

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan penduduk di Semarang ibukota Provinsi Jawa Tengah sangat pesat, terlihat dari pertumbuhan jumlah penduduk maupun pertumbuhan ekonomi penduduk. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang jumlah penduduk mencapai 1.348.803 jiwa pada tahun 2000 dan 1.584.906 jiwa pada tahun 2014. Peningkatan jumlah penduduk Kota Semarang dari tahun 2000 hingga tahun 2014 rata-rata mencapai 16.866 jiwa/tahun (Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 2014). Kenaikan jumlah penduduk Kota Semarang tersebut meningkat 14,89% dari tahun 2000 sampai dengan 2014. Data kependudukan yang dikeluarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang Tahun 2000 sampai dengan Tahun 2014, disajikan sebagaimana Gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1 : Jumlah Penduduk Kota Semarang 2000 - 2014

Jumlah penduduk yang semakin meningkat mengakibatkan kebutuhan pangan, sandang dan papan (tempat tinggal) semakin meningkat pula, sedangkan jumlah sumber daya alam yang ada tetap. Dalam tata ruang, aktifitas dalam rangka pemenuhan kebutuhan tersebut akan meningkat pula

baik dalam dimensi ekonomi, sosial dan lingkungan. Akibatnya terjadi eksploitasi alam yang berlebihan, perubahan tata guna lahan yang tak terkendali dan menurunnya daya dukung lingkungan (Kodoatie J.R., & Sjarief R, 2010).

Peningkatan jumlah penduduk dapat merubah orientasi pemanfaatan lahan. Perubahan penggunaan lahan berupa alih fungsi lahan pertanian menjadi pemukiman. Lahan persawahan, kebun campuran dan tegalan serta hutan berubah fungsi menjadi permukiman. Peningkatan kawasan perumahan diikuti perubahan penggunaan lahan lain seperti berkurangnya hutan, kebun campuran, lahan terbuka dan lahan pertanian (Setyowati, 2010). Hasil Penelitian Setyowati dan Suharini (2011) menunjukkan bahwa terjadi perubahan penggunaan lahan di DAS Garang Hulu selama rentang waktu tahun 1995 - 2010. Jenis dan luasan perubahan penggunaan lahan DAS Garang Hulu sebagaimana Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1 : Jenis dan Luasan Perubahan Penggunaan Lahan DAS Garang Hulu Tahun 1995 – 2010

No.	Jenis Penggunaan Lahan	Luas Penggunaan Lahan (km ²)		Perubahan Penggunaan Lahan	
		Th. 1995	Th. 2010	Luas (km ²)	Luas (%)
1	2	3	4	5	6
1.	Hutan	23,28	18,38	-4,90	-21,00
2.	Sawah	18,33	11,15	-7,18	-39,17
3.	Kebun Campuran	8,80	10,31	1,51	14,65
4.	Tegalan	9,48	14,32	4,84	33,80
5.	Permukiman	1,69	7,41	5,72	77,19
	Jumlah	61,57	61,57		

Sumber : Setyowati dan Suharini (2011)

Dari Tabel 1 tersebut di atas terlihat penurunan luas lahan hutan hingga berkurang seluas - 4,90 km² (21%), dan lahan sawah berkurang seluas -7,18 km² (39,17%). Sedangkan disisi lain terjadi peningkatan penggunaan lahan seperti penggunaan lahan kebun campuran, tegalan dan permukiman. Peningkatan penggunaan lahan kebun campur, tegalan dan pemukiman berturut-turut seluas 1,51 km² (14,65%), 4,84 km² (33,80%), dan 5,72 km² (77,19%). Perubahan penggunaan lahan selalu mengikuti keseimbangan,

artinya jika pada bagian wilayah DAS terjadi penambahan luas pada luas pada penggunaan lahan tertentu, maka bagian lain mengalami pengurangan (Setyowati dan Suharini, 2011).

Aktivitas perubahan penggunaan lahan yang dilakukan di daerah hulu DAS tidak hanya akan memberikan dampak di daerah dimana kegiatan tersebut berlangsung, akan tetapi juga menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk fluktuasi debit dan transpor sedimen serta material terlarut dalam sistem aliran air lainnya (Asdak, 1995). Banyaknya fungsi penggunaan lahan menjadi lokasi pemukiman atau fungsi lainnya yang bersifat pemadatan tanah telah menimbulkan dampak lingkungan di daerah hilir, seperti terjadinya banjir.

Alih fungsi lahan hutan menjadi lahan pertanian maupun permukiman dapat menurunkan fungsi hutan sebagai pengendali hidrologi Daerah Aliran Sungai. Kegiatan yang ada di hulu DAS berdampak pada kondisi aliran air, baik itu kualitas maupun kuantitas. Perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali berupa perambahan hutan dan penebangan liar ke daerah hulu, hilangnya tutupan lahan hutan menjadi jenis penggunaan lahan lainnya yang terbukti memiliki daya dukung lingkungan terbatas, sehingga bencana banjir dan kekeringan semakin sering terjadi (Pawitan H, 2016). Terjadinya alih fungsi lahan berkontribusi besar dalam peristiwa banjir besar yang terjadi di Kota Semarang. Banjir besar Kali Garang telah terjadi beberapa kali yaitu pada tahun 1963, 1990, 2000, 2002 dan 2008 (Fatahillah M, 2013).

Erna S dan Fahmuddin A. (2005) melakukan penelitian di DAS Cijalupang (2.792 Ha), Bandung Jawa Barat menunjukkan akibat perubahan penggunaan lahan dengan berkurangnya lahan kebun campur dan hutan, berubah menjadi tegalan dan pemukiman mengakibatkan meningkatnya total aliran sebesar 12,37 %. Selain itu meningkatkan debit puncak (*peak discharge*) mengalami kenaikan sebesar 6,22 % yaitu dari 2,41 m³/dt pada tahun 1991 menjadi 2,56 m³/dt pada tahun 2002, demikian juga koefisien aliran permukaan juga meningkat dari 0,21 (1991) menjadi 0,22 (2002). Dampak kerusakan lahan yang ditandai dengan perubahan hutan menjadi kawasan pertanian dan padang

rumput di DAS Manupali Philipina telah menyebabkan erosi dan sedimentasi yang lebih besar dari sebelumnya (Alibuyog et al., 2009).

Dewajati R (2003) melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan penggunaan lahan DAS Kaligarang terhadap banjir kota Semarang menunjukkan dalam kurun waktu 10 tahun (1990 - 2000) terdapat kecenderungan meningkatnya prosentase lahan terbangun dari 12,28% (2.503,25 Ha) menjadi 31,54% (6.435,11 Ha), sedangkan lahan non terbangun menurun/berkurang dari 87,72% (15.939,56 Ha) menjadi 68,46% (9.195,93 Ha). Pengaruh perubahan lahan terhadap banjir meningkat sebesar 49% sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan koefisien aliran atau c aktual 28% menjadi 77% (berdasarkan formula rasional menurut Chow) dan meningkatnya c prediksi sebesar 21% ditunjukkan pada nilai koefisien aliran sebesar 42,4% menjadi 63,4%.

Perubahan penggunaan lahan tidak dapat dihindari dengan adanya peningkatan jumlah penduduk dan kebutuhan (pangan, papan dan lain sebagainya) yang suka tidak suka, mau tidak mau akan mengakibatkan tekanan terhadap lahan. Perubahan penggunaan lahan di Semarang mengakibatkan berkurangnya luasan daerah resapan air dapat menyebabkan terganggunya siklus hidrologi yang mengakibatkan meningkatnya aliran air permukaan dan berkurangnya cadangan air bawah tanah. Asdak (2010), menyatakan bahwa terjadinya perubahan penggunaan lahan yang disinyalir menjadi penyebab adanya gangguan fungsi ekosistem DAS. Namun seberapa besar pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi belum diketahui. Karakteristik hidrologi DAS antara lain total air sungai, aliran permukaan, aliran lateral, aliran dasar, debit maksimum, debit minimum, dan koefisien regim aliran. Dampaknya terjadinya banjir di bagian hilir. Selain itu seringkali pada musim penghujan kelebihan air bahkan terjadi banjir, namun pada musim kemarau kekurangan air/ kekeringan. Hal ini disebabkan air hujan yang terjadi dimusim penghujan tidak banyak yang tersimpan dalam tanah (*infiltrasi*), sebagian besar menjadi aliran permukaan akibat perubahan penggunaan lahan.

Perubahan penggunaan lahan inilah yang mempengaruhi karakteristik hidrologi DAS.

Jika terjadi perubahan penggunaan lahan, maka akan menimbulkan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Perubahan penggunaan lahan (hutan, sawah) menjadi lahan yang kedap air (pemukiman), maka luasan daerah resapan air berkurang yang menyebabkan terganggunya siklus hidrologi.
- b. Perubahan penggunaan lahan dapat meningkatkan limpasan permukaan karena banyaknya lahan terbuka yang kedap air sehingga pada waktu musim penghujan air yang jatuh lebih banyak dialirkan sebagai aliran permukaan daripada disinpan sebagai cadangan air tanah.
- c. Perubahan penggunaan lahan dapat meningkatkan debit puncak (*peak discharge*), sebab banyaknya lahan terbuka dan banyaknya bangunan yang kedap air mengakibatkan kapasitas infiltrasi berkurang sebagian besar menjadi aliran permukaan. Seringkali banjir pada musim penghujan, namun pada musim kemarau terjadi kekeringan. Hal ini merupakan salah satu indikasi terganggunya siklus hidrologi.
- d. Perubahan penggunaan lahan mengakibatkan berubahnya karakteristik hidrologi antara lain total aliran permukaan, debit maksimum, debit minimum dan koefisien regim sungai serta koefisien aliran.

Fenomena Perubahan penggunaan lahan/tata guna lahan dan dampak yang terjadi akibat perubahan penggunaan lahan merupakan kejadian yang perlu dipahami. Tindakan perencanaan penggunaan lahan diperlukan agar lahan dapat digunakan secara lestari dan dapat digunakan dimasa yang akan datang. Model diharapkan dapat digunakan untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan beserta dampaknya selain itu dapat memberikan solusi tindakan yang diperlukan untuk mempertahankan atau memperbaiki kondisi tersebut.

Model SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) merupakan suatu model hidrologi yang terkoneksi dengan Sistem Informasi Geografis (GIS). Salah satu kelebihan aplikasi SWAT adalah bisa memprediksi dampak penggunaan lahan terhadap air, sedimen, dan kimia pertanian pada DAS secara

terus-menerus yang bisa beroperasi secara harian pada DAS yang tidak mempunyai alat pengukur hidrologi. Model SWAT ini berbasis fisik dan mampu mensimulasikan beberapa proses fisik yang terjadi dalam DAS dalam jangka panjang. Model SWAT dibangun dengan prinsip model hidrologi SCS (*Soil Conservation Service*) Departemen Pertanian Amerika Serikat. Keluaran Model SCS adalah volume aliran permukaan sungai atau *runoff* dalam DAS.

Model SWAT bisa dipergunakan untuk mengidentifikasi, menilai dan mengevaluasi tingkat permasalahan yang terjadi dalam DAS Garang. Identifikasi dan evaluasi Sub DAS yang berpotensi menyebabkan permasalahan dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran model SWAT pada setiap Sub DAS dengan Karakteristik hidrologi DAS.

1.2 Lokasi Penelitian

Lokasi studi dilakukan di DAS Garang yang terletak di Provinsi Jawa Tengah. Batas penelitian sesuai dengan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor : SK.511/Menhut-V/2011 tanggal 7 September 2011 tentang Penetapan Daerah Aliran Sungai. Batas DAS Garang titik *outletnya* sampai dengan muara laut Jawa bagian utara, namun penelitian ini titik *outletnya* pada titik pengamatan di Desa Simongan (AWLR milik PSDA Jawa Tengah).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang merupakan DAS lintas Kabupaten, yang meliputi Kabupaten Semarang, Kota Semarang dan sebagian kecil Kabupaten Kendal Provinsi Jawa Tengah. DAS Garang terbagi menjadi 3 (tiga) Sub DAS yaitu Sub DAS Kripik, Sub DAS Kreo dan Sub DAS Garang. Aliran DAS Garang berasal dari Kali Kreo, Kali Kripik dan Kali Garang sendiri yang menjadi satu di hilir sungai garang (Setyowati dan Suharini, 2011). Luas DAS Garang sampai muara seluas 21.277,36 Ha (212,7736 Km²) dengan sungai utama Kali Garang dengan panjang sungai utama ± 40,52 Km (BPDAS, 2014). Hal ini karena DAS Garang termasuk sebagai salah satu DAS kritis (SK. 328/Menhut-II/2009).

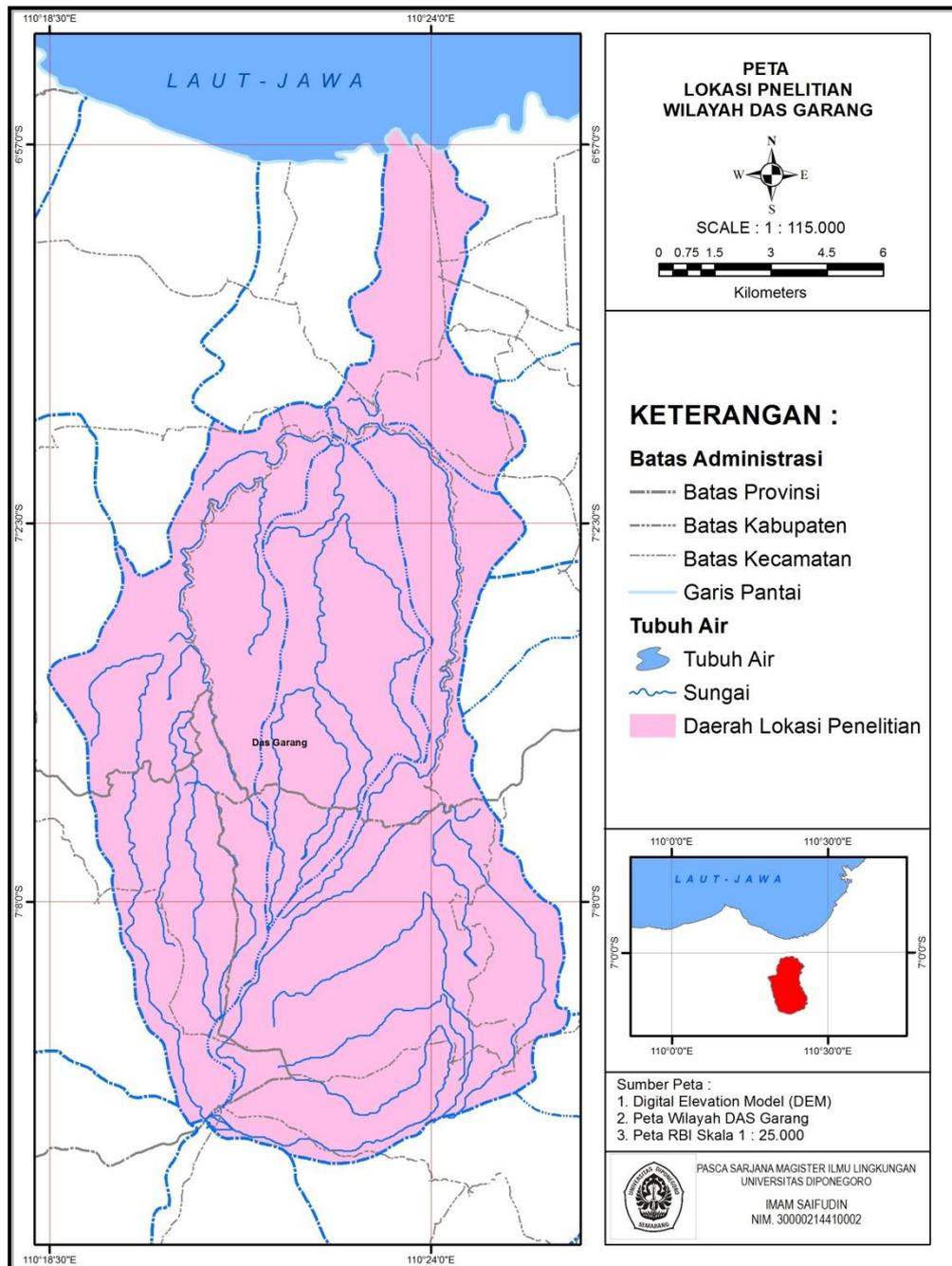
Data Kementerian Kehutanan menunjukkan adanya peningkatan kerusakan DAS, pada tahun 1984 terdapat 22 DAS meningkat menjadi 39

DAS pada tahun 1992, kemudian meningkat lagi menjadi 62 DAS pada tahun 1998. Pada tahun 2009 sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Kehutanan (SK Menteri Kehutanan Nomor : SK.328/Menhut-II/2009, tanggal 12 Juni 2009, menetapkan jumlah DAS prioritas adalah sebanyak 108 DAS yang dituangkan dalam RPJM 2010-2014. DAS prioritas merupakan DAS yang daya dukungnya menurun sehingga perlu ditangani segera. Salah satu DAS prioritas di wilayah kerja Balai Pengelolaan DAS Pemali Jratun adalah DAS Garang.

Berdasar data lahan kritis Balai Pengelolaan DAS Pemali Jratun (2014), di DAS Garang masih terdapat 401 Ha lahan kritis, 3.344 Ha lahan agak kritis dan 7.017 Ha lahan potensial kritis. Kondisi tersebut menyebabkan bencana alam terkait kerusakan lingkungan DAS seperti banjir dan tanah longsor yang sering terjadi di wilayah DAS Garang. Sehingga pemulihan kondisi DAS melalui kegiatan Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) pada sasaran yang tepat perlu segera dilakukan.

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 6 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Propinsi Jawa Tengah Tahun 2009 – 2029, dalam pasal 103 mengenai rencana pengembangan kawasan strategis dari sudut kepentingan fungsi dan daya dukung lingkungan, menetapkan DAS Garang menjadi salah satu wilayah yang dilindungi secara fungsi dan daya dukungnya, sehingga diperlukan tindakan konservasi tanah dan air sesuai dengan peruntukannya.

DAS Garang memiliki arti penting dan strategis, yaitu penyangga Kota Semarang sebagai ibukota Provinsi dengan aset vital yang perlu dilindungi. Keberadaan DAS Garang berperan sangat penting bagi pemenuhan kebutuhan air bersih bagi masyarakat Kota Semarang. Sebagian besar kebutuhan air bersih bagi warga Kota Semarang dipasok oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Semarang yaitu PDAM Tirta Moedal dengan sumber air baku untuk air minum berasal dari Sungai Garang.



Gambar 2 : Peta Lokasi Daerah Penelitian

1.3 Rumusan Permasalahan

Penggunaan lahan di hulu dan tengah DAS Garang semula didominasi oleh hutan, tegalan dan kebun campuran. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk terjadi tekanan penduduk terhadap lahan. Peningkatan perubahan penggunaan lahan/alih fungsi lahan terbuka menjadi pemukiman merupakan satu permasalahan sebagai dampak akibat peningkatan jumlah penduduk. Dampak perubahan penggunaan lahan tersebut mempengaruhi karakteristik hidrologi. Penggunaan lahan dan tutupan lahan (LULC) memiliki efek langsung pada berbagai proses hidrologi seperti infiltrasi, kehilangan intersepsi dan evapotranspirasi, karena dampak dari LULC dapat mengubah hidrologi DAS (Singh H.V., et al., 2015). Selain itu dapat meningkatkan rasio antara debit maksimum dan debit minimum, meningkatnya aliran permukaan dan dapat menyebabkan terjadinya banjir pada waktu musim penghujan di bagian hilir dan kekeringan pada musim kemarau. Penelitian telah menunjukkan bahwa urbanisasi menurunkan kapasitas infiltrasi ke dalam tanah (Dunne & Leopold, 1978; Klain, 1979), menyebabkan lebih cepat dan lebih besar dalam hidrograf aliran (Dunne & Leopold, 1978; Neller, 1988), meningkatkan limpasan permukaan (*surface runoff*) dan mengurangi aliran dasar (*baseflow*) (Zhou, et al, 2013).

Perubahan penggunaan lahan berpengaruh terhadap karakteristik hidrologi DAS antara lain total air sungai, aliran permukaan, aliran lateral, serta aliran dasar. Namun, masalah tersebut dapat sedikit teratasi dengan cara melakukan tindakan konservasi sesuai dengan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air.

Pemecahan permasalahan tersebut dengan cara menurunkan aliran permukaan dan meningkatkan infiltrasi tanah agar ketersediaan air tanah dapat diatasi sebagai akibat perubahan penggunaan lahan. Pendekatan dengan model hidrologi dapat dilakukan untuk menjawab permasalahan tersebut. Salah satu model hidrologi adalah SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). Model SWAT bisa dipergunakan untuk mengidentifikasi, menilai dan mengevaluasi tingkat permasalahan yang terjadi dalam DAS Garang.

Identifikasi dan evaluasi Sub DAS yang berpotensi menyebabkan permasalahan dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran model SWAT pada setiap Sub DAS dengan Karakteristik hidrologi DAS.

Berdasarkan uraian mengenai latar belakang dan rumusan permasalahan, maka perlu dilakukan kajian respon perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Garang dengan menggunakan SWAT (*soil and water assessment tool*). Sekaligus menyusun skenario penggunaan lahan untuk mengkaji kondisi hidrologi DAS Garang. Maka rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah karakteristik hidrologi di DAS Garang ?
2. Bagaimanakah pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Garang ?
3. Bagaimanakah tindakan konservasi untuk menciptakan DAS Garang yang lebih baik ?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan permasalahan tersebut diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan prediksi perubahan karakteristik hidrologi DAS Garang dengan menggunakan model SWAT.
2. Mengkaji pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap perubahan karakteristik hidrologi.
3. Menyusun rekomendasi perencanaan penggunaan lahan terbaik di DAS Garang.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian kajian respon penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi menggunakan SWAT di DAS Garang diharapkan mempunyai manfaat yaitu :

- a. Manfaat akademik adalah dapat dijadikan acuan bagi penelitian

selanjutnya dibidang pengelolaan DAS dalam penerapan model SWAT.

- b. Manfaat praktis adalah dapat menjadikan pertimbangan perencanaan penggunaan lahan terbaik di DAS Garang.

1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian tentang kajian respon penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Garang dengan menggunakan SWAT (*soil water assessment tool*) belum pernah dilakukan di DAS Garang. Penelitian-penelitian yang berkenaan dengan Sungai Garang yang telah dilaksanakan diantaranya adalah Darwati (2003) dan Moenarti (2003) yang melakukan evaluasi Program Kali bersih (Prokasih) di Sungai Garang, Imbangan air di DAS Garang (Hakim, 2004), dan kontribusi air limbah domestik dari penduduk sekitar DAS Garang (Sasongko, 2006). Selain itu penelitian pengelolaan Sungai Garang diantaranya dilaksanakan oleh Susilowati (2006) mengenai potensi pengelolaan kemitraan di Sungai Garang dan Sucipto (2008) mengenai sedimentasi di Sungai Garang. Kajian pengelolaan DAS Garang untuk memenuhi kualitas air sesuai peruntukannya (Marlena B, 2012) dan Kajian keterpaduan lembaga di DAS Garang (Fatahillah, 2013). Penelitian-penelitian yang berlokasi di DAS Garang sebagai berikut :

- 1) Darwati (2003), dengan judul “*Evaluasi Program Kali Bersih (Prokasih) di Kaligarang Semarang*”. Hasil penelitiannya bahwa prokasih sudah dilaksanakan sejak tahun 1989, namun demikian pelaksanaan prokasih secara keseluruhan belum menunjukkan kinerja yang maksimal sehingga kondisi Sungai Garang menunjukkan kecenderungan semakin tercemar. Oleh karena itu direkomendasikan untuk melembagakan tim pengelola Prokasih yang solid dengan SDM yang handal, peningkatan pemahaman dan sosialisasi mengenai Prokasih di kalangan Pemerintah. Bagi industri Prokasih harus mengoperasikan IPAL secara baik dan kontinyu serta perlu peningkatan pemahaman dan sosialisasi mengenai Prokasih.
- 2) Moerniati, S.E (2003), dengan judul “*Evaluasi Prokasih di Kota Semarang Tinjauan Kondisi Fisika-Kimia Air Sungai Kaligarang*” Penelitian ini juga

mengenai Prokasih di Sungai Garang akibat masuknya limbah industri sasaran prokasih. Kualitas air Sungai Garang mengalami penurunan dimana terdapat beberapa parameter yang melampaui ambang batas yang ditetapkan. Penyebab utama menurunnya kualitas air adalah meningkatnya jumlah limbah industri. Dari hasil evaluasi pelaksanaan Prokasih Provinsi Jawa Tengah belum dapat dipergunakan sebagai tolak ukur keberhasilan dalam upaya untuk menanggulangi pencemaran air melalui pentaatan baku mutu limbah cair yang diperbolehkan dibuang ke dalam lingkungan perairan dan pengoperasian instalasi pengolahan air limbah sangat diperlukan.

- 3) Ratna Dewajanti (2003) dengan judul "*Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan DAS Kaligarang terhadap Banjir di Kota Semarang*" Pengaruh perubahan penggunaan lahan DAS Kaligarang terhadap banjir di Kota Semarang melalui koefisien aliran. Dalam kurun waktu 10 tahun (1990-2000) terdapat kecenderungan meningkatnya prosentase lahan terbangun dari 12,28% menjadi 31,54%. Pengaruh perubahan lahan terhadap banjir meningkat sebesar 49% sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan koefisien aliran atau c aktual dari 28 % menjadi 77%. Analisa konsistensi penggunaan lahan eksisting tahun 2000 dengan Rencana Tata Ruang DAS Kaligarang menunjukkan 59,6 % konsisten, 27,5% konsisten untuk budidaya dan 12,9% tidak konsisten.
- 4) Hakim (2004) dengan judul "*Pengaruh Perilaku Lingkungan terhadap Imbangan Air (Water Balance) DAS Kaligarang Jawa Tengah*" bahwa imbangan air diperoleh dengan metode Thornthwaite-Mather yang menunjukkan pada periode 1 dan 2 terjadi surplus pada bulan Desember sampai bulan April dan defisit terjadi pada bulan Mei sampai November. Defisit cenderung meningkat sedangkan surplus cenderung turun. Perilaku lingkungan masyarakat memberikan pengaruh negatif terhadap imbangan air seperti pembuangan sampah pada *drainase*, pengerasan lahan dan lainnya. Pada masyarakat hilir lebih disebabkan karena meningkatnya tekanan terhadap lahan, sedangkan pada masyarakat tengah dan hulu lebih

disebabkan metode pengolahan lahan belum yang belum sesuai dengan kaidah konservasi. Perubahan perilaku lingkungan dapat dilakukan dengan cara penataan keinginan untuk meniru dan karena menghayati manfaat.

- 5) Sasongko, L.A., (2006) dengan judul “*Kontribusi air limbah domestik penduduk di sekitar Sungai Tuk terhadap kualitas air sungai Kaligarang serta upaya penanganannya*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perilaku penduduk di sekitar Sungai Tuk, mengevaluasi kualitas air sungai, mengetahui kontribusi air limbah domestik penduduk di sekitar Sungai Tuk terhadap kualitas air Sungai Garang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perilaku responden dalam membuang air limbah domestik ke badan air dipengaruhi oleh pengetahuan, sikap serta sistem drainase yang ada di lingkungan tempat tinggalnya. Secara umum Sungai Tuk cenderung berfungsi sebagai saluran drainase. Beban total aliran limbah diindikasikan dari besaran beban pada muara Sungai Tuk yang berhubungan langsung dengan Sungai Garang. Saran tindak yang dapat dilakukan dari aspek teknis adalah fitoremediasi dan pembuatan IPAL komunal serta aspek sosial yang meliputi sosialisasi produksi bersih dan mengenalkan sejak dini pendidikan lingkungan.
- 6) Sucipto (2008) dengan judul “*Kajian sedimentasi di Sungai Kaligarang dalam upaya Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Kaligarang Semarang*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat erosi di sungai garang yaitu sebesar 53,001 ton/ha/tahun sehingga besarnya sedimentasi sebesar 124.944,13 ton/tahun yang telah melampaui nilai toleransi sedimentasi untuk sungai Garang yaitu 26.426,36 ton/tahun. Penelitian ini merekomendasikan untuk membuat zona proteksi pada daerah rawan erosi, melaksanakan upaya konservasi secara agronomis dan mekanis, normalisasi sungai dan menataan lahan sepadan sungai serta melaksanakan kebijakan pengelolaan DAS Garang secara terpadu dan berkelanjutan oleh semua pihak terkait.
- 7) Bekti Marlina (2012) dengan judul “*Kajian Pengelolaan DAS Garang Untuk Memenuhi Kualitas Air Sesuai Dengan Peruntukannya*” dengan

tujuan sebagai berikut :

- a) Mengkaji tentang kualitas air Sungai Garang sebelum dan sesudah dikeluarkannya Peraturan Gubernur Jawa Tengah No. 156 Tahun 2010 tentang peruntukan air dan pengelolaan kualitas air Sungai Garang.
- b) Mengkaji kualitas air Sungai Garang dibandingkan dengan kriteria mutu air yang telah ditetapkan.
- c) Mengkaji pelaksanaan pengelolaan lingkungan di DAS Garang

Hasilnya menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Garang belum memenuhi kriteria mutu air yang ditetapkan sesuai Peraturan Gubernur Jawa Tengah Nomor : 156 Tahun 2010 tentang peruntukan air dan pengelolaan kualitas air minum. Parameter yang sering melebihi baku antara lain COD, BOD, *fecal coliform* dan total *coliform*. Status mutu air Sungai Garang dalam kondisi tercemar berat. Pengelolaan kualitas air Sungai Garang belum terlaksana dengan baik, sehingga perlu peningkatan pengelolaan kualitas air serta pengendalian pencemaran air diantaranya membuat IPAL domestik komunal untuk pengolahan limbah domestik.

- 8) Muhammad Fatahillah (2013) dengan judul “*Kajian Keterpaduan Lembaga Dalam Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang Provinsi Jawa Tengah*”. Tujuan penelitian ini antara lain
 - a) Mengidentifikasi dan menganalisis lembaga terkait dalam upaya konservasi tanah dan air DAS Garang.
 - b) Mengkaji tingkat keterpaduan pemangku kepentingan (*stakeholder*) dalam konservasi tanah dan air pengelolaan DAS Garang.
 - c) Merumuskan strategi peningkatan keterpaduan pengelolaan DAS Garang.

Hasilnya tingkat keterpaduan dalam pengelolaan DAS Garang masih rendah sehingga perlu strategi untuk meningkatkan keterpaduan dengan cara penyusunan rencana pengelolaan DAS terpadu, penyalarsan batas DAS dengan wilayah administrative, serta pembagian peran para pihak yang lebih jelas dalam pengelolaan DAS Garang.

Selain penelitian yang berada dilokasi DAS Garang seperti diatas, penelitian-penelitian menggunakan model SWAT di Indonesia masih didominasi pada aspek hidrologi dan beberapa diantaranya disertai perencanaan pengelolaan DAS. Model SWAT diaplikasikan di beberapa daerah antara lain di DAS Cisadane Hulu, Citarum Hulu, Cidanau, Ciliwung Hulu, Cipasarupan, Cisarea, Cijalupang, Sub DAS Lengkong, Sub DAS Ciasem, dan Sub DAS Way Betung (Suryani, 2005; Junaidi, 2009; Yusup, 2010; Mulyana, 2012, Endrawati, 2013; Firdaus, 2014; Mubarok, 2014). Penelitian sejenis yang disajikan sebagai bahan pertimbangan penting untuk menentukan keaslian penelitian ini adalah :

- 1) Yusup (2010), dengan judul “ *Kajian Respon Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi pada DAS Cisarea Menggunakan Model MWSWAT*” Tujuan menyusun simulasi skenario perubahan penggunaan lahan di DAS Cisarea. Hasil simulasi skenario perubahan lahan di DAS Cisarea mampu memberikan pengaruh terhadap aliran permukaan, aliran dasar dan *storage*. Aliran permukaan terkecil di hasilkan oleh skenario kelima yaitu skenario kombinasi penerapan agroteknologi dan peningkatan luas hutan sesuai kawasan hutan negara. Aliran permukaan yang dihasilkan oleh skenario perbaikan agroteknologi adalah sebesar 216,87 mm dengan aliran dasar sebesar 406,16 mm. adapun *storage* yang di hasilkan oleh skenario ini merupakan *storage* tertinggi yaitu sebesar 199,23 mm. sedangkan penggunaan lahan saat dilakukan penelitian (*existing*, penggunaan lahan tahun 2007) memberikan nilai aliran permukaan, aliran dasar dan *storage* masing-masing sebesar 267,34 mm, 367,27 mm, dan 191,55 mm. berdasarkan kecenderungan perubahan penggunaan lahan (dengan persamaan regresi tiga titik tahun penggunaan lahan yang berjangka lama), prediksi aliran permukaan , aliran dasar dan *storage* 6 tahun berikutnya (2013) sebesar 263,93 mm, 367,91 mm, dan 194,07 mm.

- 2) Ade Elmida (2010), dengan judul “*Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respon Hidrologi DAS Cisadane Hulu*”. Tujuan penelitian ini antara lain :
- a) Melakukan identifikasi karakteristik DAS Cisadane Hulu
 - b) Mengkaji pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap volume aliran permukaan DAS Cisadane Hulu dan melakukan simulasi perubahan penggunaan lahan dengan model HEC-HMS berdasarkan skenario yang disusun.

Hasil penelitian menunjukkan secara umum karakteristik DAS Cisadane hulu sudah mulai terganggu. Terlihat dengan nilai indeks erosi (IE) sebesar 2,78 dan nilai *koefisien runoff* sebesar 0,72 (indikator tersebut termasuk dalam klasifikasi buruk). Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Cisadane Hulu dari 1997 sampai dengan 2007 berpengaruh terhadap respon hidrologi DAS Cisadane Hulu, khususnya aliran permukaan. Simulasi perubahan penggunaan lahan yaitu kombinasi antara perubahan terkecil dihasilkan oleh skenario keempat yaitu kombinasi antara perubahan penggunaan lahan berdasarkan peta kawasan hutan, kriteria kawasan lindung dan penerapan agroteknologi. Terkait dengan penelitian karakteristi hidrologi DAS dalam penelitian tersebut terbatas pada Indeks Erosi, dan *koefisien runoff*, tidak membahas tentang karekteristik hidrologi berupa KRS, aliran dasar, aliran permukaan dan aliran lateral.

- 3) Gunadi Firdaus (2014), dengan judul “*Analisis Respon Hidrologi Terhadap Penerapan Teknik Konservasi Tanah di Sub DAS Lengkong menggunakan Model SWAT*”. Tujuan penelitian ini antara lain :
- a) Menganalisis respon hidrologi berdasarkan kondisi biofisik DAS terutama kondisi tutupan lahan sebelum dilakukan penerapan kegiatan teknik konservasi tanah.
 - b) Menganalisis respon hidrologi berdasarkan penerapan skenario teknik konservasi tanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa respon hidrologi terhadap kondisi biofisik DAS menunjukkan bahwa tutupan lahan pemukiman dan sawah

mempunyai tebal aliran permukaan berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan dengan tutupan lahan lainnya. Selain itu penerapan teknik konservasi tanah menunjukkan bahwa skenario teknik konservasi tanah yang mengkombinasikan penanaman tanaman strip, penanaman searah kontur dan pembuatan teras secara bersamaan merupakan konservasi tanah terbaik.

Beda dari penelitian tersebut adalah lokasi penelitian yang berada di daerah hulu. Permasalahan di daerah hilir yang lebih kompleks.

4) Endrawati (2013), dengan judul “*Analisis Debit Aliran Sungai Menggunakan Model SWAT di Sub DAS Ciasem Kabupaten Subang Jawa Barat*”. Tujuan Penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Mengetahui dinamika perubahan penggunaan lahan dan debit sungai di Sub DAS Ciasem.
- b) Mengetahui efektifitas penggunaan model SWAT dalam menganalisis debit aliran sungai di Sub DAS Ciasem menggunakan data yang tersedia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan pada tahun 2003, 2006 dan 2009 terutama terjadi di sawah yang berubah menjadi pertanian lahan kering campuran, yaitu seluas 3.253,8 ha yang menyebabkan penurunan koefisien aliran. Pendugaan debit menggunakan model SWAT dengan imput curah hujan hasil pengukuran hujan di stasiun hujan Curugagung tidak berhasil mendapatkan hasil debit yang mendekati debit hasil pengukuran di *Outlet* Sub DAS Ciasem.

5) Zainal Mubarak (2014), dengan judul “*Kajian Respon Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Way Betung*”

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Melakukan prediksi karakteristik hidrologi DAS Way Betung dengan menggunakan model SWAT
- b) Mengkaji pengaruh perubahan lahan terhadap karakteristik hidrologi
- c) Menyusun rekomendasi perencanaan penggunaan lahan DAS Way Betung yang terbaik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model SWAT mampu mempreksi pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Way Betung. Perubahan penggunaan lahan DAS Way Betung tahun 2001 – 2010 berpengaruh terhadap karakteristik hidrologi. Rekomendasi penggunaan lahan terbaik di DAS Way Betung yaitu dengan penerapan agroteknologi pada lahan pertanian sesuai dengan fungsi kawasan hutan. Penelitian tersebut dalam melakukan kalibrasi menggunakan metode manual (*trial and error*). Penelitian yang akan dilakukan metode kalibrasi menggunakan dua metode yaitu metode *otomatis* (memakai program Sufi-2) dan metode manual (*trial and error*), yang nantinya hasil yang diharapkan lebih baik.

- 6) K. Bhuvaneshwari, *et al* (2013) “*The Impact of El Niño/Southern Oscillation on Hydrology and Rice Productivity in the Cauvery Basin, India: Application of the Soil and Water Assessment Tool*” penelitian dilakukan pada variasi hidrologi dan produktivitas tanaman padi selama peristiwa ENSO di DAS Cauvery, Tamil Nadu India, menggunakan program SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). Informasi EL Nino dan El Nina berdasarkan situs resmi NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) informasi EL Nino di dapat pada tahun (1972, 1982, 1987, 1991, 1997, 2002 and 2004) dan La Nina (1970, 1971, 1973, 1974, 1975, 1988, 1998, 1999 and 2000). Model SWAT menjalankan komposit dari tahun 1970 hingga 2008 selama El Nino, La Nina dan tahun normal terhadap hidrologi dan produksi beras di daerah penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada episode El Nino tersebut berkorelasi dengan curah hujan, hidrologi dan produktivitas padi di lembah Sungai Cauvery.

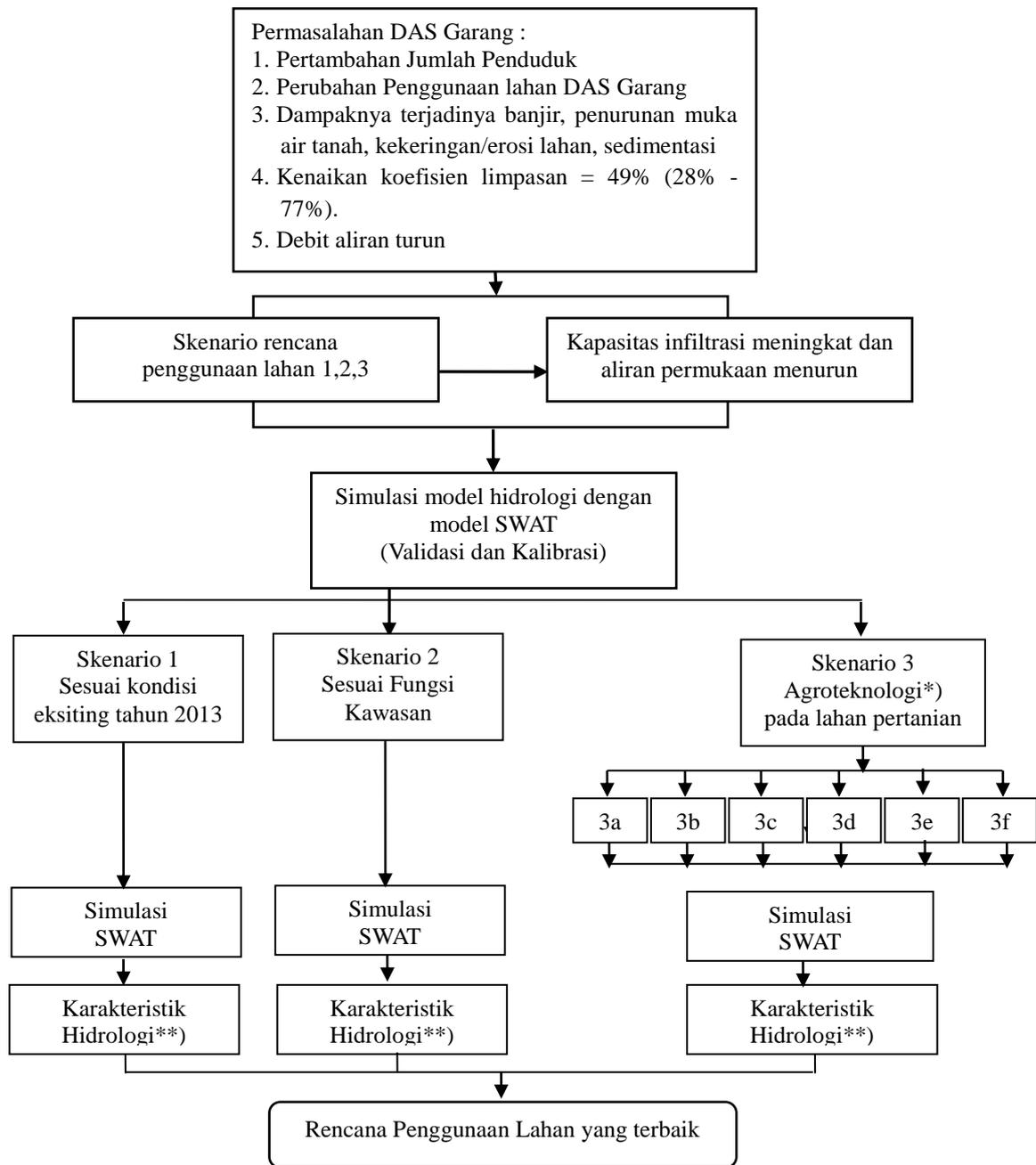
Dibandingkan penelitian-penelitian terdahulu, penelitian yang sekarang beda dengan penelitian yang penulis lakukan. Perbedaannya salah satunya dalam melakukan kalibrasi dan penilaian performance model. Jika penelitian tersebut diatas dalam menilai performance model dengan 2 cara yaitu NSE dan

R *square*. Penelitian ini ada 3 cara dalam menilai performance model (uji statistik) selain menggunakan NSE dan R Square dilakukan performace model dengan PBIAS. Dengan demikian penelitian ini adalah asli.

1.7 Kerangka Pemikiran

Pertambahan jumlah penduduk yang semakin lama semakin banyak, maka semakin meningkat pula untuk pemenuhan kebutuhan penduduk baik sandang, pangan dan papan (tempat tinggal), sedangkan sumberdaya alam tetap sehingga dalam pemenuhan kebutuhan manusia seringkali terjadi eksploitasi yang berlebihan. Dampaknya terjadi tekanan terhadap lahan mengakibatkan terjadi perubahan penggunaan lahan di DAS Garang. Sesuai dengan penelitian yang di lakukan Setyowati dan Suharini (2011) menunjukkan bahwa selama rentang waktu tahun 1995 - 2010 telah terjadi perubahan penggunaan lahan di DAS Garang Hulu. Dampaknya terjadinya banjir, kekeringan, penurunan muka air tanah serta mempengaruhi cadangan air tanah. Berdasarkan hal tersebut diatas bahwa perubahan penggunaan lahan telah mempengaruhi karakteristik hidrologi DAS Garang seperti total air sungai, aliran permukaan, debit maksimum, debit minimum, KRS (Koefisien Regim Aliran), aliran lateral, serta aliran dasar .

Upaya pemecahan masalah tersebut dengan cara melakukan analisis karakteristik hidrologi melalui pengembangan pola pengelolaan dan penggunaan lahan yang dapat meningkatkan kapasitas infiltrasi serta menurunkan aliran permukaan. Analisis karakteristik hidrologi DAS yang dipengaruhi oleh perubahan pengelolaan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan model hidrologi. Salah satu model hidrologi yang baik digunakan adalah model SWAT (*Soil and Water Assesment Tools*). Aplikasi model SWAT digunakan untuk mensimulasi perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Garang. Kerangka pemikiran penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 : Kerangka Pemikiran Penelitian

*) Agroteknologi antara lain 3a) Penanaman dalam baris lurus 3b) Penanaman dalam baris sesuai kontur 3c) Penanaman dalam baris sesuai kontur dan teras 3d) Pergiliran tanaman sesuai baris lurus 3e) Pergiliran tanaman sesuai kontur dan 3f) Pergiliran tanaman sesuai kontur dan teras

***) Karakteristik hidrologi antara lain koefisien aliran, Koefisien Ragim Aliran (KRA), debit Maksimum, debit minimum.