

KAJIAN PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN TERHADAP PROFIL MUKA AIR SUNGAI AIR HITAM KOTA PEKANBARU

Vinka Lyona

Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau,
Pekanbaru-Riau, E-mail: vinka.lyona@gmail.com

Manyuk Fauzi

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru-Riau

Sigit Sutikno

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru-Riau

*Study on Impact of Land Use Change to Water Surface Profile from Air Hitam River in
Pekanbaru City*

ABSTRACT

Air Hitam River is one of the river in Pekanbaru which have the function as the main drainage of the Pekanbaru city. In the past, land surrounding the Air Hitam River Basin is dominated by vegetation that can infiltrate rain water, but as the development of the city, the vegetation areas has changed to housing, offices, warehouses and trade. The change of land use will influence hydrology condition and make river flow higher. If the river is not able to accommodate the rain water, it will cause flooding which cause harm to the surrounding community. For this conditions, it is required data and information about the Air Hitam flooding in the watershed. This study uses the integration of Geographic Information Systems (GIS) and hydraulics models in Hec-GeoRAS. This research used existing land use data in 2010, land use plan in 2026, and land use in extreme condition to estimate. The result showed that in period from 2010 to 2026, the vegetation areas has decreased amounted to 56.778 % to 21.641 %. This causes the value of the composite runoff coefficient land greater so the river can't accommodate the flow occurs. Discharge that exceeds the capacity of the river caused flooding of 4.5 ha by 2010, 322.338 ha by 2026 and 372.645 ha by extreme conditions.

Keywords: land use, flood inundation, Hec-GeoRAS

PENDAHULUAN

Sungai Air Hitam merupakan salah satu anak sungai Siak yang menjadi pembuangan utama untuk saluran drainase jalan yang meliputi Soekarno-Hatta, HR. Subrantas, dan S.M. Amin. Daerah sekitar sungai Air Hitam ini umumnya merupakan daerah rawa yang masih banyak terdapat vegetasi dan dapat berfungsi menyimpan air. Namun seiring perkembangan kota dan peningkatan jumlah penduduk, daerah rawa tersebut mulai beralih fungsi menjadi lahan pemukiman yang dapat mengubah kondisi hidrologi daerah tersebut. Fenomena perubahan tata guna lahan sudah lazim terjadi pada daerah yang sedang berkembang seperti yang terjadi pada Kota Pekanbaru saat ini. Seiring meningkatnya perekonomian kota, maka semakin tinggi pula tingkat pembangunan sarana dan prasarana kota tersebut. Hal tersebut menyebabkan lahan vegetasi disekitar sungai Air Hitam dialih

fungsikan menjadi daerah pemukiman dan pergudangan yang menyebabkan terjadinya perubahan kondisi hidrologi pada sungai tersebut.

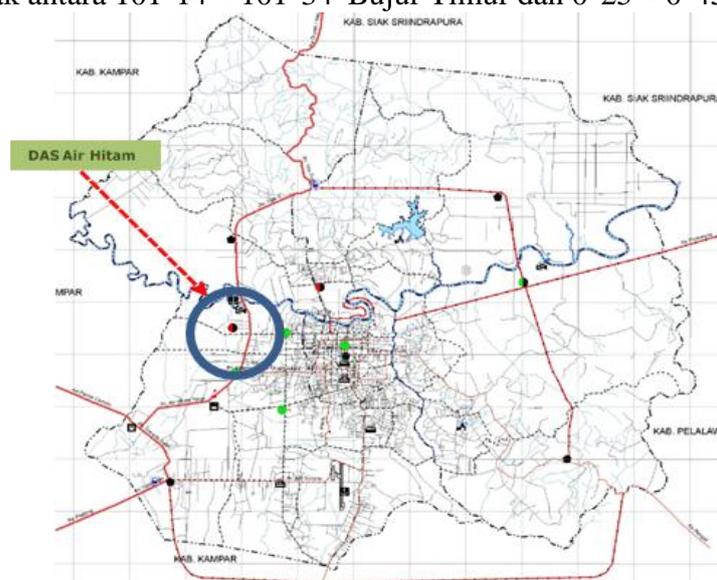
Kondisi hidrologi suatu sungai sangat dipengaruhi oleh aktifitas penggunaan lahan pada daerah disekitar sungai tersebut. Perubahan lahan vegetasi menjadi daerah pemukiman dan pergudangan yang terjadi disekitar sungai Air Hitam dapat menyebabkan meningkatnya daerah kedap air yang mengakibatkan kecilnya infiltrasi dan besarnya nilai run off pada daerah aliran sungai (DAS) Air Hitam. Peningkatan nilai run off tersebut dapat memperbesar nilai debit pada sungai Air Hitam. Jika nilai debit tersebut tidak dapat ditampung oleh sungai Air Hitam, maka permukaan air sungai akan naik sehingga menyebabkan terjadinya banjir dan kerugian yang besar. Untuk itu dibutuhkan kajian tentang perubahan tata guna lahan yang terjadi disekitar daerah aliran sungai Air Hitam tersebut agar dapat menghindari dan meminimalisir kerugian yang mungkin akan terjadi. Untuk menganalisa genangan banjir yang akan terjadi akibat perubahan tata guna lahan dapat menggunakan software ArcGIS 9.3 dengan ekstensi HEC-GeoRAS yang dapat menganalisis kondisi sungai Air Hitam.

HEC-GeoRAS merupakan permodelan yang mengintegrasikan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan permodelan hidraulika. Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam permodelan hidraulika melalui tiga proses, yaitu *pre-processing of data*, *model execution*, dan *post-processing/visualization of results*. *pre-processing of data* adalah proses dimana memasukan dan mengelompokkan data berdasarkan layer yang telah tersedia pada menu Hec-GeoRAS. *Output* dari proses ini adalah data geometri sungai berdasarkan informasi geografis yang telah ada. Proses selanjutnya adalah *model execution* dimana data geometri yang telah diolah pada proses sebelumnya di running menggunakan Hec-RAS 4. Pada proses ini data debit sungai dari tiga kondisi tata guna lahan yang berbeda disimulasikan pada model hidraulika yang telah dibuat berdasarkan data geometri Hec-GeoRAS. Dan proses terakhir adalah *post-processing/visualization of results* yaitu proses dimana hasil simulasi pada proses *model execution* diubah menjadi peta banjir.

METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada DAS Air Hitam pada kawasan kota Pekanbaru. Kota Pekanbaru terletak antara 101°14' - 101°34' Bujur Timur dan 0°25' - 0°45' Lintang Utara.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

(Sumber : Anonim,2012)

2. Data Penelitian

Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Data curah hujan yang digunakan untuk analisis hidrologi diperoleh dari stasiun pengamat curah hujan yang dekat dengan lokasi studi selama 26 tahun (tahun 1986 – 2011). Lokasi studi, Kota Pekanbaru berada dalam DPS Siak.
- b. Peta situasi
 1. Topografi dalam format *TIN (Triangulated Irregular Network)*
 2. Foto Udara tahun 2010
 3. Peta tata guna lahan yang digunakan adalah Peta Rencana Penggunaan Lahan Kota Pekanbaru Tahun 2007 – 2026.
- c. Data kondisi melintang dan memanjang sungai.

3. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan besar hujan jam jaman. data yang digunakan berupa data curah hujan harian 26 tahun (tahun 1986-2011). Menggunakan data tersebut dilakukan analisa frekuensi hujan, selanjutnya dihitung intensitas hujan yang terjadi untuk durasi tertentu. Hasil perhitungan akan memperlihatkan hubungan antara intensitas hujan dengan durasi dan frekuensi dalam grafik *IDF (Intensity Duration Frekuensi)*. Analisis IDF memerlukan analisis frekuensi dengan menggunakan seri data yang diperoleh dari rekaman data hujan. Jika tidak tersedia waktu untuk mengamati besarnya intensitas hujan atau disebabkan oleh karena alatnya tidak ada, dapat ditempuh cara-cara empiris dengan mempergunakan rumus-rumus eksperimental seperti rumus Talbot, Mononobe, Sherman dan Ishigura (Sri Harto,1993). Pada penelitian digunakan rumus monobe. Rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia dan hanya ada data hujan harian.

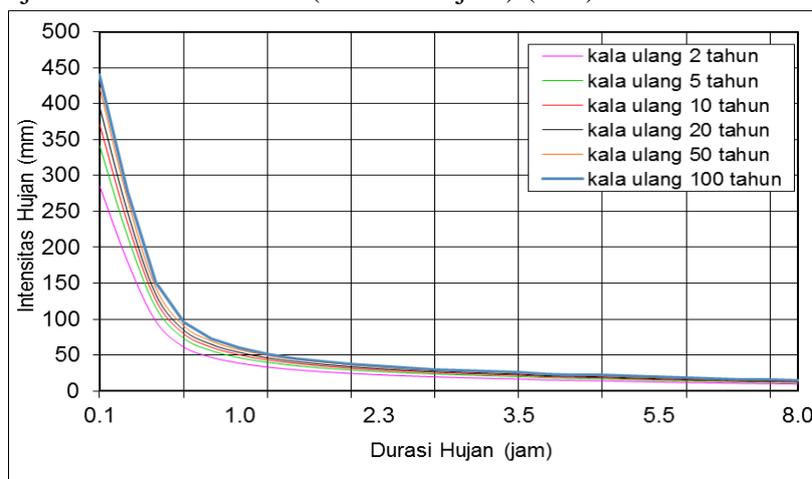
$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

dengan :

I = intensitas hujan (mm/jam),

t = lama hujan (jam),

R_{24} = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm).



Gambar 2 Kurva IDF Kota Pekanbaru
(Sumber : Perhitungan, 2013)

4. Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh untuk mengalir dari suatu titik terjauh sampai ke tempat keluaran DPS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen, yaitu, waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai saluran terdekat (t_o) dan waktu perjalanan dari pertama masuk sampai titik keluaran (t_d), sehingga:

$$t_c = t_o + t_d$$

$$t_o = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right] \text{menit}$$

$$t_d = \frac{L_s}{60v} \text{menit}$$

dengan:

n = koefisien kekasaran manning untuk limpasan (Tabel 2.7),

S = kemiringan lahan,

L = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m),

L_s = panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m),

v = kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik).

Tabel 1. Nilai Waktu Konsentrasi

No	Sub DAS	Nilai Waktu Konsentrasi (jam)		
		2010	2026	ekstrim
1	Air Hitam Hulu	93.551	9.527	10.427
2	drainase SKA	59.729	17.790	7.995
3	drainase stadion utama	129.781	75.659	13.348
4	drainase sukarno hatta kanan	90.651	29.566	11.700
5	drainase sukarno hatta kiri	9.851	12.304	4.485
6	Drainase tabek gadang	79.912	14.647	16.034

(Sumber : Perhitungan, 2013)

5. Analisis Laju Aliran Puncak (Q)

Analisis laju aliran puncak yang umum digunakan adalah metode rasional USSCS (1973). Metode rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata diseluruh DPS selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi DPS. Metode rasional dinyatakan dengan rumus sebagai berikut

$$Q = 0,002778 \cdot C \cdot I \cdot A$$

dengan :

Q = Debit puncak ($m^3/detik$),

C = Koefisien pengaliran,

I = Intensitas hujan (mm/jam),

A = Luas daerah (hektar).

$$C_{Komposit} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dengan :

A_i = luas lahan dengan jenis penutup tanah i,

C_i = koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i,

n = jumlah jenis permukaan tanah.

Tabel 2. Nilai Koefisien Limpasan Komposit

No.	Sub DAS	Koefisien limpasan komposit		
		2010	2026	ekstrim
1	Air Hitam Hulu	0.294	0.524	0.692
2	drainase SKA	0.317	0.619	0.694
3	drainase stadion utama	0.308	0.643	0.700
4	drainase sukarno hatta kanan	0.375	0.602	0.699
5	drainase sukarno hatta kiri	0.271	0.593	0.699
6	Drainase tabek gadang	0.326	0.698	0.700

(Sumber : Perhitungan, 2013)

Setelah didapat besarnya nilai koefien aliran permukaan (C), intensitas hujan (I) dengan waktu kosentrasi terpanjang yaitu di hilir DAS Air Hitam, kemudian dihitung besarnya debit pundak dari masing-masing sub DAS dengan rumus rasional dengan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai Debit Pada Kondisi Tata Guna Lahan 2010

No.	Sub DAS	Debit (m ³ /dt)					
		Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
1	drainase stadion utama	0.642	0.769	0.835	0.889	0.951	0.993
2	tabek gadang	0.610	0.731	0.794	0.845	0.904	0.944
3	drainase sukarno hatta kiri	0.855	1.024	1.112	1.184	1.267	1.323
4	drainase SKA	0.152	0.182	0.197	0.210	0.225	0.235
5	drainase sukarno hatta kanan	1.617	1.936	2.103	2.239	2.395	2.501
6	Air hitam hulu	1.855	2.220	2.411	2.568	2.747	2.868

(Sumber : Perhitungan, 2013)

Tabel 4. Nilai Debit Pada Kondisi Sesuai RTRW 2007-2026

No.	Sub DAS	Debit (m ³ /dt)					
		Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
1	drainase sukarno hatta kanan	4.754	5.691	6.182	6.584	7.041	7.353
2	drainase SKA	1.406	1.683	1.828	1.947	2.082	2.174
3	drainase sukarno hatta kiri	9.299	11.132	12.092	12.877	13.772	14.382
4	drainase stadion utama	4.657	5.575	6.056	6.449	6.897	7.203
5	Drainase tabek gadang	2.997	3.588	3.897	4.150	4.439	4.636
6	Air Hitam Hulu	12.682	15.181	16.490	17.561	18.781	19.614

(Sumber : Perhitungan, 2013)

Tabel 5. Nilai Debit Pada Kondisi Ekstrim

No.	Sub DAS	Debit (m ³ /dt)					
		Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
1	drainase stadion utama	6.024	7.211	7.833	8.342	8.922	9.317
2	tabek gadang	4.998	5.983	6.499	6.921	7.402	7.730
3	drainase sukarno hatta kiri	10.050	12.031	13.068	13.917	14.884	15.544
4	drainase SKA	1.298	1.554	1.688	1.798	1.923	2.008
5	drainase sukarno hatta kanan	5.486	6.567	7.134	7.597	8.125	8.485
6	Air hitam hulu	12.746	15.257	16.573	17.650	18.876	19.713

(Sumber : Perhitungan, 2013)

6. Analisa Permodelan Sungai Air Hitam Menggunakan Hec-GeoRAS

Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam permodelan hidraulika biasanya melalui tiga proses, yaitu *pre-processing of data*, *model execution*, dan *post-processing/visualization of results*. *pre-processing of data* adalah proses dimana memasukan dan mengelompokan data berdasarkan layer yang telah tersedia pada menu Hec-GeoRAS. *Output* dari proses ini adalah data geometri sungai berdasarkan informasi geografis yang telah ada. *model execution* adalah proses dimana data geometri yang telah diolah pada proses sebelumnya di *running* menggunakan Hec-RAS 4. Pada proses ini data debit sungai dari tiga kondisi tata guna lahan yang berbeda disimulasikan pada model hidraulika yang telah dibuat berdasarkan data geometri Hec-GeoRAS. Proses terakhir adalah *post-processing/visualization of results* adalah proses dimana hasil simulasi pada proses *model execution* diubah menjadi peta banjir (*flood inundation map*). Setelah simulasi pada HEC-RAS, maka langkah selanjutnya adalah membuat peta banjir berdasarkan simulasi sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

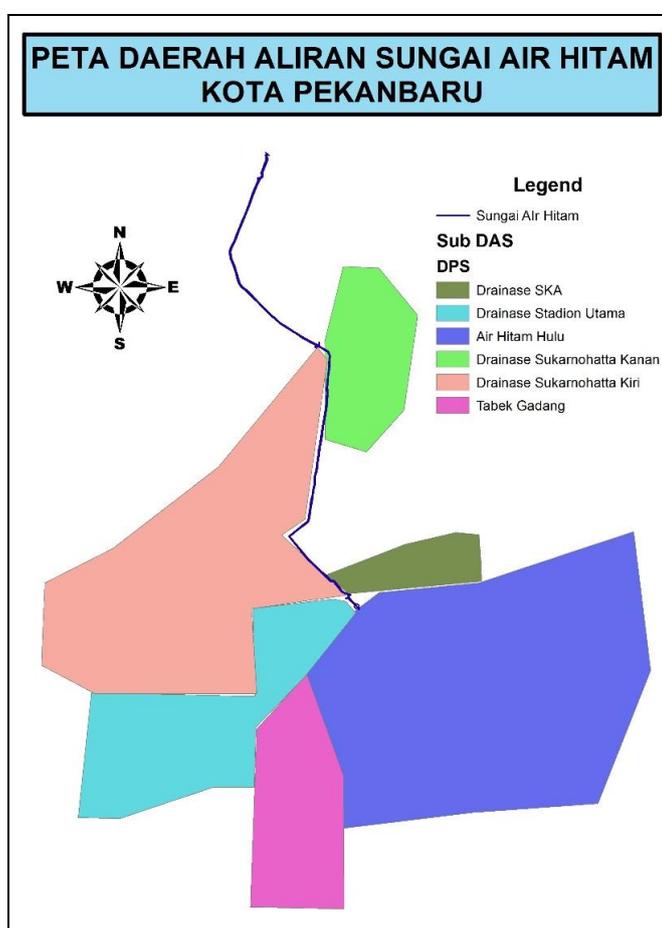
1. Pembagian Sub DAS Air Hitam

DAS Air Hitam terdiri dari beberapa daerah sub DAS yang mengalirkan air hujan menuju sungai Air Hitam. Berdasarkan konsentrasi hujan tersebut, maka daerah penelitian dibagi menjadi 6 sub DAS. Berikut adalah peta sub DAS Air Hitam yang telah dianalisis menggunakan ArcGIS 9.3 dengan luas sub DAS dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Luas sub DAS Air Hitam

No.	Sub DAS	Luas (ha)
1	Air hitam hulu	1095.262
2	drainase SKA	89.648
3	drainase stadion utama	384.656
4	drainase sukarno hatta kanan	199.900
5	drainase sukarno hatta kiri	751.431
6	tabek gadang	266.664

(Sumber : Perhitungan, 2013)



Gambar 3. Peta Sub DAS Air Hitam Kota Pekanbaru

(Sumber : Analisis, 2013)

2. Hasil Analisa Tata Guna Lahan

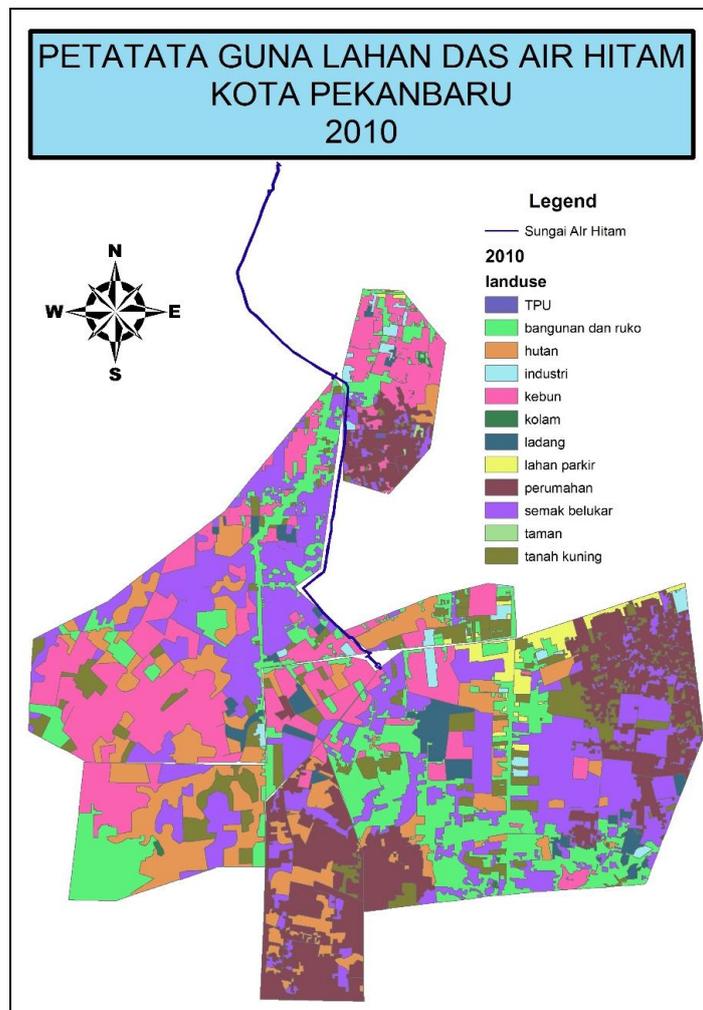
a. Analisa tata guna lahan tahun 2010

Pada tahun 2010, secara keseluruhan lahan vegetasi masih mendominasi tata guna lahan pada daerah sekitar sungai Air Hitam. Jika dikaji berdasarkan masing-masing Sub DAS,

maka tata guna lahan yang mendominasi pada Sub DAS Air hitam hulu adalah bangunan dan ruko dengan luas penggunaan lahan sebesar 242,517 ha.



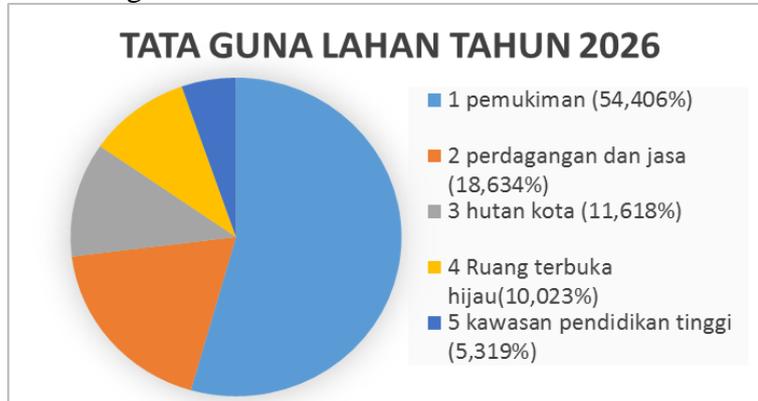
Gambar 4. Persentasi Luas Tata Guna Lahan 2010
(Sumber : Analisis, 2013)



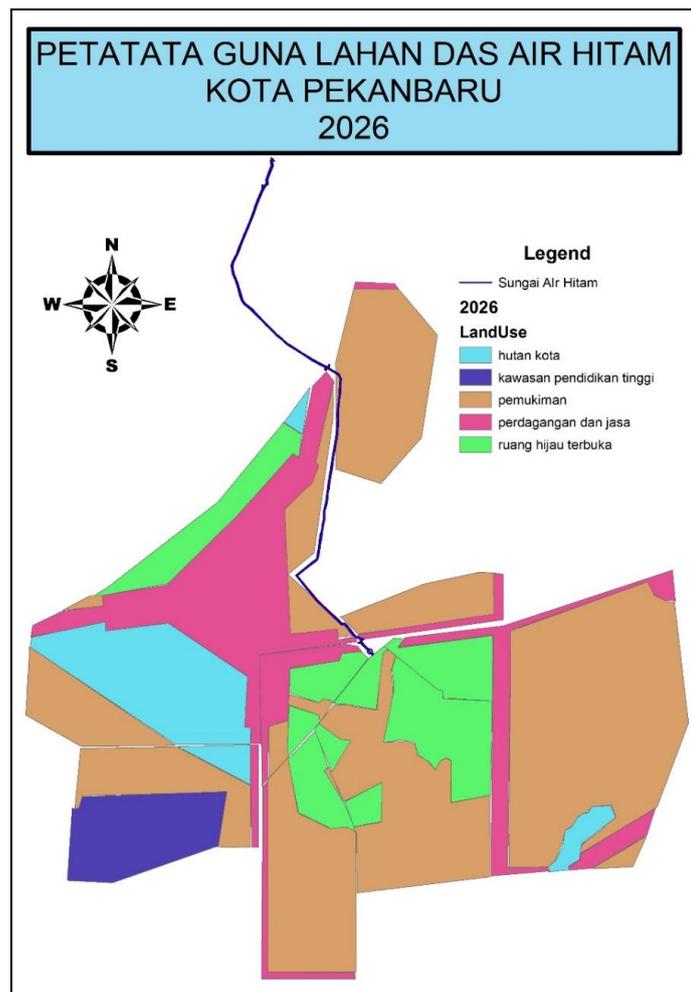
Gambar 5. Peta Tata Guna Lahan Tahun 2010
(Sumber : Analisis, 2013)

b. Analisa tata guna lahan tahun 2026

Pada tahun 2026, lahan vegetasi semakin mengecil sedangkan pemukiman semakin meluas sebesar 54,406 %. Perubahan fungsi lahan ini berdasarkan asumsi penambahan jumlah penduduk Kota Pekanbaru yang membutuhkan lahan untuk berdomisili dan beraktifitas. Besarnya luas daerah kecap air pada tahun 2026 dapat mengakibatkan bertambahnya beban sungai Air hitam dalam menampung limpasan air hujan yang terjadi pada kawasan daerah sungai tersebut.



Gambar 6. Persentasi Luas Tata Guna Lahan 2026
(Sumber : Analisis, 2013)



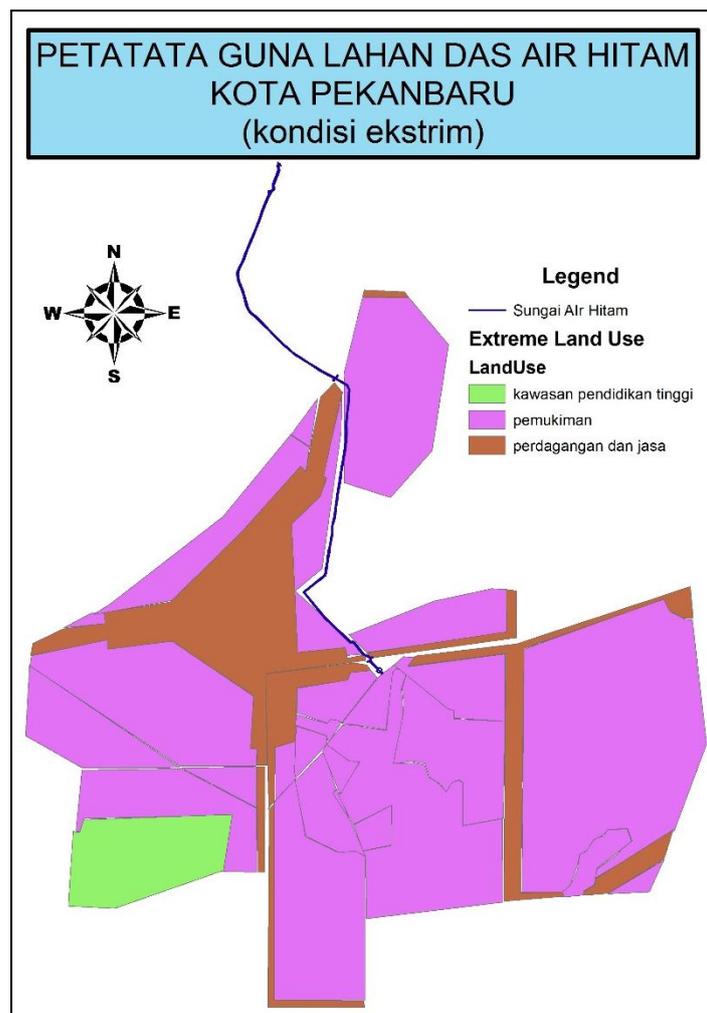
Gambar 7. Peta Tata Guna Lahan Tahun 2026
(Sumber : Analisis, 2013)

c. Analisa tata guna lahan pada kondisi ekstrim

Pada kondisi ini, diasumsikan bahwa seluruh lahan vegetasi pada tata guna lahan tahun 2026 beralih fungsi menjadi pemukiman atau apartemen. Berdasarkan hal tersebut, maka didapatkan luas penggunaan lahan pemukiman adalah sebesar 87,376 % sehingga daerah di kawasan sungai Air hitam merupakan daerah kedap air yang akan memberi nilai limpasan yang sangat besar terhadap sungai Air hitam.



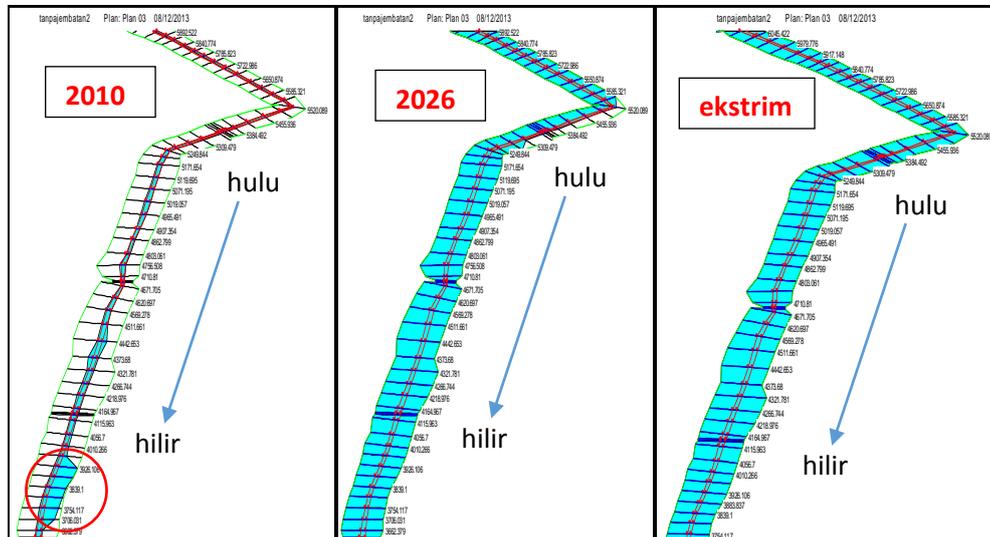
Gambar 8. Persentasi Luas Tata Guna Lahan Kondisi Ekstrim
(Sumber : Analisis, 2013)



Gambar 9. Peta Tata Guna Lahan Kondisi Ekstrim
(Sumber : Analisis, 2013)

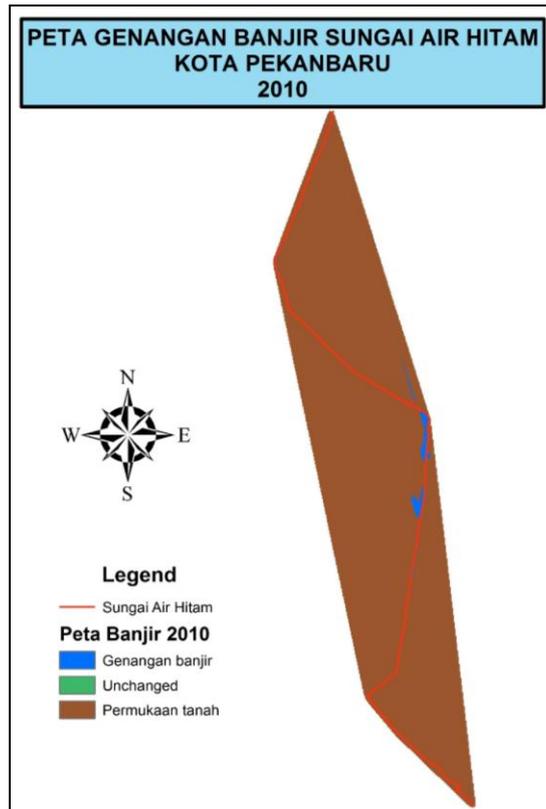
3. Hasil Analisa Simulasi Debit Sungai

Analisa simulasi debit sungai Air Hitam menggunakan integrasi model hidraulika dan sistem informasi data. Setelah pembuatan data geometri sungai, kemudian menggunakan *Software Hec-RAS* untuk melakukan hitungan dan analisis *steady flow* berdasarkan faktor hidrolika dengan tiga kondisi debit yang berbeda.

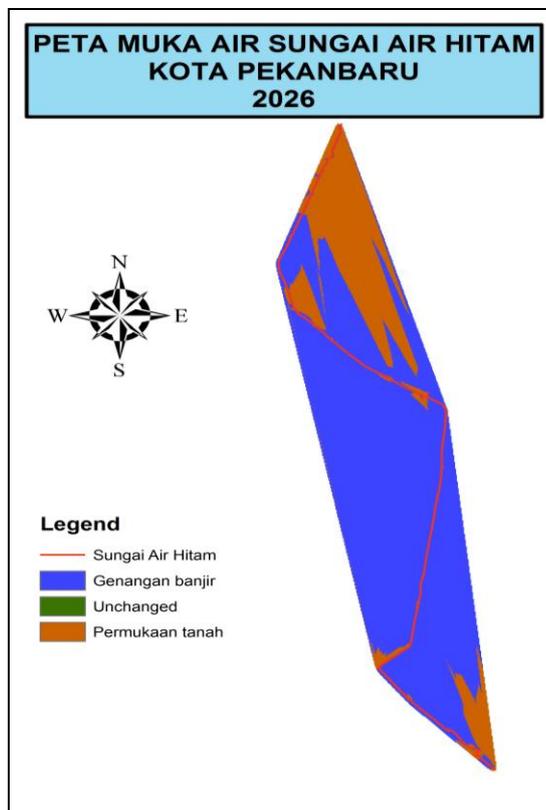


Gambar 10. Genangan Banjir Pada Tiga Kondisi *Land Use* Yang Berbeda
(Sumber : Analisis, 2013)

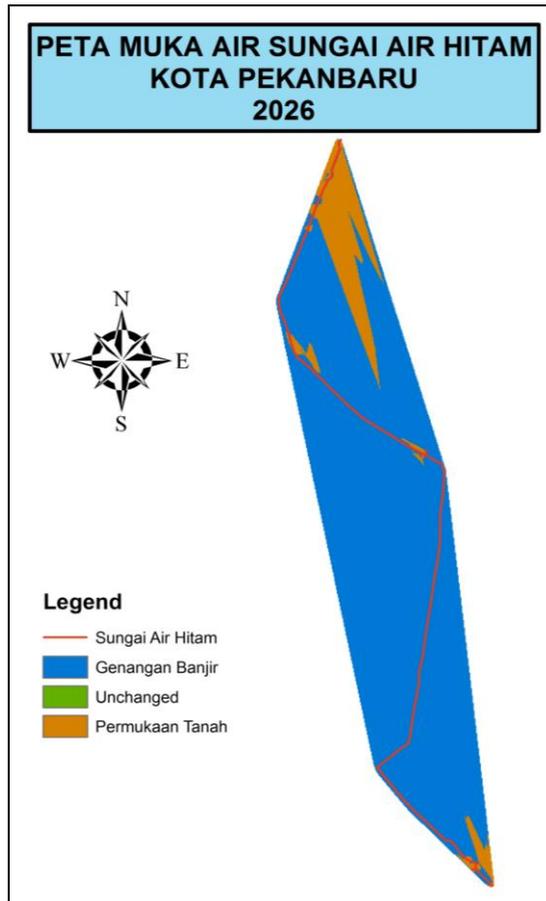
Setelah melakukan analisis *steady flow*, selanjutnya adalah visualisasi model hidraulika genangan banjir dengan cara spasial menggunakan Hec-GeoRAS, namun karena keterbatasan data maka visualisasi genangan banjir diwakilkan dengan menggunakan metode *cut/fill* antara peta elevasi muka air masing-masing profil dengan peta elevasi muka tanah. Pada tahun 2010 dengan luas lahan vegetasi sebesar 56,78% terjadi genangan banjir seluas 4,5 ha seperti pada gambar 4.13 Peta genangan banjir sungai Air hitam tahun 2010. Pada tahun 2026 dengan luas lahan vegetasi sebesar 21,641 % terjadi genangan banjir seluas 322,338 ha seperti pada gambar 4.15 Peta genangan banjir sungai Air hitam tahun 2026. Dan Pada kondisi ekstrim dengan luas lahan pemukiman sebesar 87,376% terjadi genangan banjir seluas 372,645 ha



Gambar 11. Peta Genangan Banjir Tahun 2010
(Sumber : Analisis, 2013)



Gambar 12. Peta Genangan Banjir Tahun 2026
(Sumber : Analisis, 2013)



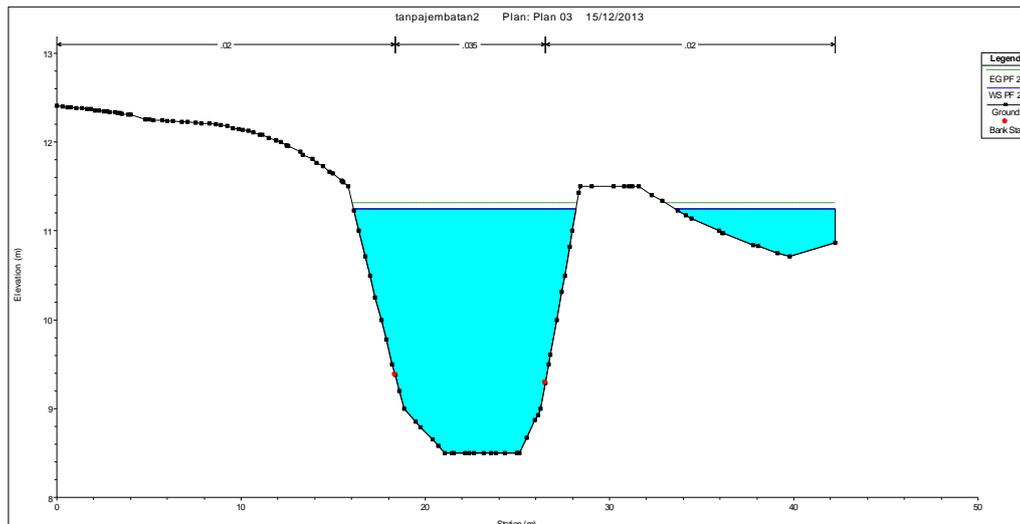
Gambar 13. Peta Genangan Banjir Kondisi Ekstrim
(Sumber : Analisis, 2013)

4. Validasi dan Identifikasi

Validasi hasil simulasi berfungsi untuk membuktikan bahwa hasil permodelan telah mendekati kondisi nyata dan benar. Validasi diperoleh dengan membandingkan hasil permodelan dengan kondisi nyata, acuan kondisi nyata yang digunakan adalah foto sungai Air Hitam. Berdasarkan validasi hasil, maka hasil permodelan sudah sesuai dengan kondisi nyata seperti pada gambar berikut :



Gambar 14. Genangan Banjir pada STA 6556,208 Kondisi Sesuai RTRW Kota Pekanbaru 2007-2026
(Sumber : Anonim, 2012)



Gambar 15. Genangan Banjir pada STA 6556,208 Kondisi Sesuai RTRW Kota Pekanbaru 2007-2026
(Sumber : Analisis, 2013)

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil studi kajian pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit sungai Air Hitam Kota Pekanbaru, menghasilkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hasil analisis perubahan tata guna lahan DAS Air hitam dari tahun 2010, 2026 dan kondisi ekstrim adalah sebagai berikut :
 - a. Pada tahun 2010, tata guna lahan di DAS Air Hitam didominasi oleh lahan vegetasi sebesar 56,778 % sedangkan untuk lahan non vegetasi adalah sebesar 43,222 %.
 - b. Pada tahun 2026, tata guna lahan di DAS Air Hitam didominasi oleh lahan non vegetasi sebesar 78,539 % sedangkan untuk lahan vegetasi adalah sebesar 21,641 %.
 - c. Pada kondisi ekstrim, seluruh tata guna lahan di DAS Air Hitam dianggap merupakan lahan non vegetasi.
2. Nilai koefisien limpasan komposit pada tiap Sub DAS di DAS Air Hitam dari tahun 2010 sampai tahun 2026 semakin besar. Hal ini diakibatkan oleh perubahan tata guna lahan yang terjadi pada DAS tersebut.
3. Dari hasil analisis banjir didapat luas genangan banjir pada tahun 2010 adalah sebesar 4,5 ha, pada tahun 2026 luas genangan banjir sebesar 322,338 ha, dan pada kondisi ekstrim didapat luas genangan banjir sebesar 372,645 ha.
4. Penyebab genangan banjir yang terjadi pada DAS Air hitam adalah peralihan fungsi lahan vegetasi menjadi lahan non vegetasi dan pembangunan di daerah sempadan sungai Air Hitam yang dapat mengakibatkan mengecilnya luas penampang sungai.

Beberapa saran yang dapat dikemukakan dalam kajian pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit sungai Air Hitam Kota Pekanbaru ini antara lain, yaitu :

1. Dalam proses pembuatan geometri sungai menggunakan HEC-GeoRAS sering mengakibatkan error jika tidak teliti dalam memasukkan data. Apabila terjadi kesalahan dalam data geometri sungai maka akan mempengaruhi hasil running HEC-RAS.
2. Disarankan agar memastikan peta TIN yang digunakan sudah memiliki referensi spasial agar mempermudah post-processing/visualization of results.

3. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar mengkaji lebih lanjut mengenai pembuatan peta genangan banjir yang terjadi pada DAS Air Hitam jika pasang surut sungai Siak mempengaruhi debit sungai Air Hitam.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. *SNI 03-2415-1991 Rev. 2004 : Tata Cara Perhitungan Debit Banjir*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2012. *Laporan Akhir Sungai Air Hitam*. Pekanbaru.
- Harto, Sri Br. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Putra, B. 2012. *Kajian Pengaruh Pengalihan Aliran Dari Stadion Utama Terhadap Genangan Terminal Bandar Raya Payung Sekaki*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Suroso, & Susanto, H.A. 2009. Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Daerah Aliran Sungai Banjaran. <http://digilib.umm.ac.id>, diakses pada tanggal 20 November 2012, Pkl. 19.47 WIB.
- Triatmodjo, Bambang. (2009). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Untari, A. 2012. *Studi Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Di Das Citepus, Kota Bandung*. Tesis Pasca Sarjana, Program Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Wibowo, M. 2005. *Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Sungai (Studi Kasus Sub DAS Cikapundung Gandok, Pekanbaru)*. [Http://ejurnal.bppt.go.id](http://ejurnal.bppt.go.id), diakses pada tanggal 20 November 2012, Pkl. 19.44 WIB.