelan hidraulika 1 dimensi dengan aliran permanen (*steady flow*) maupun aliran tidak permanen (*unsteady flow*) (Icaga dkk., 2016). Data masukan yang diperlukan untuk pemrosesan data yaitu geometri sungai, angka kekasaran saluran, dan data aliran baik aliran permanen maupun tidak permanen. Dalam program HEC-RAS juga dapat ditambahkan parameter konstruksi sungai seperti bendung, jembatan, tanggul, dan bangunan air lainnya. Dengan memasukan data aliran ke dalam program HEC-RAS, profil muka air dan karakteristik banjir seperti area genangan, kedalaman, kecepatan aliran, area aliran, dan sebagainya dapat diperoleh.

2.2.11. HEC-GeoRAS

HEC-GeoRAS merupakan program bantu dalam perangkat lunak ArcGIS yang digunakan untuk pembuatan data geometri dari program ArcMap lalu digunakan sebagai *input* untuk program HEC-RAS. Geometri sungai pada program HEC-RAS dapat dibuat secara manual, namun menggunakan HEC-GeoRAS menghasilkan integrasi antara ArcGIS dan HEC-RAS (Icaga dkk.,

2016). Pembuatan geometri sungai dengan bantuan HEC-GeoRAS dapat dilakukan dengan lebih cepat dan lebih detail karena geometri dibentuk berdasarkan DEM yang diolah dari hasil pengukuran langsung di lapangan. Profil muka air hasil pemodelan hidraulika di HEC-RAS akan diintegrasikan melalui HEC-GeoRAS kedalam program ArcMap, kemudian diolah menjadi sebaran genangan banjir.

2.2.12. ArcGIS Pro

ArcGIS Pro merupakan perangkat lunak pengolahan SIG terbaru yang dikembangkan oleh ESRI (Environmental Systems Research Institute). ArcGIS Pro dapat melakukan berbagai fungsi dari perangkat lunak pengolahan data spasial yang sebelumnya telah dikembangkan oleh ESRI seperti ArcMap, ArcScene, ArcGlobe, dan sebagainya. ArcGIS Pro dapat melakukan visualisasi data spasial secara dua dimensi maupun tiga dimensi, serta dapat menghasilkan video animasi.

2.2.13. Visualisasi Tiga Dimensi

Seiring perkembangan jaman, kebutuhan akan adanya analisa spasial pada Sistem Informasi Geografis dalam tiga dimensi semakin didukung dengan adanya kemajuan teknologi. Dengan berbagai keuntungan analisa SIG dalam tiga dimensi membuka jalan terhadap adanya konversi dari data SIG yang semula disajikan dalam dua dimensi menjadi sajian yang lebih menarik dengan kemampuan analisa dalam tiga dimensi (Laksono, 2011). Visualisasi dilakukan secara tiga dimensi untuk membuat tampilan hasil analisis lebih menarik dan interaktif.