



SISTEM DINAMIK ALOKASI PEMBUANGAN AIR LIMBAH KE SUNGAI

Muhamad Komarudin

PENDAHULUAN

- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air disebutkan bahwa air merupakan komponen lingkungan hidup yang penting bagi kelangsungan hidup dan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya.
- Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan harus memperhitungkan kepentingan generasi sekarang maupun generasi mendatang (Effendi 2003).
- Menurut Suriawira (2005) berbagai aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya yang berasal dari kegiatan industri, rumah tangga dan pertanian akan menghasilkan limbah yang memberi sumbangan pada penurunan kualitas air sungai.
- Peningkatan beban limbah yang dialirkan ke sungai dikhawatirkan akan melebihi daya tampungnya dan apabila daya tampungnya terlampaui dapat mengakibatkan terganggunya daya dukung sungai yang pada akhirnya sumber daya alam ini akan mengalami kelangkaan baik ditinjau dari kuantitas maupun kualitas (Fadli 2008).

Kondoatie (2010) menyatakan bahwa kondisi kuantitas dan kualitas air yang tidak normal menunjukkan telah terganggunya siklus hidrologi sehingga akan menimbulkan 3 (tiga) masalah klasik air yaitu “*too much*” (banjir), “*too little*” (kekeringan) dan “*too dirty*” (tercemar).



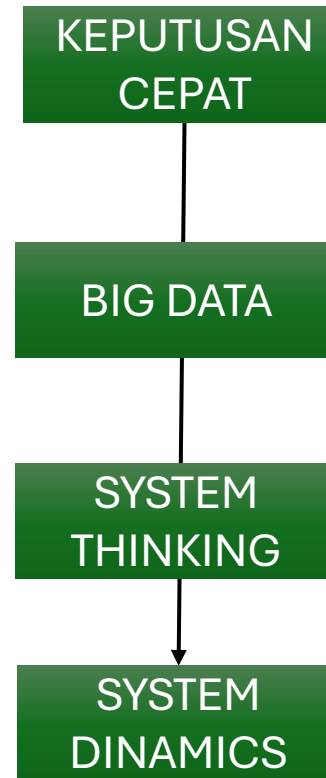
Tiga masalah klasik ini cenderung telah menjadi ekstrim yang berpotensi menjadi masalah besar bagi umat manusia.



Permasalahan diatas merupakan cerminan permasalahan yang terjadi pada ruang jaringan sungai (*instream*) dan pada ruang daerah aliran sungai (*offstream*).

ERA VUCA

V	Volatility (Volatilitas)	Perubahan yang cepat dan tidak terduga. Contoh: harga komoditas yang naik-turun drastis.
U	Uncertainty (Ketidakpastian)	Kurangnya prediktabilitas, sulit meramalkan masa depan. Contoh: pandemi COVID-19.
C	Complexity (Kompleksitas)	Banyaknya faktor yang saling terkait dan memengaruhi sistem. Contoh: kebijakan global, iklim, ekonomi saling berhubungan.
A	Ambiguity (Ambiguitas)	Kurangnya kejelasan tentang makna suatu kondisi. Contoh: aturan yang multitafsir.



Implikasi VUCA dalam paradigma berpikir sangat besar karena VUCA menantang cara berpikir tradisional yang linear, kaku, dan berbasis kepastian. Dalam dunia yang penuh **Volatility, Uncertainty, Complexity, dan Ambiguity**, kita dituntut untuk **menggeser paradigma berpikir** menuju model yang **lebih adaptif, sistemik, reflektif, dan kreatif**.



BIG DATA, SYSTEM THINKING, SYSTEM DINAMICS



Karakteristik Big Data (Umumnya disebut **5V**):

V	Nama	Penjelasan
1	Volume	Ukuran data sangat besar (terabyte, petabyte, bahkan lebih)
2	Velocity	Kecepatan data masuk dan diproses sangat tinggi (real-time atau streaming)
3	Variety	Bentuk data beragam: teks, gambar, audio, video, sensor, log, dll.
4	Veracity	Tingkat kepercayaan/kualitas data (banyak yang tidak rapi, tidak terstruktur)
5	Value	Nilai atau manfaat yang bisa diperoleh dari analisis data tersebut

BERPIKIR SISTEMIK



Holistik

Melihat sebuah sistem secara utuh, tidak sebagai bagian terpisah



Keterkaitan

Mengenali hubungannya antara berbagai komponen dalam sebuah sistem



Umpan Balik

Memahami bagaimana perubahan dalam sebuah sistem dapat memperkuat atau mengimbangi



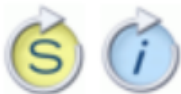
Kausalitas

Memusatkan perhatian pada bagaimana elemen-elemen yang berbeda dalam sebuah sistem

System thinking adalah pendekatan pemikiran yang memahami bagaimana bagian-bagian dalam suatu sistem saling berinteraksi membentuk keseluruhan, serta bagaimana perubahan di satu bagian bisa memengaruhi bagian lainnya.

Contoh : Pencemaran air sungai
→ bukan hanya karena industri, tapi juga karena pengelolaan limbah domestik, regulasi pemerintah, perilaku masyarakat.

SOFTWARE PACKAGES INCLUDED IN THE EVALUATION PROCESS

Name	Web pages	Licence	Logo
<i>Stella, iThink</i>	www.iseesystems.com	Commercial	
<i>AnyLogic</i>	www.anylogic.com/	Commercial	
<i>Vensim PLE</i>	vensim.com/	Commercial	
<i>TRUE</i>	www.true-world.com/	Freeware	
<i>Insight Maker</i>	insightmaker.com/	<u>Open-source</u>	
<i>Powersim Studio</i>	powersim.com/	Commercial	
<i>Sysdea</i>	sysdea.com/	Commercial	

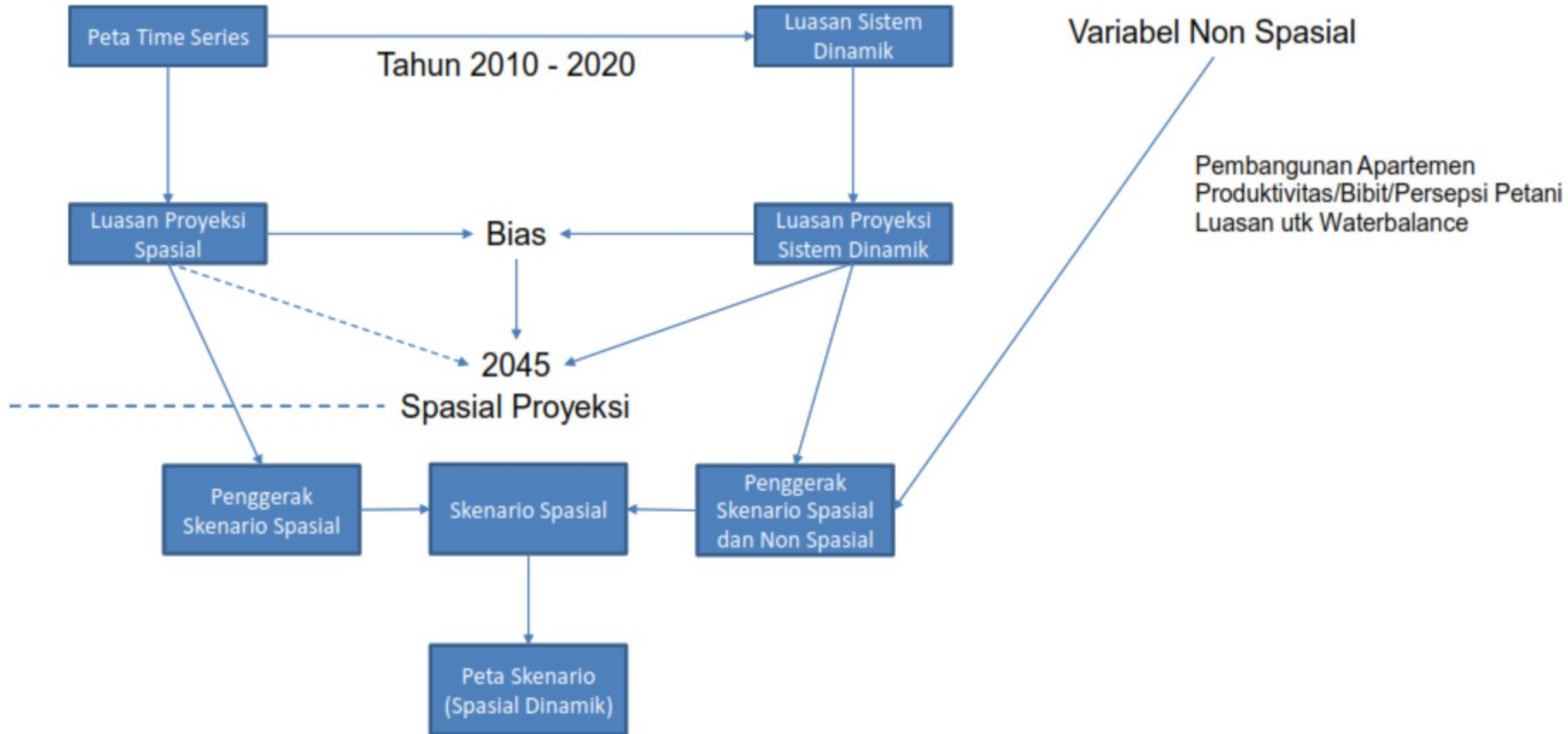
EVALUATION OF SELECTED SYSTEM DYNAMICS SOFTWARE PACKAGES

Criteria	Alternatives						
	Stella	AnyLogic	Vensim	True	Insight Maker	Powersim	Sysdea
Graphics	9	7.5	7	4.5	5	9	10
<i>Aesthetics</i>	9	8	6	4	6	8	10
<i>Navigation</i>	9	7	8	5	4	10	10
Availability	7	8	7	9	10	8	7.5
<i>Price and licence type</i>	7	6	6	9	10	6	7
<i>Trial version</i>	7	10	8	N/A	N/A	10	8
Functionality	8	10	10	7	4	9	3
Help	8.25	8.5	9	5.5	3.25	8	8.5
<i>Sample models</i>	7	10	10	8	2	6	8
<i>Basic help</i>	10	9	8	4	2	9	10
<i>Guidelines</i>	9	8	10	7	4	9	10
<i>Video tutorials</i>	7	7	8	3	5	8	6
Education	9	5	1	N/A	7	10	10
<i>Range of possibilities</i>	10	6	1	N/A	3	10	10
<i>Prices</i>	7	2	2	N/A	8	N/A	10
<i>Availability</i>	10	7	0	N/A	10	10	10
Average Points	8.25	7.8	6.8	5.2	5.85	8.8	7.8
Overall Evaluation							
SUS Grade Scale	B	C	D	F	F	B	C
Adjective Ranking	Good	Good	OK	Poor	OK	Excellent	Good
Acceptability	Accept	Accept	Marginal - High	Marginal - Low	Marginal - Low	Accept	Accept

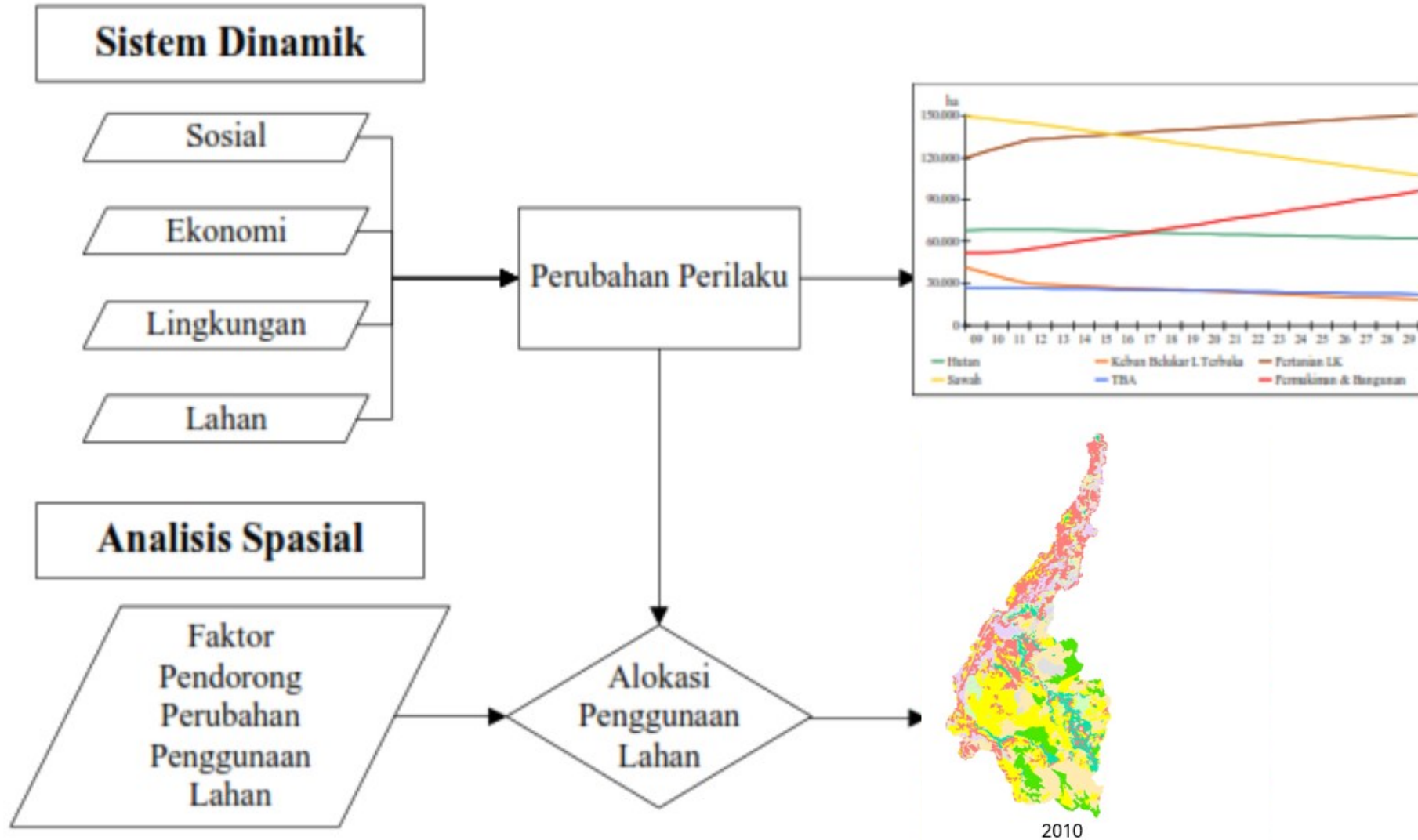
Spatial Dynamics

Spasial

Sistem Dinamik

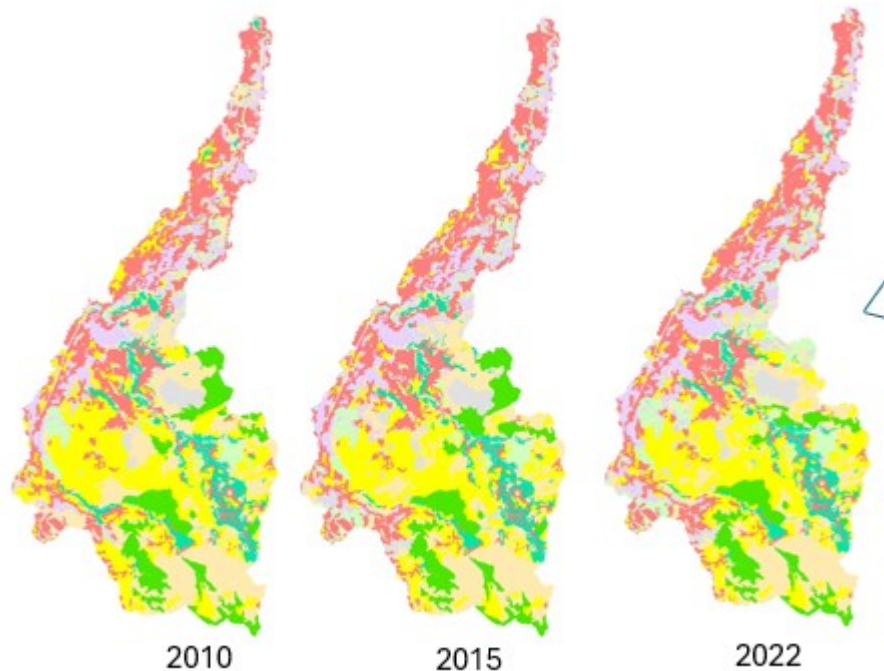


Tahapan Spasial Dinamik

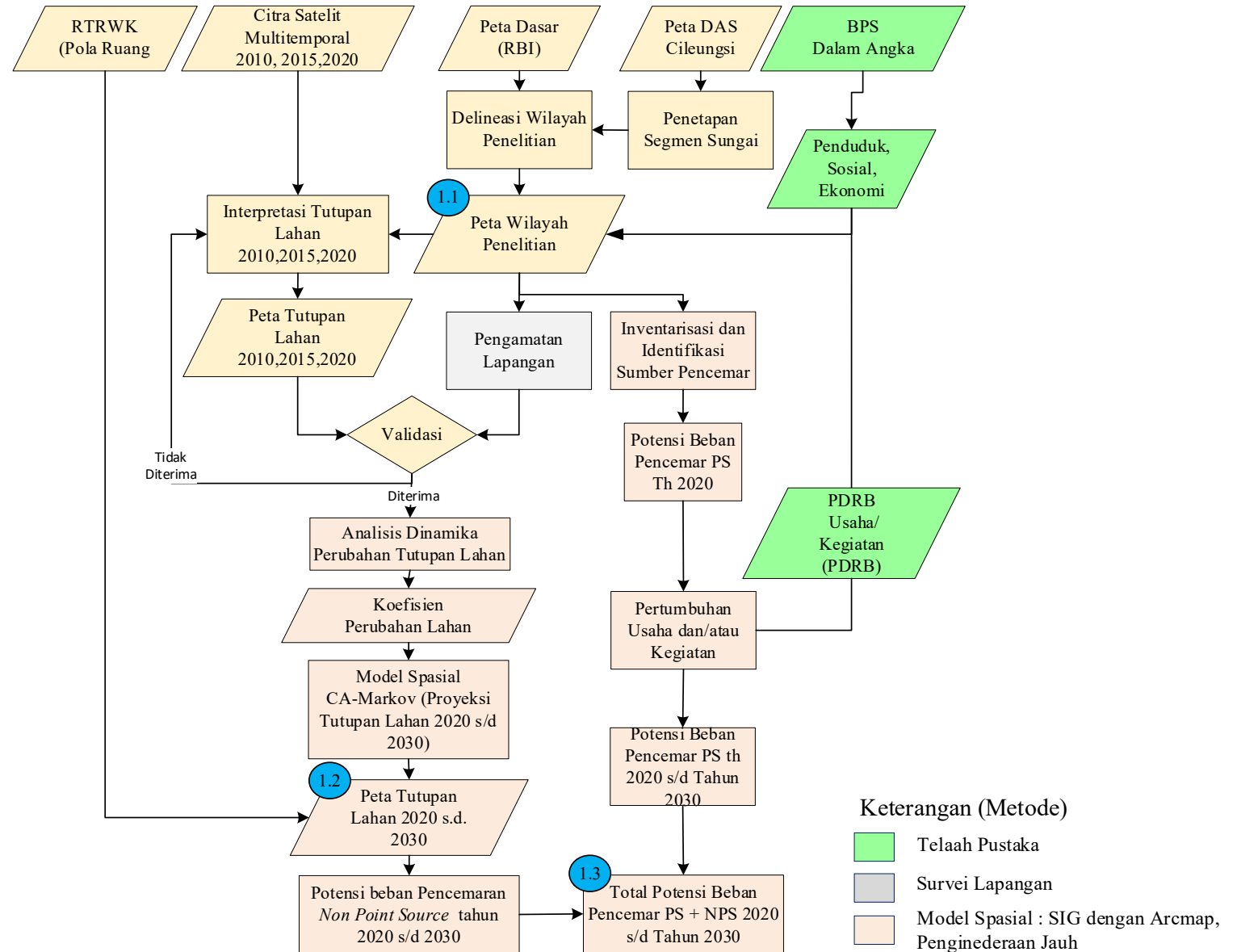


SPASIAL DINAMIK

- Melakukan simulasi pada peta hingga tahun di tentukan
- Dapat melihat perubahan dan pergerakan peta kearah mana secara alami
- Tujuan dalam simulasi peta jelas, apa yang akan dilihat
- Pertimbangan dengan data dan spasial yang time series
- Faktor-faktor dalam perencanaan tata ruang secara spasial telah di pertimbangan
- Faktor-faktor secara kuantitatif dan kualitatif telah dipertimbangkan

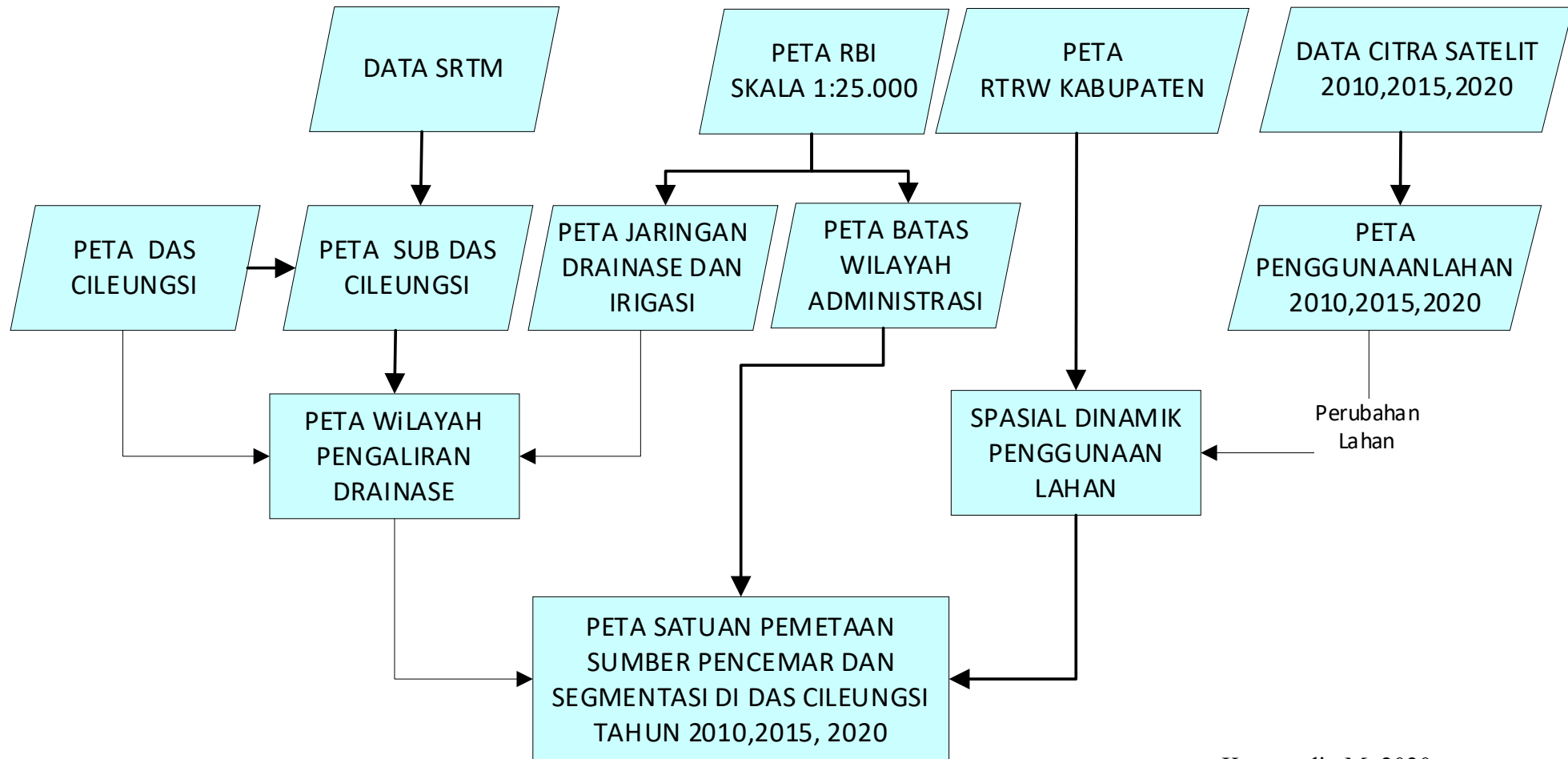


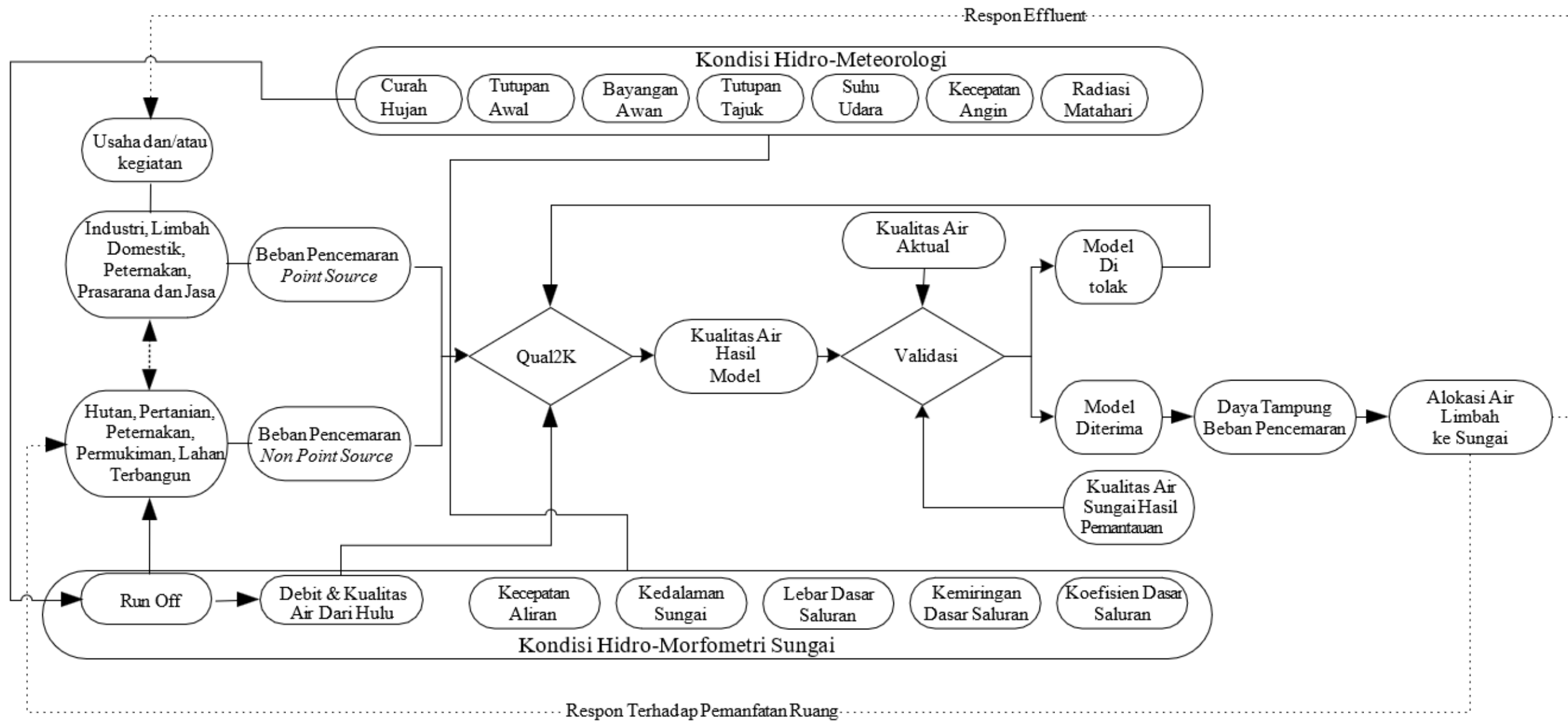
Contoh Skema : Perhitungan Total beban Pencemaran di masa mendatang



PENDETELILAN WILAYAH PENGALIRAN

SEBAGAI BATAS SATUAN WILAYAH SUMBER PENCEMAR

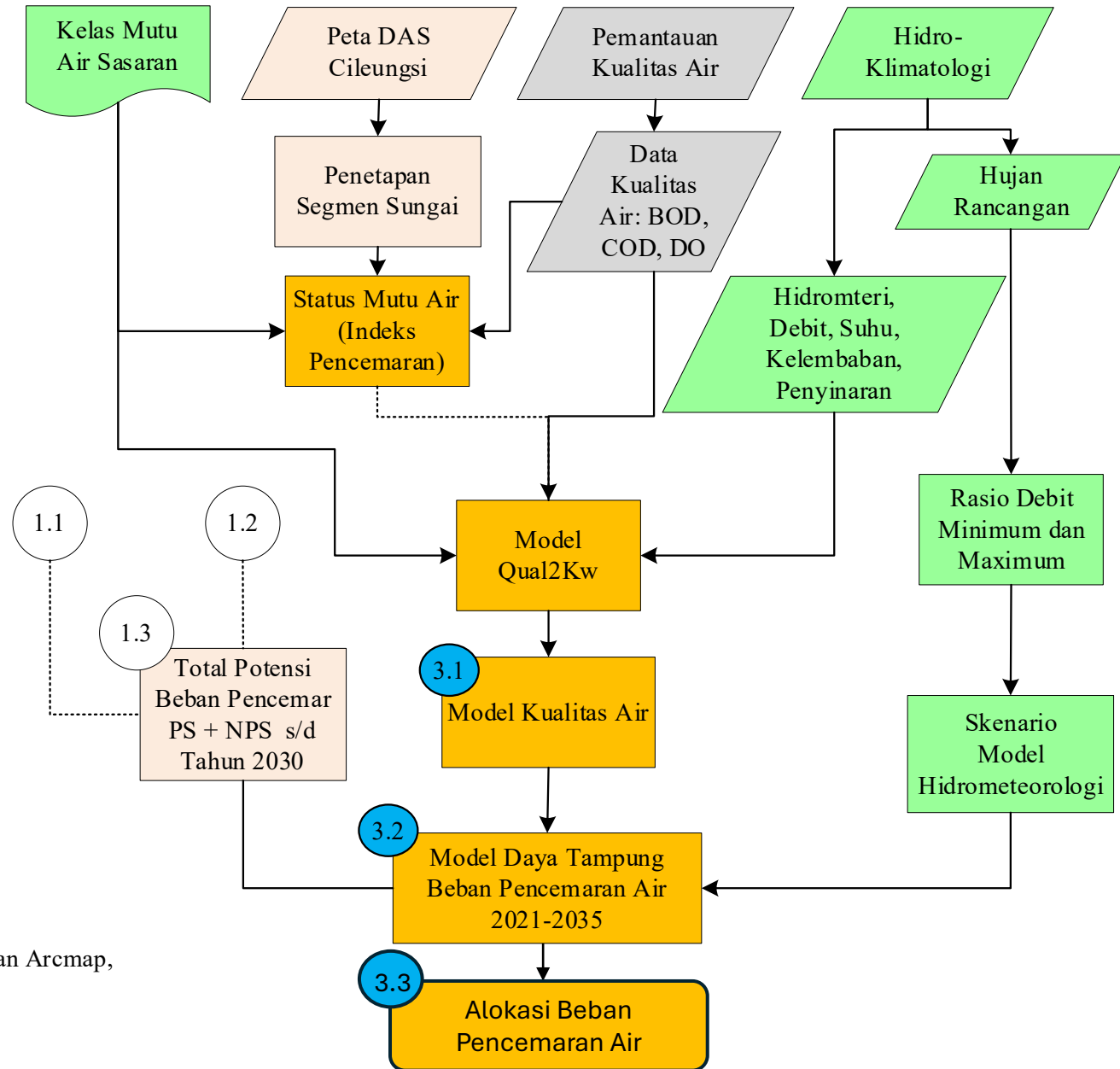




Contoh Skema : Perhitungan dan Prediksi Alokasi Beban Pencemaran Saat ini dan masa Mendatang

Keterangan (Metode)

- Telaah Pustaka
- Survei Lapangan
- Model Spasial : SIG dengan Arcmap, Penginderaan Jauh
- Model Numerik





CONTOH : MODEL KEBIJAKAN PEMBUANGAN AIR LIMBAH BERBASIS ALOKASI BEBAN PENCEMARAN AIR

INPUT TIDAK TERKONTROL

- Curah hujan
- Debit di hulu tanpa bangunan air
- Air limbah dari kegiatan yang tidak berizin (Permukiman, Pertanian, Peternakan, dll)

INPUT TERKONTROL

- Izin Pembuangan Air Limbah
- Izin Pemanfaatan Air
- Effluent IPAL industri
- Effluent Sistem Drainase Kota / Irigasi
- Debit di Hulu dengan bangunan air

KEBIYAKAN

Pengaturan izin pembuangan air limbah berbasis alokasi beban pencemaran air sungai

PROSES

Alokasi Pembuangan Air Limbah ke Sungai

UMPAN BALIK

Optimalisasi sistem alokasi pembuangan air Limbah

OUTPUT YANG DIINGINKAN

- Kualitas air sungai memenuhi baku mutu
- Meningkatnya Investasi
- Pemanfaatan ruang yg optimal
- Terpenuhi standard Kesehatan masyarakat dan lingkungan

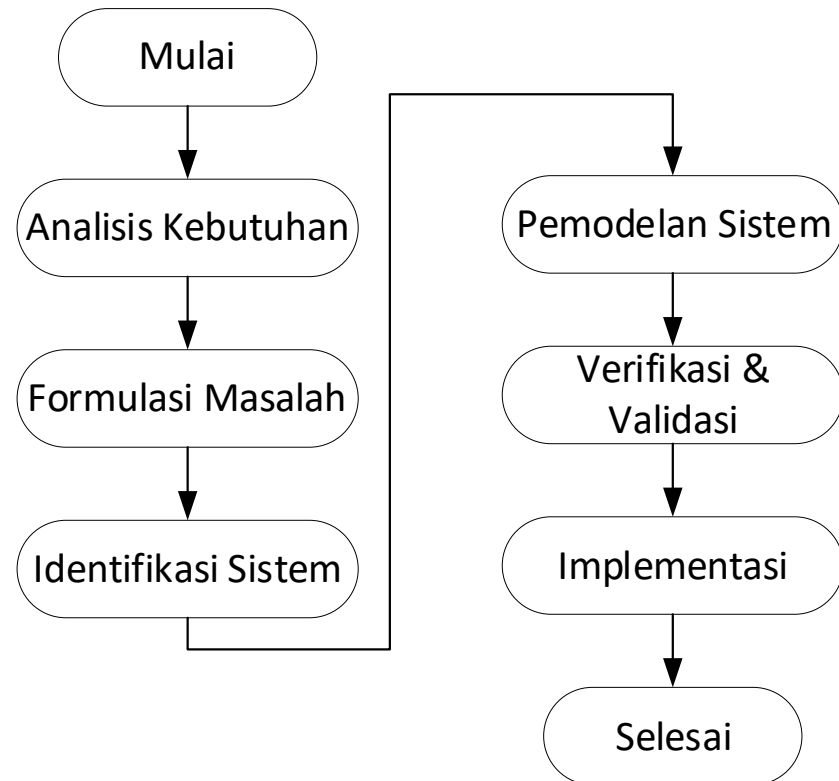
OUTPUT YANG TAK DIINGINKAN

- Pembuangan air limbah ke Sungai yang tidak berizin
- Pemanfaatan air yang tidak kontrol
- Menurunnya kualitas air sungai
- Terhambatnya investasi pemanfaatan ruang

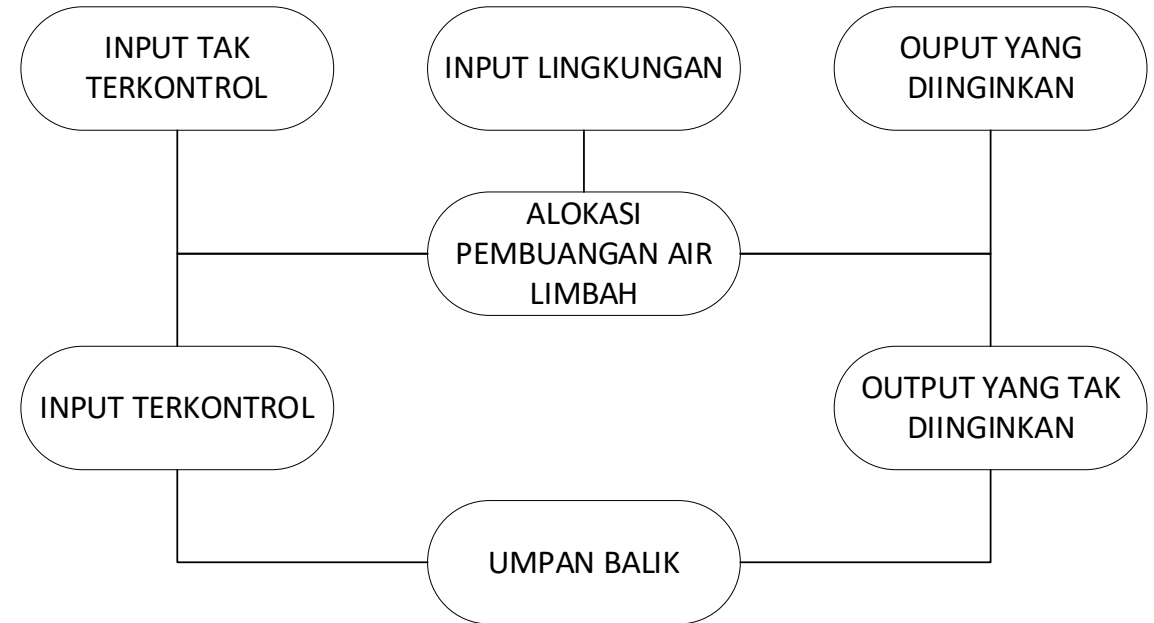
DIAGRAM ALUR KERJA

TAHAPAN MEMBANGUN MODEL

a. Tahapan Pendekatan Sistem



b. Diagram Input - Output



Sumber : Manetsch dan Park, 1977, Hartrisari, 2007

TAHAPAN ANALISIS

Tahapan analisis dan perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran air dengan penggunaan model Qual2Kw adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Model; Tujuannya untuk mengidentifikasi konsep pemodelan sederhana yang merepresentasikan seluruh fenomena penting yang berpengaruh terhadap persebaran dan transformasi zat pencemar di sungai.
2. Desain Model; Pada tahap desain model ini akan ditetapkan luasan dan batas wilayah yang akan dimodelkan serta durasi waktu pemodelan.
3. Simulasi Model; Simulasi dengan menggunakan berbagai skenario manajemen yang relevan. Karakteristik fisik badan air yang dimodelkan selalu memiliki ketidakpastian (*uncertainty*), sifat dan perilaku pencemar juga banyak yang belum dikenali, sehingga eksekusi model (simulasi) dilakukan dengan menggunakan beberapa skenario. Simulasi dilakukan dengan mempertimbangkan seberapa akurat hasil yang diinginkan, juga melihat keterbatasan dan kelebihan model.
4. Kalibrasi Model; Kalibrasi dilakukan dengan mencocokkan nilai variabel yang digunakan agar hasil pemodelan sesuai atau mendekati data yang dikumpulkan di lapangan. Kalibrasi model dilakukan melalui proses analisis sensitivitas untuk mendapatkan hasil pemodelan yang paling mendekati dengan data lapangan atau eksperimen.
5. Validasi/verifikasi.; Pada tahap ini hasil simulasi dibandingkan dengan satu set data lapangan yang berbeda dengan data lapangan yang digunakan pada tahap kalibrasi. Pada validasi dapat diuji apakah parameter yang digunakan pada tahap kalibrasi sudah sesuai jika digunakan untuk data set yang lain, sehingga siap untuk mensimulasikan skenario-skenario yang biasanya meramalkan kejadian di masa mendatang.
6. Analisis Sensitivitas; Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh relatif dari parameter atau variabel yang digunakan dalam pemodelan terhadap konsentrasi zat pencemar, sehingga diperoleh informasi mengenai faktor apa saja yang dominan berpengaruh dalam kualitas air sungai.
7. Analisis Hasil Pemodelan; Analisis hasil pemodelan dilakukan dengan menggunakan referensi teori ilmiah, membandingkan dengan kondisi di lapangan dan juga dengan meminta *expert judgment*. Hasil pemodelan ditayangkan dalam bentuk grafik, table, peta maupun paparan deskriptif. Hasil pemodelan menyajikan analisis permasalahan, potensi dan rekomendasi yang berbentuk kuantitatif dan kualitatif.

Simulasi dilakukan dengan menggunakan minimal dua skenario yang berbeda. Skenario satu adalah skenario dimana simulasi akan menghasilkan kualitas air yang merupakan respon atas masuknya beban pencemar eksisting. Sedangkan simulasi skenario dua adalah skenario yang menghasilkan gambaran kualitas air sebagai akibat beban pencemar yang masuk, namun masih memenuhi daya tampung beban pencemar yang ditetapkan.

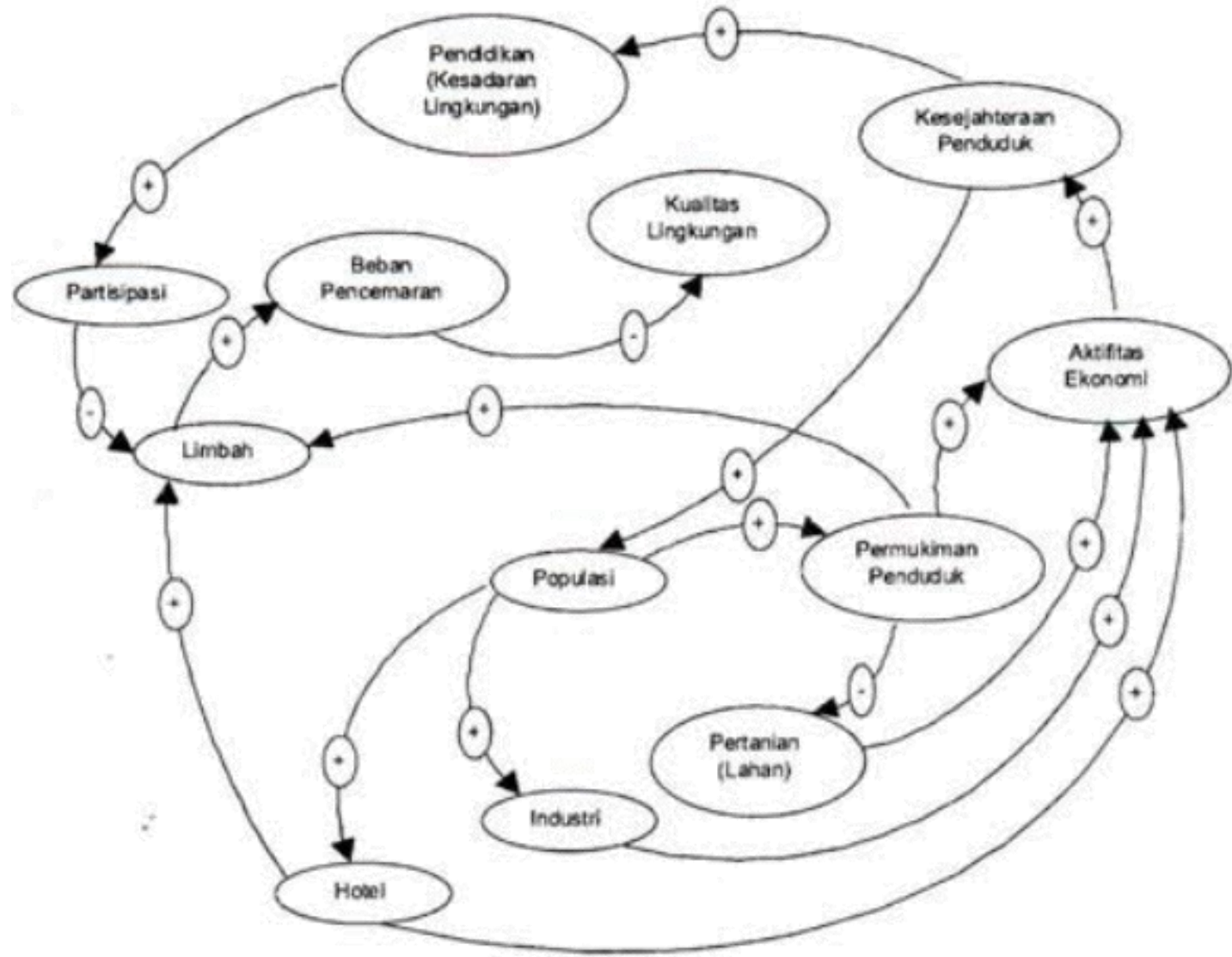
TAHAPAN MENYUSUN MODEL DINAMIK ALOKASI PEMBUANGAN AIR LIMBAH

Model Dinamik Alokasi Pembuangan Air Limbah ke Sungai Cileungsi disusun dengan metode sistem dinamik. Berikut tahapan dalam menyusun model dinamik alokasi pembuangan air limbah (Manetsch and Park, 1977, Hartrisari, 2007):

- 1) Analisis kebutuhan. Seluruh pelaku (*stakeholder*) terkait dan kebutuhannya terhadap air bersih diidentifikasi dan dijadikan sebagai dasar untuk memahami sistem yang dikaji.
- 2) Formulasi permasalahan. Permasalahan yang dihadapi dalam alokasi pembuangan limbah cair adalah terjadinya penurunan kualitas dan kuantitas sumber air sungai Cileungsi.
- 3) Identifikasi sistem. Identifikasi sistem menghasilkan spesifikasi yang terperinci tentang peubah yang menyangkut rancangan dan proses pengendalian. Teknik dan metode pengambilan keputusan yang layak untuk mendukung perumusan operasionalisasi sistem mulai diidentifikasi dan dianalisa (Marimin dan Maghfiroh 2013).
- 4) Diagram sebab akibat (*causal loop diagram*). Penyusunan diagram lingkaran sebab-akibat yang menggambarkan hubungan sebab-akibat atau suatu proses.
- 5) Diagram input-output. Penyusunan kotak gelap memerlukan informasi yang dapat dikategorikan menjadi tiga yaitu peubah input, peubah output dan parameter-parameter yang membatasi struktur sistem (Marimin dan Maghfiroh 2013). Diagram input-output model alokasi pembuangan limbah cair yang berkelanjutan menggambarkan beberapa permasalahan yang terkait dengan kualitas air sungai, ketersediaan air (kualitas dan kuantitas), jumlah penduduk, jumlah industri dan tingkat pendapatan daerah serta variabel lain yang terkait yang akan diperoleh dari hasil telaah pustaka dan wawancara dengan *Expert*.
- 6) Perancangan model. Perancangan model didasarkan pada hasil faktor atau elemen-elemen penting yang harus dikelola berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta memperhatikan keterkaitan antar komponen atau komponen berdasarkan hubungan sebab akibat yang akan terjadi dari faktor-faktor yang terpilih yang dihasilkan dari implementasi metode ISM.
- 7) Verifikasi dan validasi model. Verifikasi merupakan proses pembuktian terhadap komponen input model. merupakan tahapan penting dalam proses

pengembangan model, agar supaya dapat diterima dan dapat digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Suatu proses untuk menentukan bahwa implementasi model secara akurat dapat merepresentasikan secara akurat. Validasi adalah Proses untuk menentukan seberapa baik model merepresentasikan secara akurat “dunia nyata” dari perspektif maksud atau tujuan penggunaan model.

- Suwari *et al.* 2011 menyusun strategi pengendalian pencemaran air sungai dengan menggunakan model dinamik yang terdiri atas tiga sub model yaitu sub model lingkungan, sub model ekonomi, dan sub model sosial. Hubungan sebab akibat dari 3 sub model tersebut disajikan pada Gambar 2.

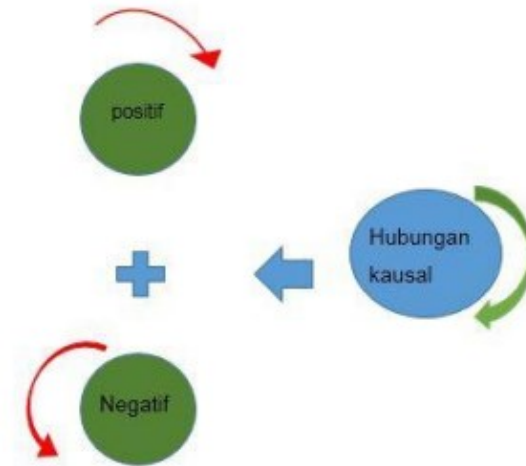


Gambar 2 Hubungan sebab akibat (*Causal Loupe*) sub model lingkungan, Sub Model Sosial dan Sub Model Ekonomi dalam pengendalian pencemaran

TAHAPAN MODEL SISTEM DINAMIK

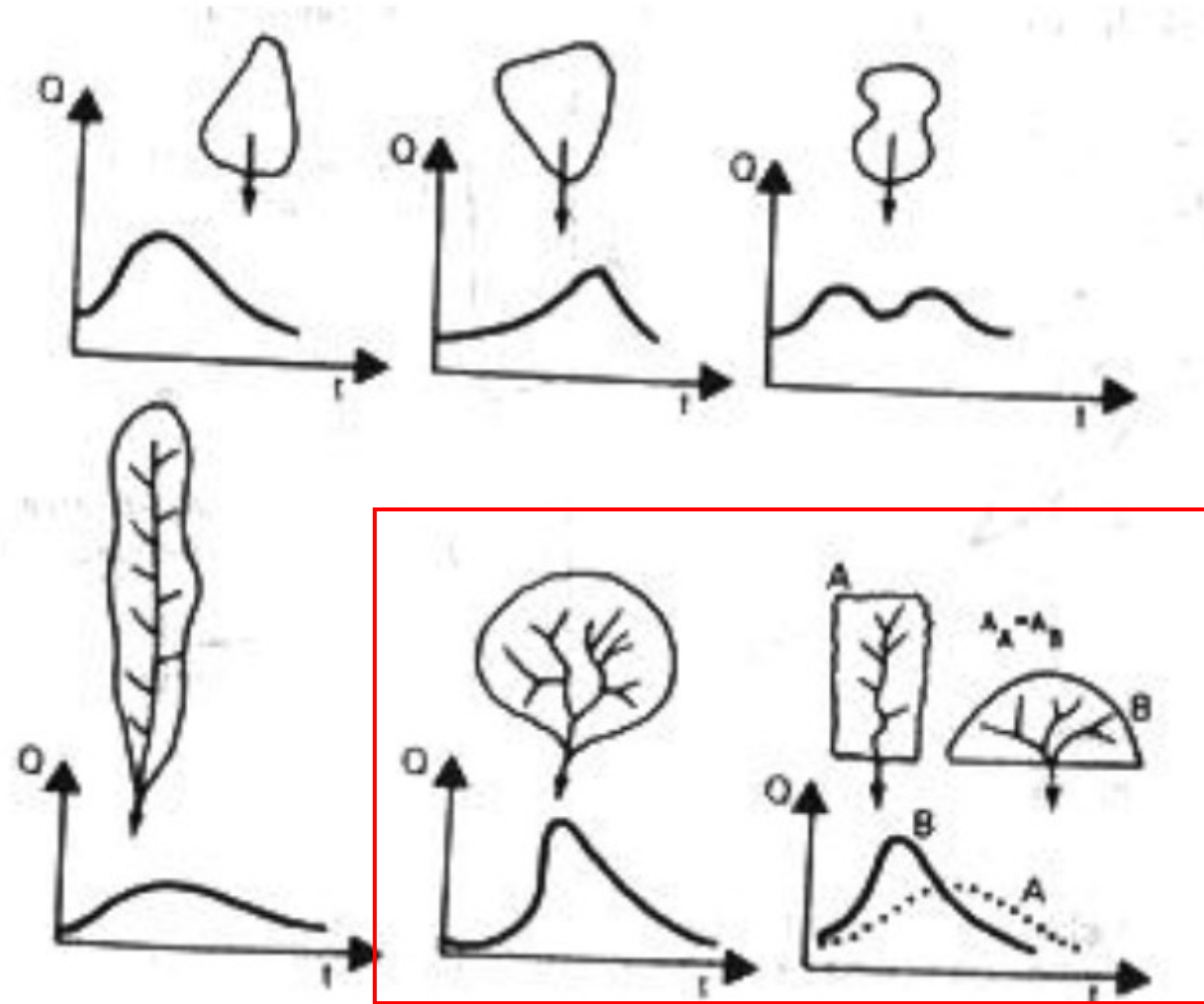
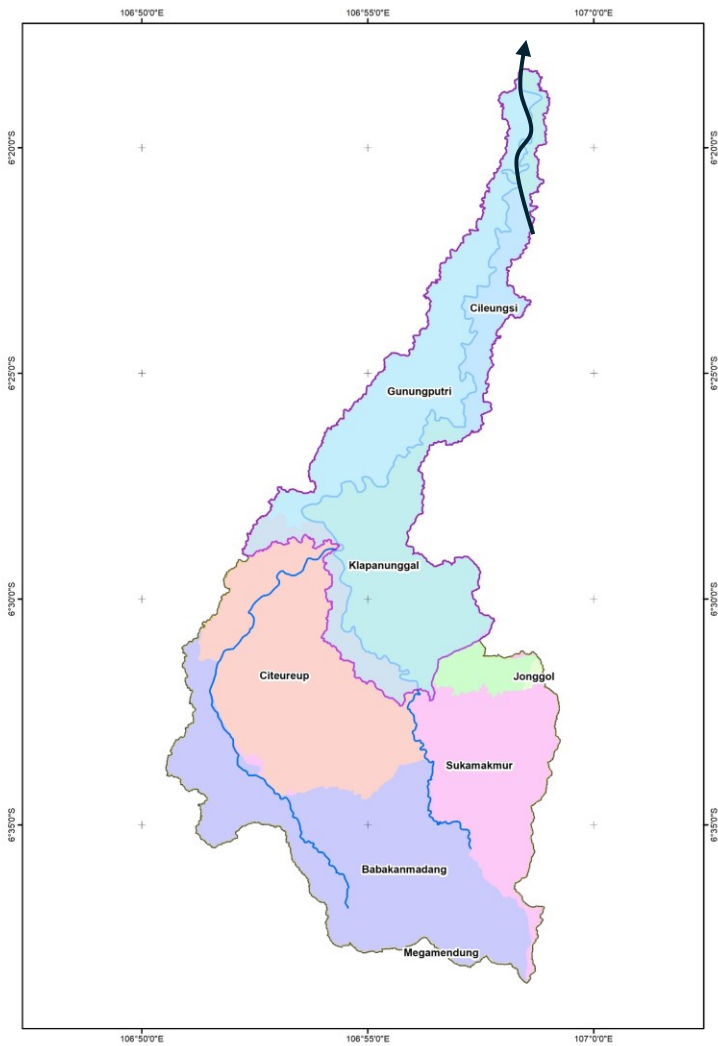
Dalam Model sistem dinamik terdapat lima tahapan model (Yuan, 2012) diantaranya :

1. Diagram Causal Loop Diagram causal loop menunjukkan hubungan sebab akibat antar variabel yang terdapat dalam satu pemodelan. Hubungan sebab akibat dapat bernilai positif jika variabel dalam model tersebut saling mempengaruhi atau berbanding lurus. Hubungan sebab akibat bernilai negatif jika hanya terdapat satu variabel yang mempengaruhi variabel lain atau berbanding terbalik.
2. Diagram Stock Flow Diagram stock flow dibuat berdasarkan diagram causal loop. Visualisasi diagram ini menunjukkan hubungan antar variabel.
3. Validasi Model Validasi model dibutuhkan untuk membangun tingkat kepercayaan dalam model sistem dinamik. Pada validasi model perlu dilakukan serangkaian uji.
4. Simulasi Model Simulasi model adalah tahap pengisian data sesuai dengan data aktual
5. Analisis Skenario

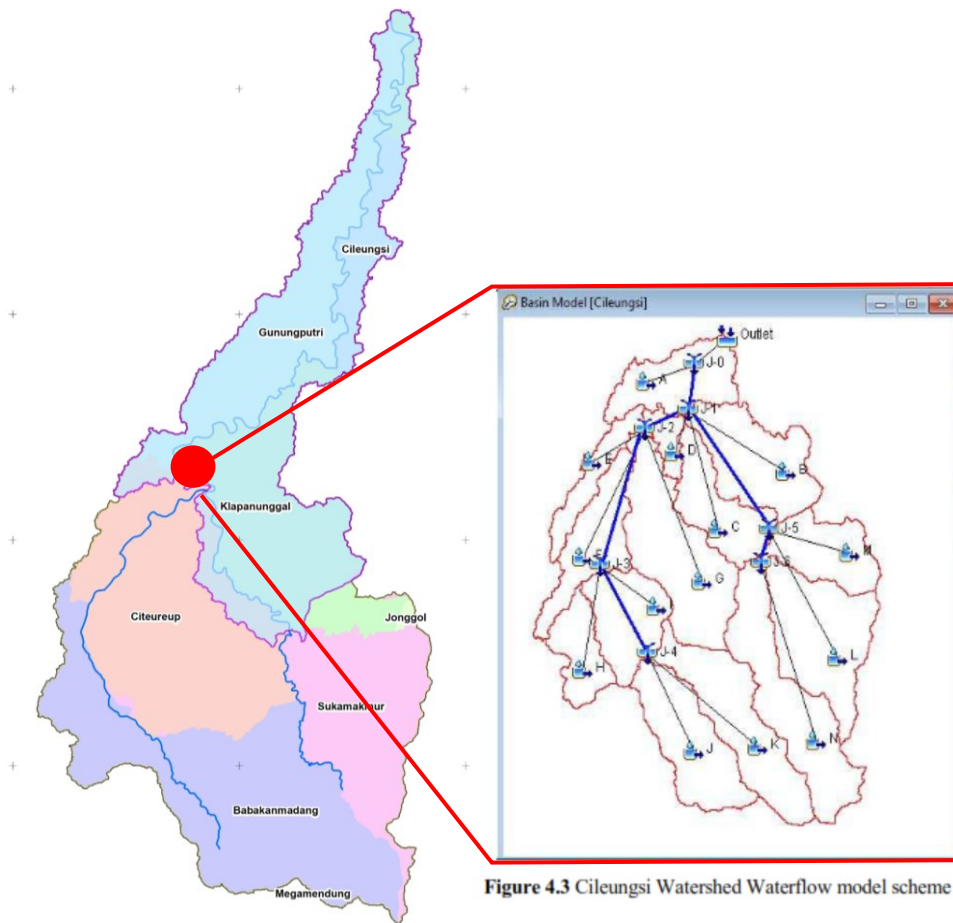


Gambar 2. 2 Lingkaran Kausal dalam Sistem Dinamik

Sumber : Yuan and Chan, 2010



Gambar 3. Bentuk Hidrograf Daerah Aliran Sungai dan Limpasan (Seyhan, 1990)



Source: Data processing result, 2020

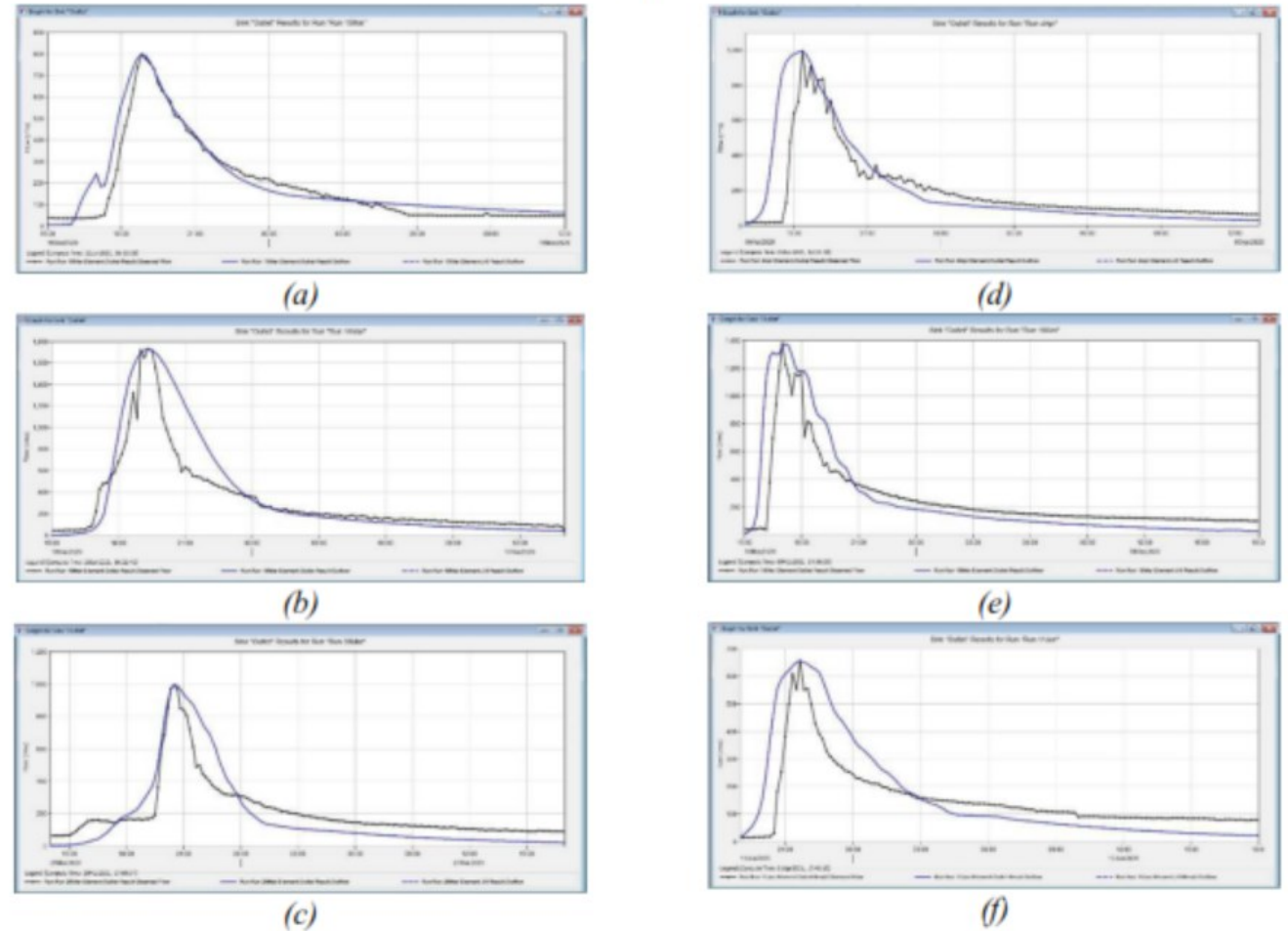
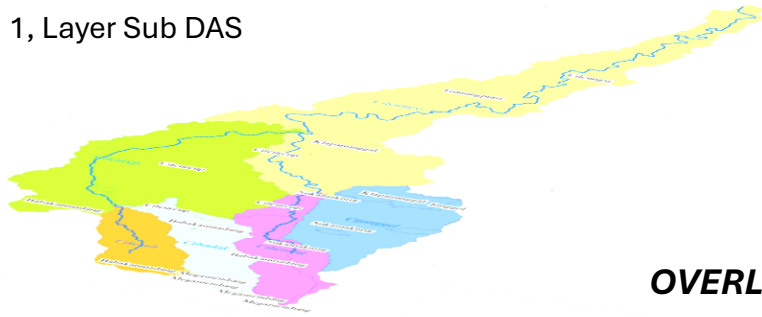


Figure 4.4 Result of Modeled and Measured Hydrography; (a) 15 March 2020, (b) 16 March 2020, (c) 26 March 2020, (d) 4 April 2020, (e) 18 May 2020, (f) 11 June 2020

Source: Data processing result, 2020

.....1.1. PETA WILAYAH PENELITIAN

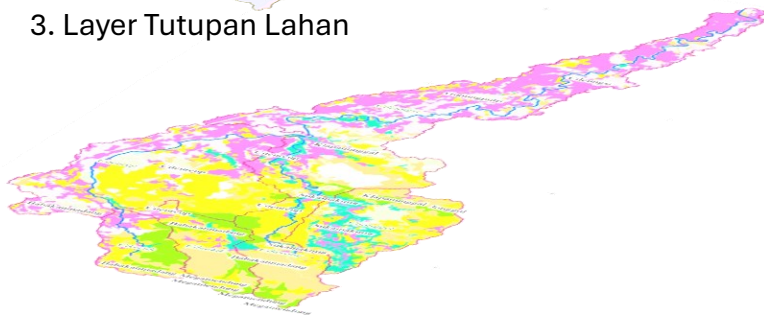
1, Layer Sub DAS



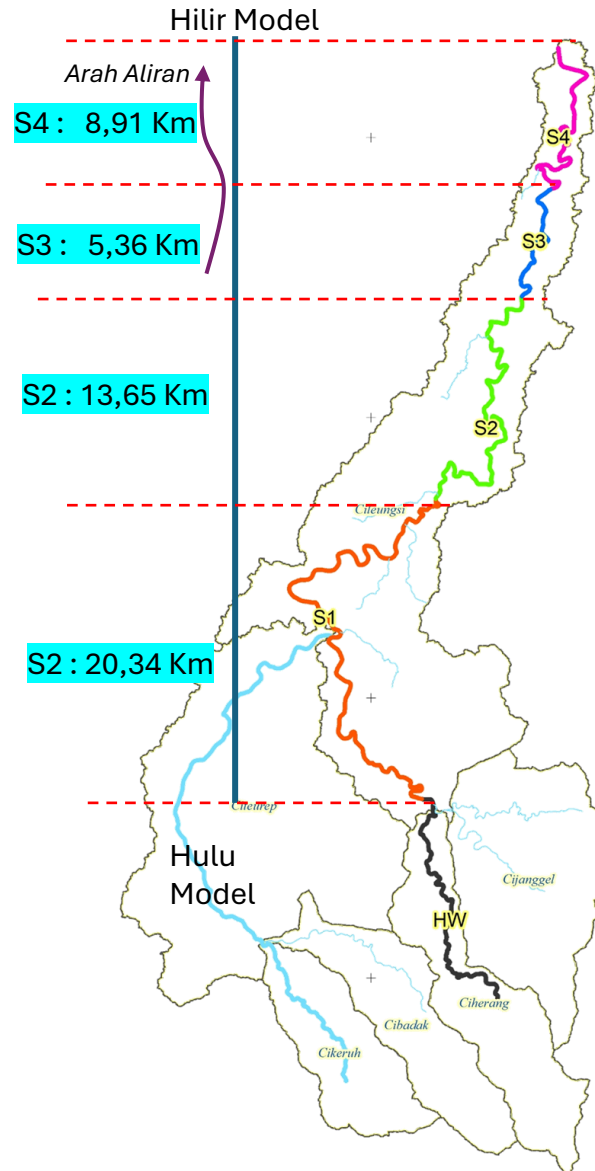
2. Layer Wilayah Administrasi



3. Layer Tutupan Lahan



OVERLAY

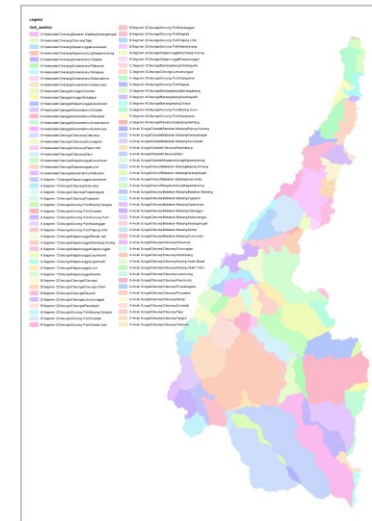


1. Unit Analisis : Segmentasi Sungai

Segmentasi

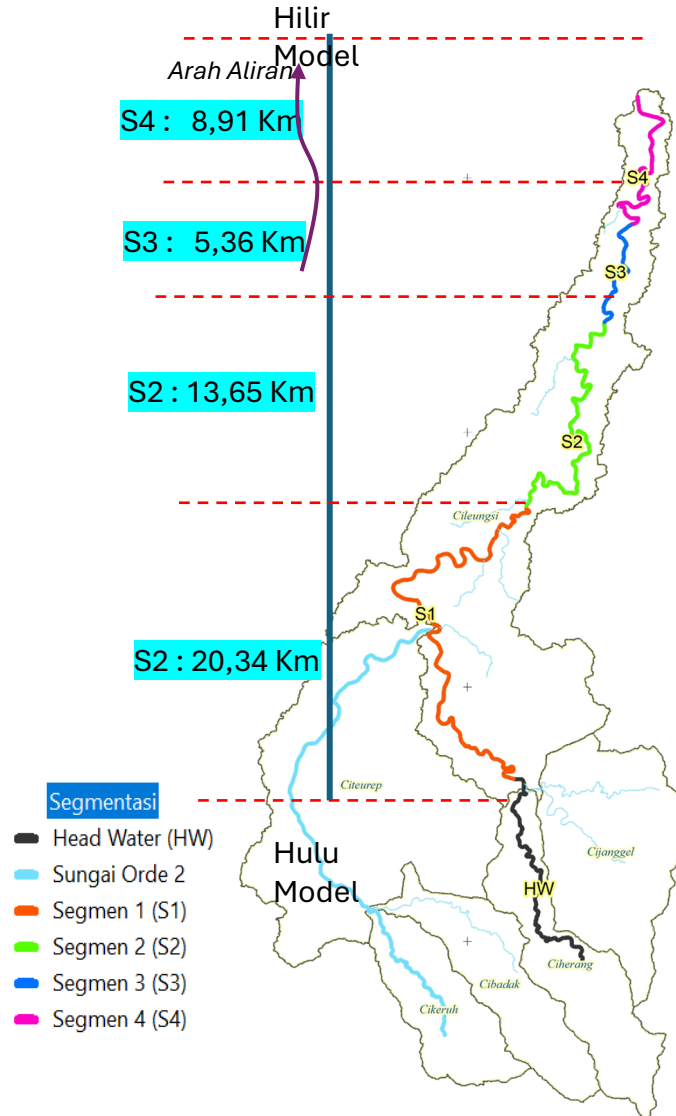
- Head Water (HW)
- Sungai Orde 2
- Segmen 1 (S1)
- Segmen 2 (S2)
- Segmen 3 (S3)
- Segmen 4 (S4)

2 . Unit Satuan Analisis : Wilayah Pengelolaan Sumber Pencemar (WPSP)



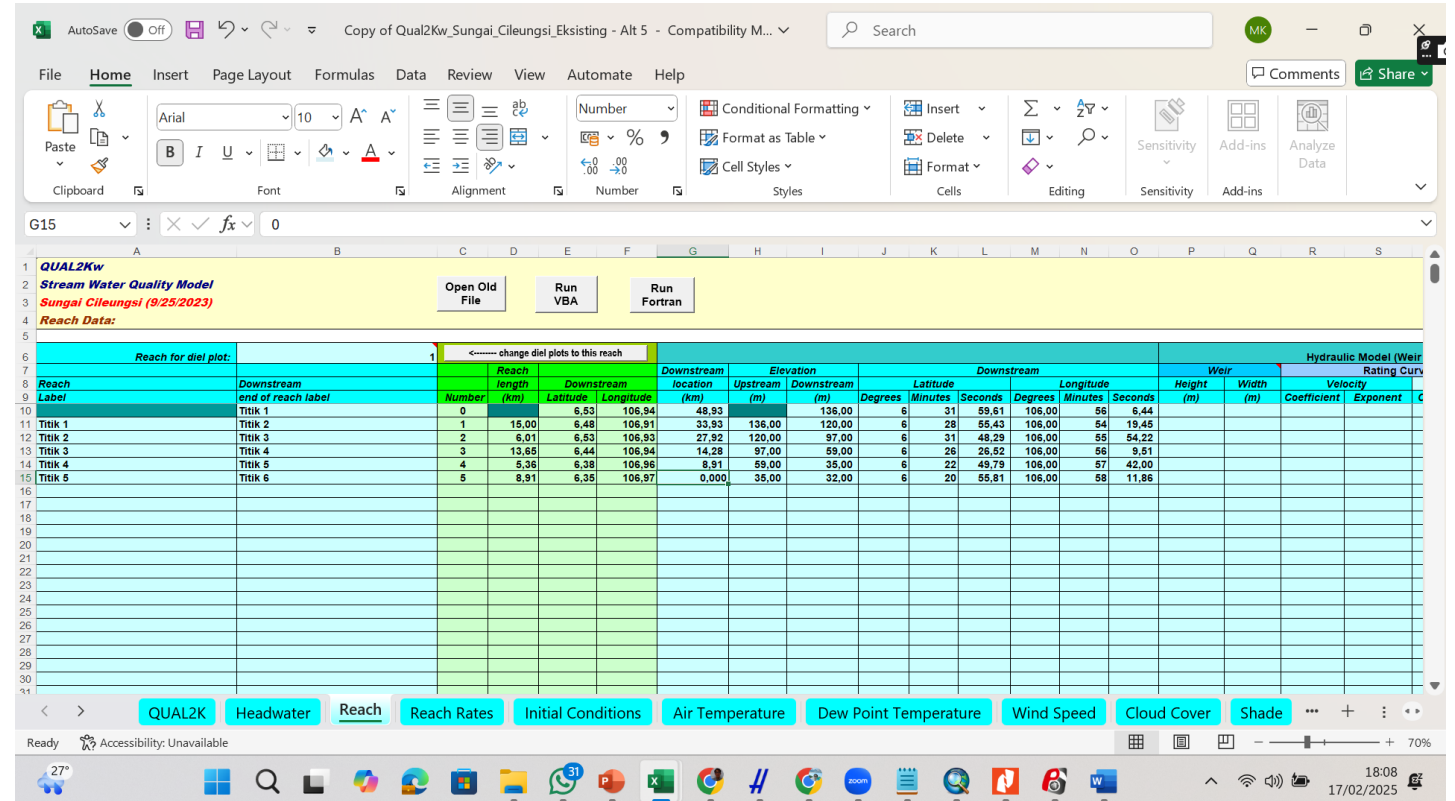
Ada 95 Unit
Satuan Analisis
(WPSP)

.....1.1. PETA WILAYAH PENELITIAN – SEGMENTASI SUNGAI



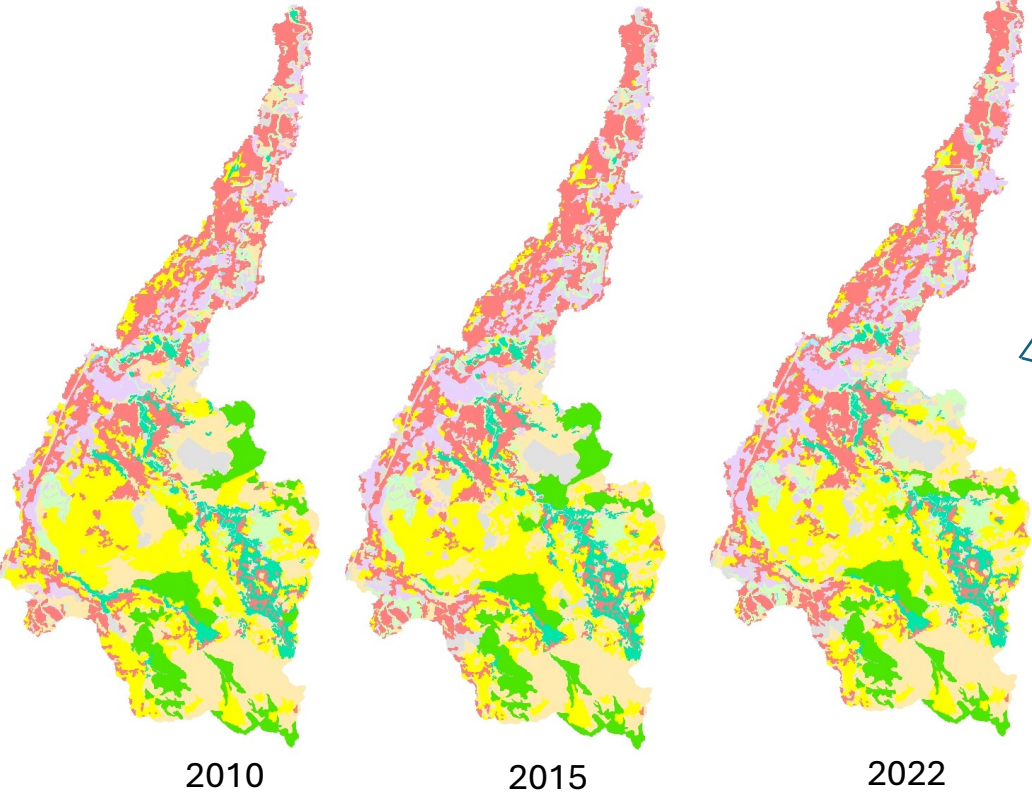
1. Segmentasi sebagai Unit Analisis Badan Air untuk pemodelan Kualitas Air

AirData Hidrolika Sungai

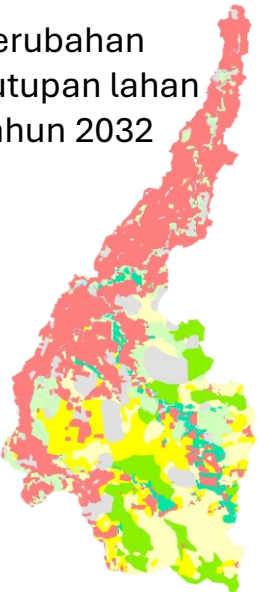


2. Segmentasi sebagai Proxy untuk menghubungkan antara sumber pencemar pada Cathment Area dengan Kualitas Air pada Badan Air

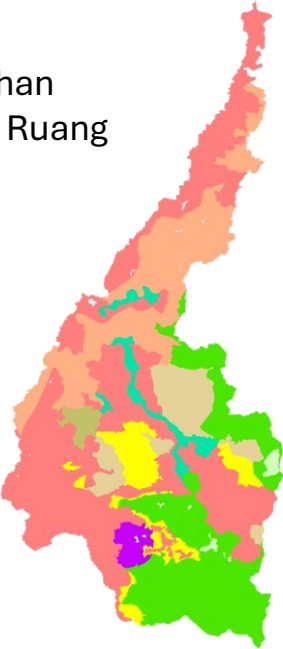
1.2. Tutupan Lahan



Perubahan Tutupan lahan Tahun 2032

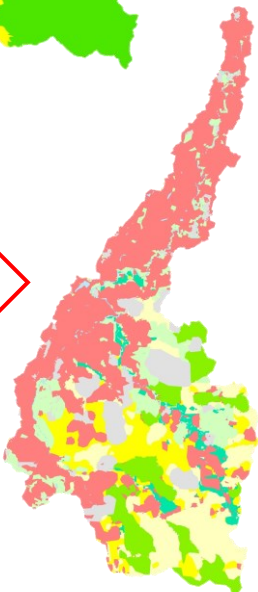
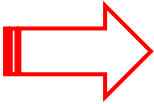


Tutupan Lahan 2035 – Pola Ruang RTRW



Penggunaan Lahan Proyeksi 2032	% Kesesuaian Pola Ruang RTRW 2035	
	Akurasi Lokasi	Kesesuaian Luas
Hutan	36%	48%
Lahan Terbuka	1%	1394%
Pemukiman	62%	103%
Sawah	5%	48%
Semak Belukar	42%	
Tegalan	19%	322%

Perubahan Tutupan lahan Tahun 2042



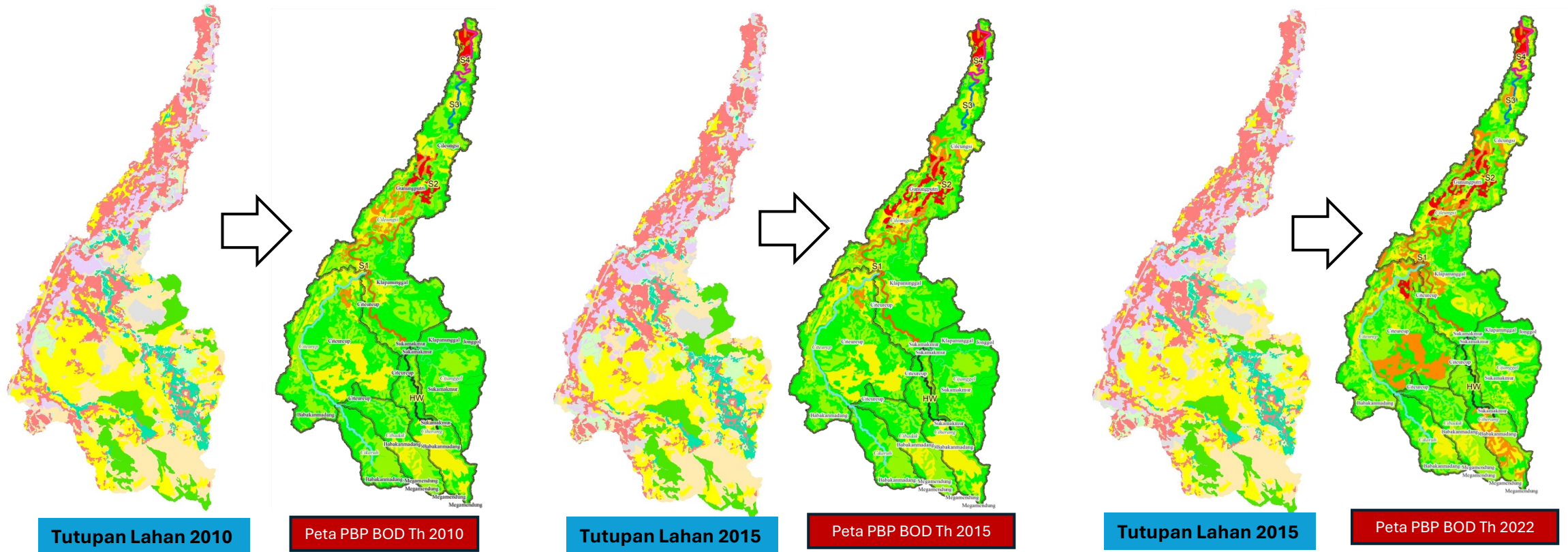
Hasil Spasial

1.2. Tutupan Lahan

Matrik perubahan Tutupan Lahan dari 2010 ke 2015

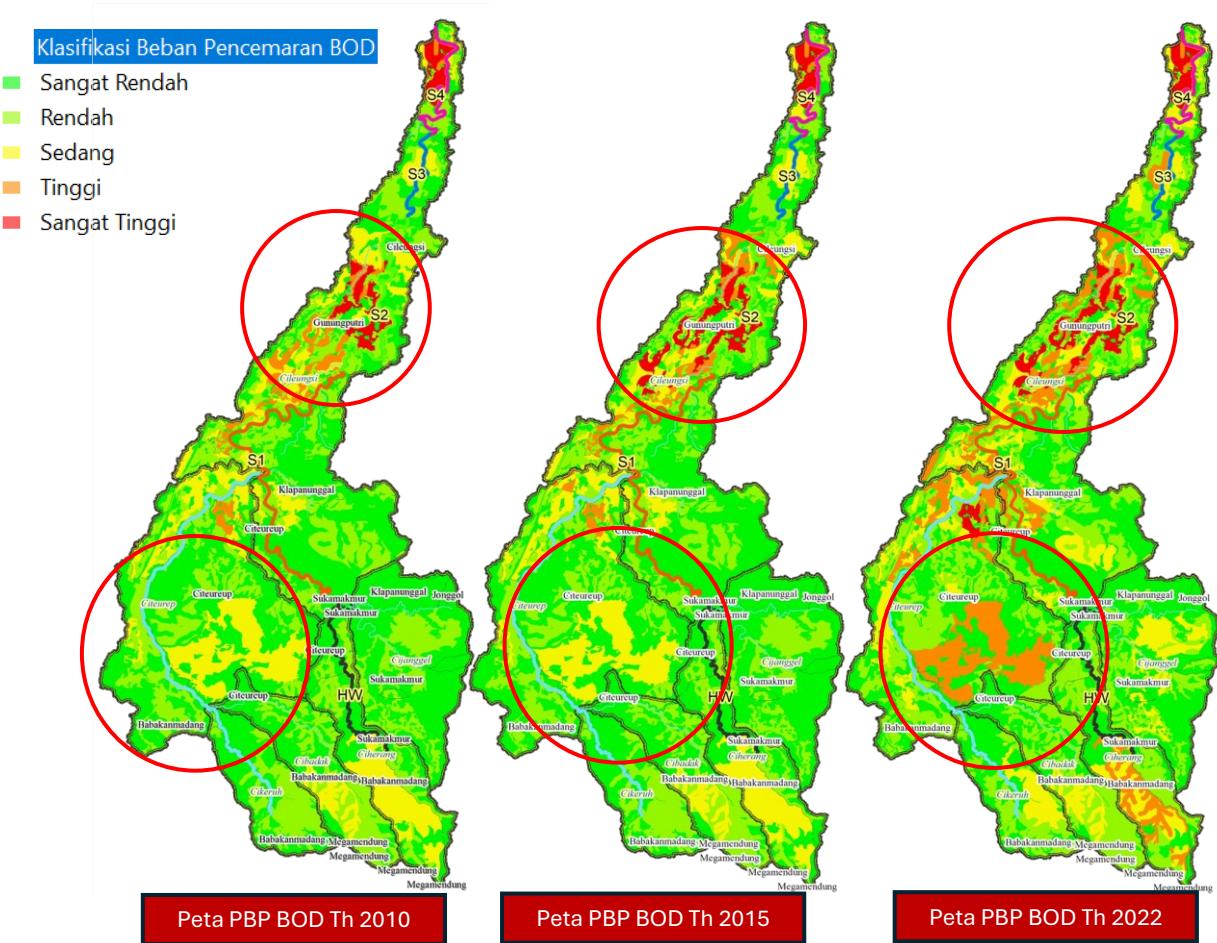
Matrik Perubahan Lahan				TAHUN 2015								
TAHUN 2010	Danau/Situ	Empang	Hutan	Permukiman	Sawah	Semak Belukar	Sungai	Tanah Kosong/Gundul	Tegalan/Ladang	Tempat Kegiatan	Vegetasi Non Budidaya Lainnya	Grand Total
Danau/Situ	61,56					0,56		0,68	3,03	0,61		66,45
Empang	0,08	17,46				0,80		1,32				19,66
Hutan			2.119,85			89,97		33,86	6,34			2.250,02
Permukiman				5.739,07		6,25		9,35	0,48	11,29		5.766,44
Sawah			0,36	31,98	1.431,91	34,43		18,38	47,81	10,66	3,71	1.579,25
Semak Belukar	0,33	0,01	283,32	55,30	7,85	4.420,58		276,56	349,50	136,23	254,74	5.784,41
Sungai							371,24					371,24
Tanah Kosong/Gundul	1,12			125,43		41,36		870,21	41,95	75,05	7,10	1.162,21
Tegalan/Ladang	1,93		17,19	133,26	6,17	688,89		411,53	4.843,48	152,51	105,38	6.360,34
Tempat Kegiatan						5,30				2.087,76	0,41	2.093,47
Vegetasi Non Budidaya Lainnya				10,52	1,00	3,46		3,40		12,46	1.130,36	1.161,19
Grand Total	65,00	17,47	2.420,72	6.095,55	1.446,92	5.291,60	371,24	1.625,30	5.292,60	2.486,57	1.501,69	26.614,68

Peta Potensi Beban Pencemaran Air



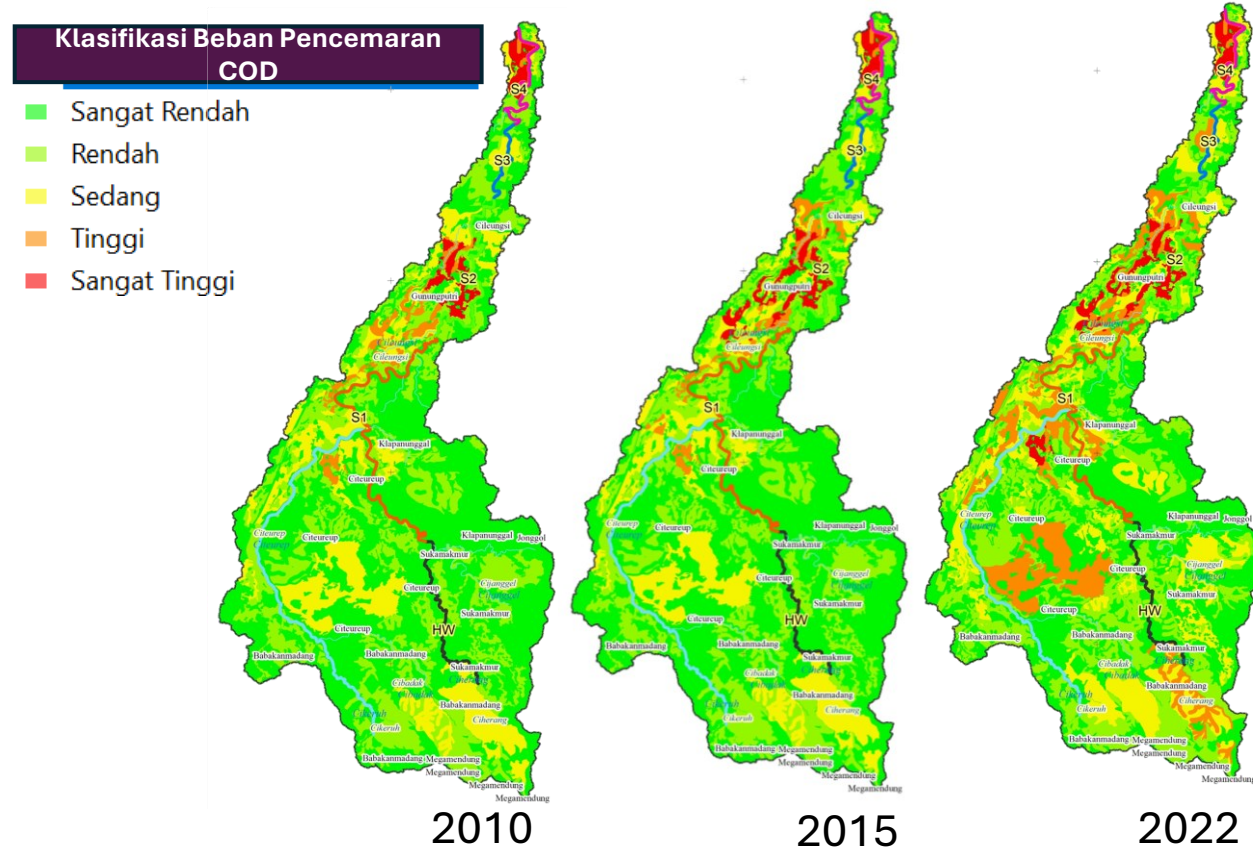
Wilayah Pemukiman dan Kegiatan / usaha merupakan wilayah yang berpotensi sumber pencemaran air tinggi

PETA DISTRIBUSI POTENSI BEBAN PENCEMARAN PARAMETER BOD TAHUN 2010, 2015,2022

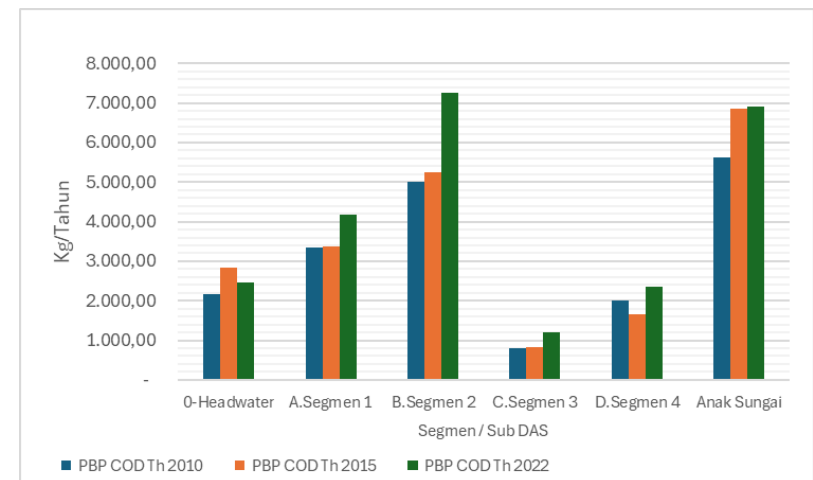


Segmen	Total 2010	Total 2015	Total 2022
A. Sungai Total	5.621,94	6.904,62	6.865,33
Headwater Total	2.168,93	2.460,23	2.824,72
Segmen 1	3.624,69	4.452,09	3.652,19
Segmen 2	6.081,97	8.329,34	6.316,65
Segmen 3	849,42	1.243,31	866,89
Segmen 4	2.009,26	2.344,49	1.654,77
Grand Total	20.356,21	25.734,08	22.180,56

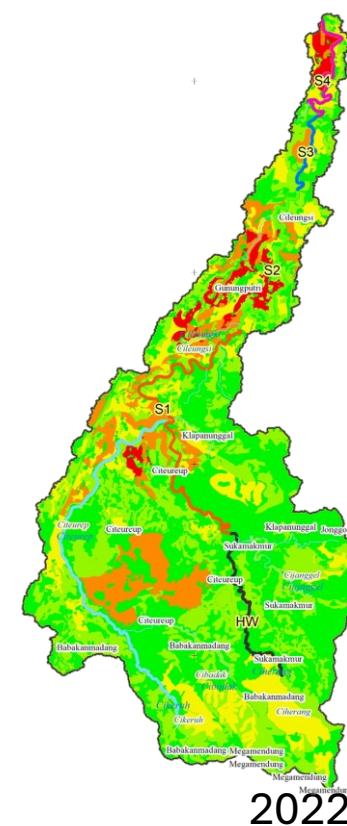
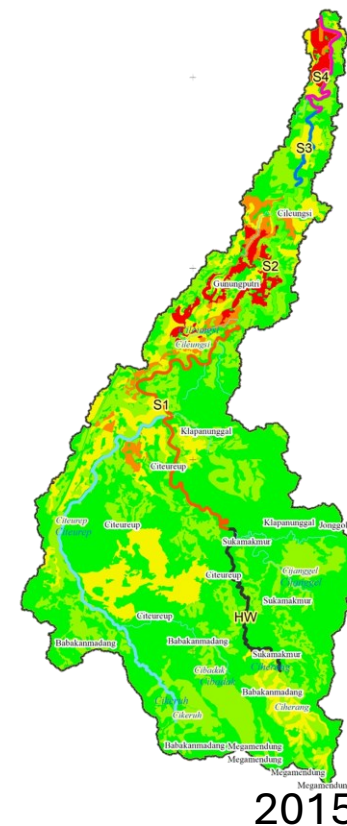
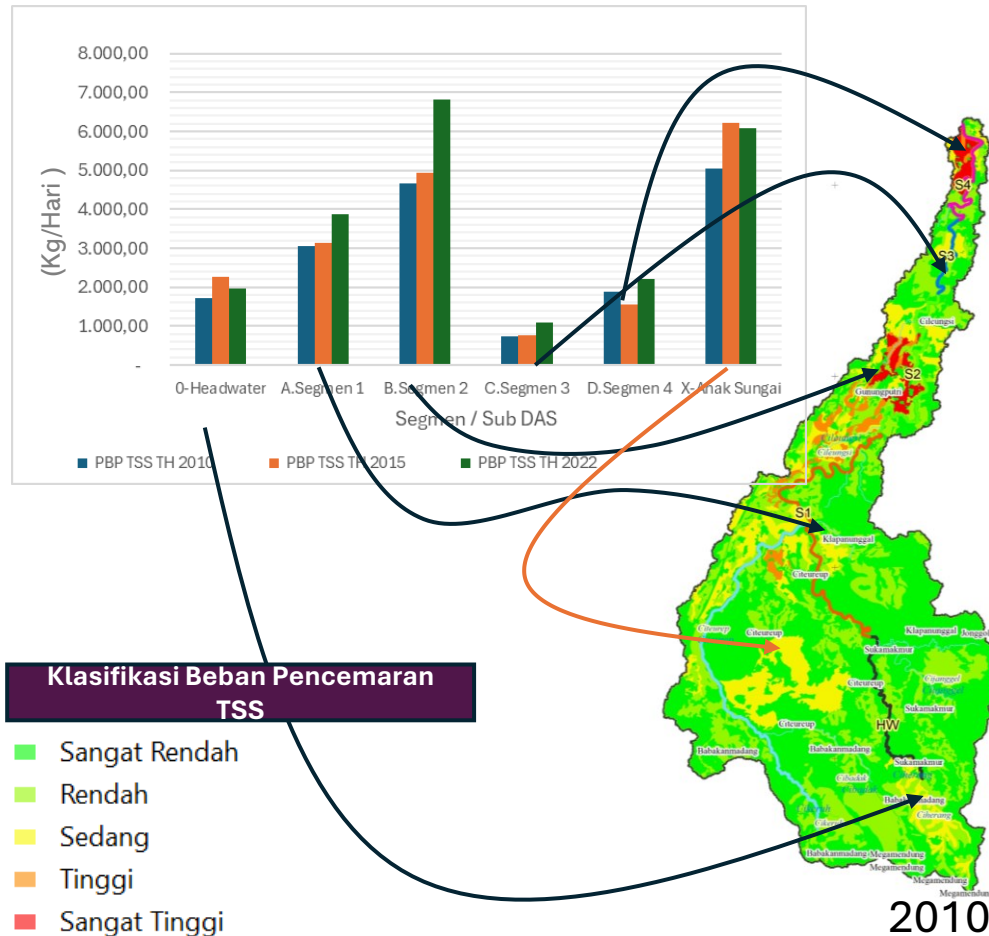
DISTRIBUSI POTENSI BEBAN PENCEMARAN PARAMETER COD TAHUN 2010, 2015, 2022



Segmen	Sub DAS	Kecamatan	Total Potensi Beban Pencemaran (COD)		
			Tahun 2010	Tahun 2015	Tahun 2022
0-Headwater	Ciherang	Babakan Madang	3.168,88	4.161,67	3.460,78
A.Segmen 1	Cijanggel	Citeureup	4.708,91	4.692,66	5.763,54
B.Segmen 2	Cileungsi	Cileungsi	7.001,93	7.265,39	9.996,88
C.Segmen 3	Cileungsi	Bantargebang	1.130,44	1.139,14	1.646,20
D.Segmen 4	Cileungsi	Bantargebang	2.795,51	2.290,56	3.230,26
X-Anak Sungai	Cibadak	Babakan Madang	7.988,42	9.728,16	9.552,51
Total Potensi Beban Pencemaran (COD Kg/Hari)			26.794,10	29.277,58	33.650,16



DISTRIBUSI POTENSI BEBAN PENCEMARAN PARAMETER TSS TAHUN 2010, 2015, 2022



Dokumentasi survei, diskusi dengan warga serta pengambilan contoh air

sungai



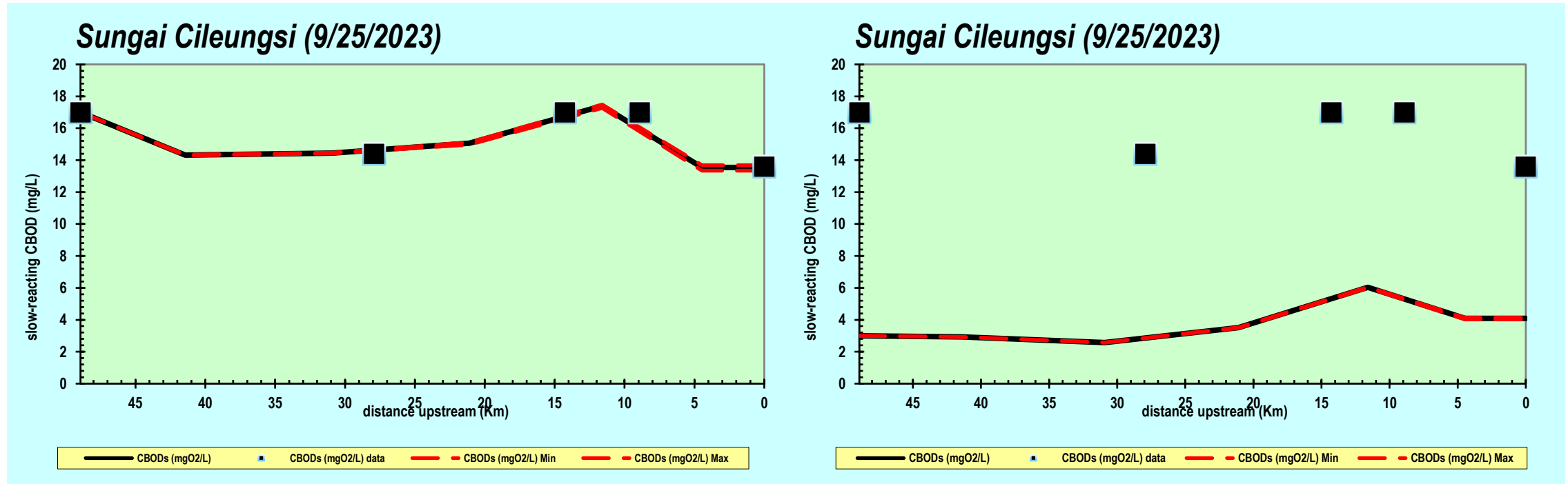
Kegiatan survei ke 2 di awal bulan September 2023 , akhir musim kemarau menuju ke musim hujan, dengan harapan mendapatkan Gambaran kondisi pencemaran yang terburuk yang dapat diukur

Contoh : Daya tampung beban pencemaran air Sungai Cileungsi

Sungai Cileungsi merupakan salah satu sungai yang berada di dalam DAS Bekasi. Sub DAS Cileungsi dipengaruhi oleh penggunaan lahan untuk pertanian, permukiman dan pemanfaatan lokasi industri. Model kualitas air Sungai dilakukan untuk mengetahui besaran beban pencemar actual dan besaran alokasi beban pencemar air sungai. Metode yang digunakan adalah metode numerik dan spasial. Berdasarkan analisis spasial, Sungai Cileungsi dibagi menjadi 4 segmen. Model kualitas Sungai Cileungsi dibagi menjadi empat segmen. Pengambilan sampel air dan pengukuran primer dilakukan secara *Stratified Purposive Random* sampling di enam titik pemantauan kualitas air dan debit air sungai. Pemodelan kualitas air sungai dilakukan dengan aplikasi Qual2Kw.. Sumber pencemar *point source* yang diperhitungkan dalam model kualitas air sebagai input data adalah 1 aliran anak sungai dan industri-industri yang memberikan potensi pencemar yang berada di sepanjang dalam batas segmen yang akan dimodelkan.

Contoh : MODEL KUALITAS AIR DALAM Qual2Kw

PARAMETER BOD



Model Kualitas Air Eksisting

Model Kualitas Air dengan Mempertimbangkan Alokasi Beban Pencemaran Air , Reduce % beban dalam model yang terbaca (rupanya tidak seragam point source di 20%, dan Diffuse Source 80-90%)

UJI MODEL (PARAMETER BOD)

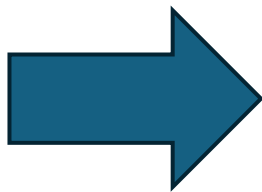
Pengujian kesesuaian model menggunakan nilai koefisien determinasi (R^2) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$R^2 = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} (\sum (P_{pi} - P_{mi})^2)}{\sum (P_{pi} - P_{mr})^2}$$

Dimana K_{pi} adalah data pemantauan ke-I, K_{mi} adalah data model ke I dan K_{mr} adalah rata-rata data Model (Indarto, 2010 dengan modifikasi). Dari nilai koefisien determinasi (R^2) dapat diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2). Selain itu pengujian kesesuaian model dilakukan dengan menghitung indicator kesalahan yaitu Root Men Square Error (RMSE), (IOH-DPMA, 1983 dalam Soewarno, 1996) yang memiliki rumus :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{mi} - K_{pi}) / K_{pi}}^2$$

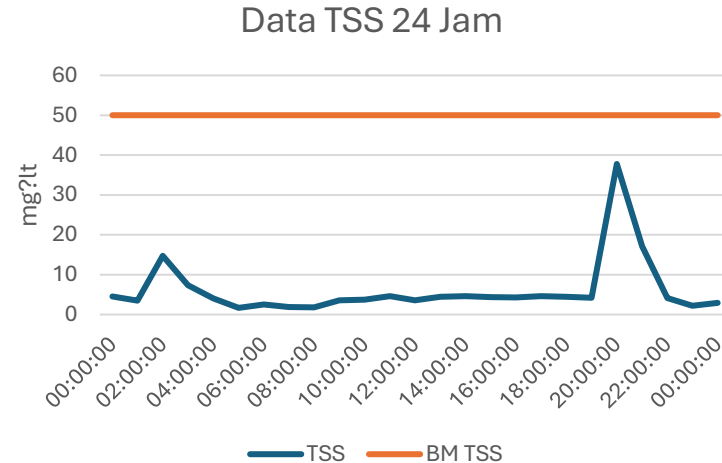
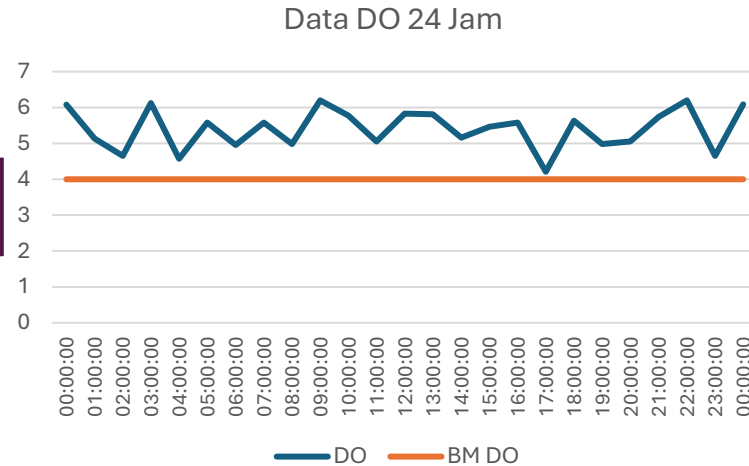
HASIL UJI
MODEL BOD



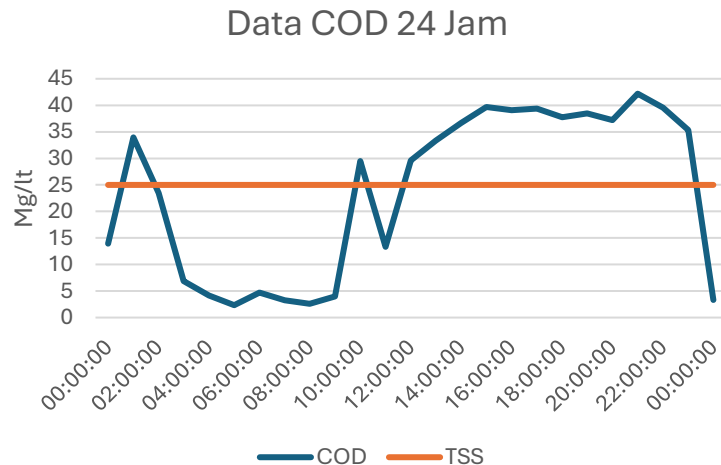
BM BOD Kelas 2	BOD data (Ppi)	BOD model (Pmi)	Ppi - Pmi	(Ppi - Pmi) ²	Ppi - Pmr	(Ppi - Pmr) ²	Pmi - Ppi	((Pmi - Ppi) / Ppi) ²
3,00	17,00	17,00	0,0000	0,0000	17,000	289,000000	0,00	0,00000E+00
3,00	14,40	14,44	-0,0430	0,0018	14,400	207,360000	0,04	8,90281E-06
3,00	17,00	15,07	1,9338	3,7394	17,000	289,000000	-1,93	1,29392E-02
3,00	17,00	17,40	-0,3992	0,1594	17,000	289,000000	0,40	5,51430E-04
3,00	13,60	13,54	0,0566	0,0032	13,600	184,960000	-0,06	1,73318E-05
	5	77,45		3,9038		1259,320000		0,014
		15,49						
					R ² =	0,997	RMSE	0,052
					r	0,998		5,20%

Pengamatan Parameter Do, BOD, COD dan TSS 24 Jam (1 Feb 2025)

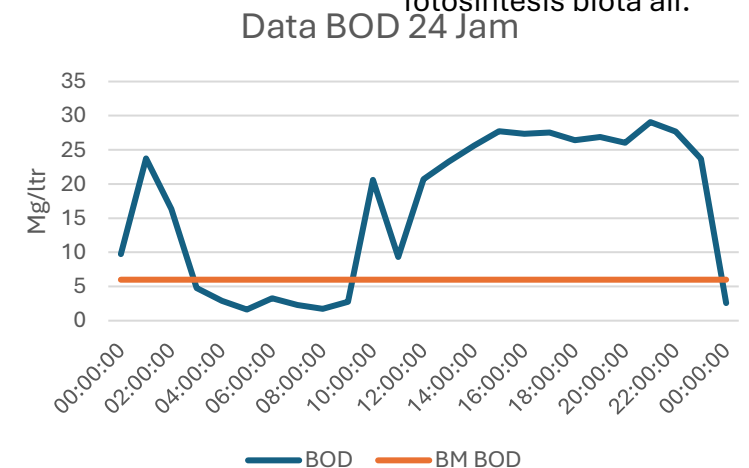
Kondisi DO yang baik sepanjang hari mengindikasikan bahwa air sungai memiliki cukup oksigen untuk mendukung kehidupan biota air. Hal ini menunjukkan kondisi yang sehat bagi ekosistem sungai.



Fluktuasi TSS sepanjang hari mengindikasikan adanya perubahan jumlah partikel padat yang tersuspensi di dalam air sungai. Hal ini mungkin disebabkan oleh aktivitas di sekitar sungai, seperti erosi tanah atau aktivitas konstruksi. TSS yang tinggi dapat mengurangi kejernihan air dan mengganggu proses fotosintesis biota air.



Variasi BOD dan COD yang tinggi pada siang hingga malam hari mengindikasikan adanya peningkatan aktivitas biologis dan kimiawi di sungai pada waktu tersebut. Hal ini mungkin disebabkan oleh masuknya bahan organik ke sungai, seperti limbah rumah tangga atau industri. Peningkatan BOD dan COD dapat mengurangi kadar oksigen terlarut dan mengancam kehidupan biota air.



Ilustrasi Hubungan Debit Limpasan Dengan Kualitas Air

Model Hidrograf Aliran S. Cileungsi (Nugroho,

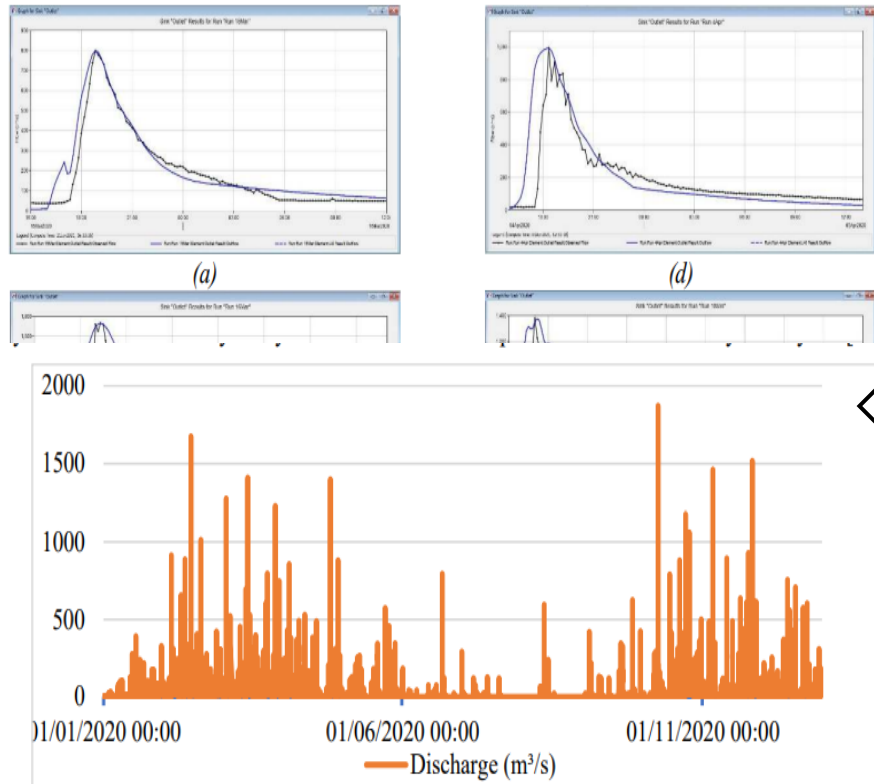
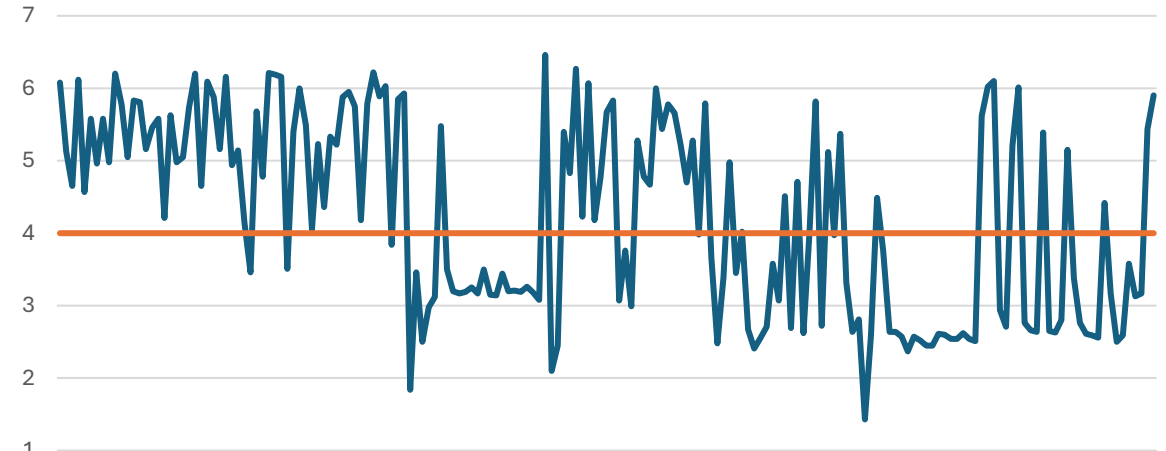


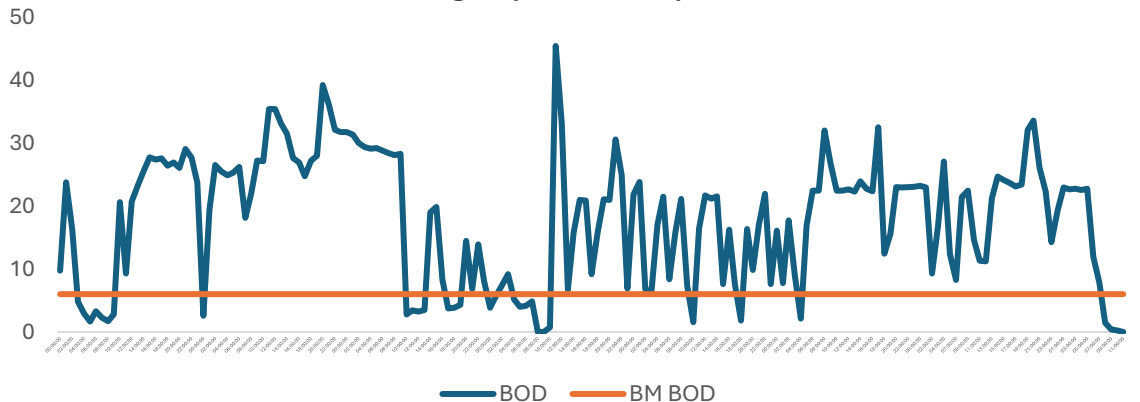
Figure 4.5 Hydrograph of Cileungsi Watershed flow from 1 January 2020 to 31 December 2020.

Soruce: Data processing result, 2021

Pemantauan DO dalam Jaringan (KLHK,2024)

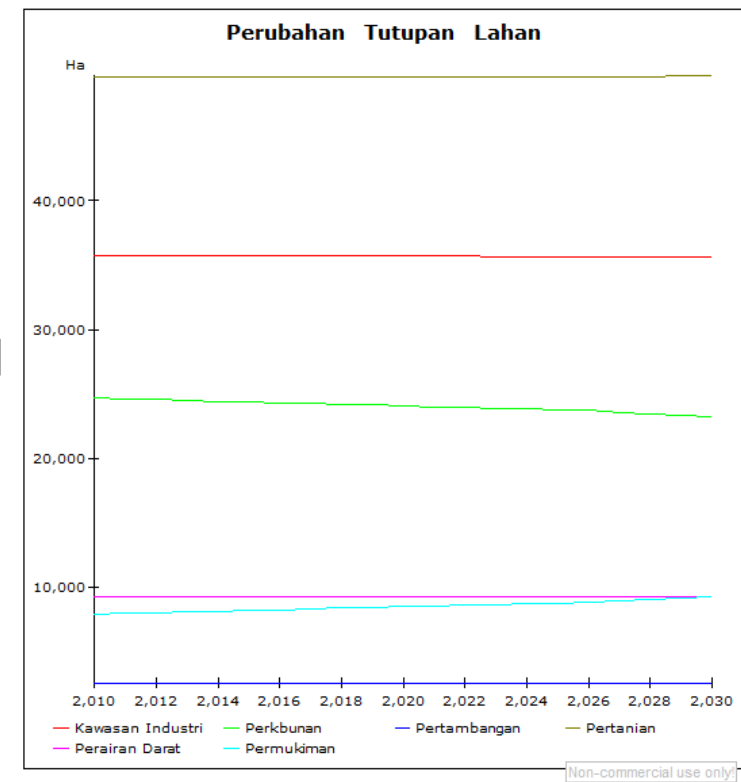
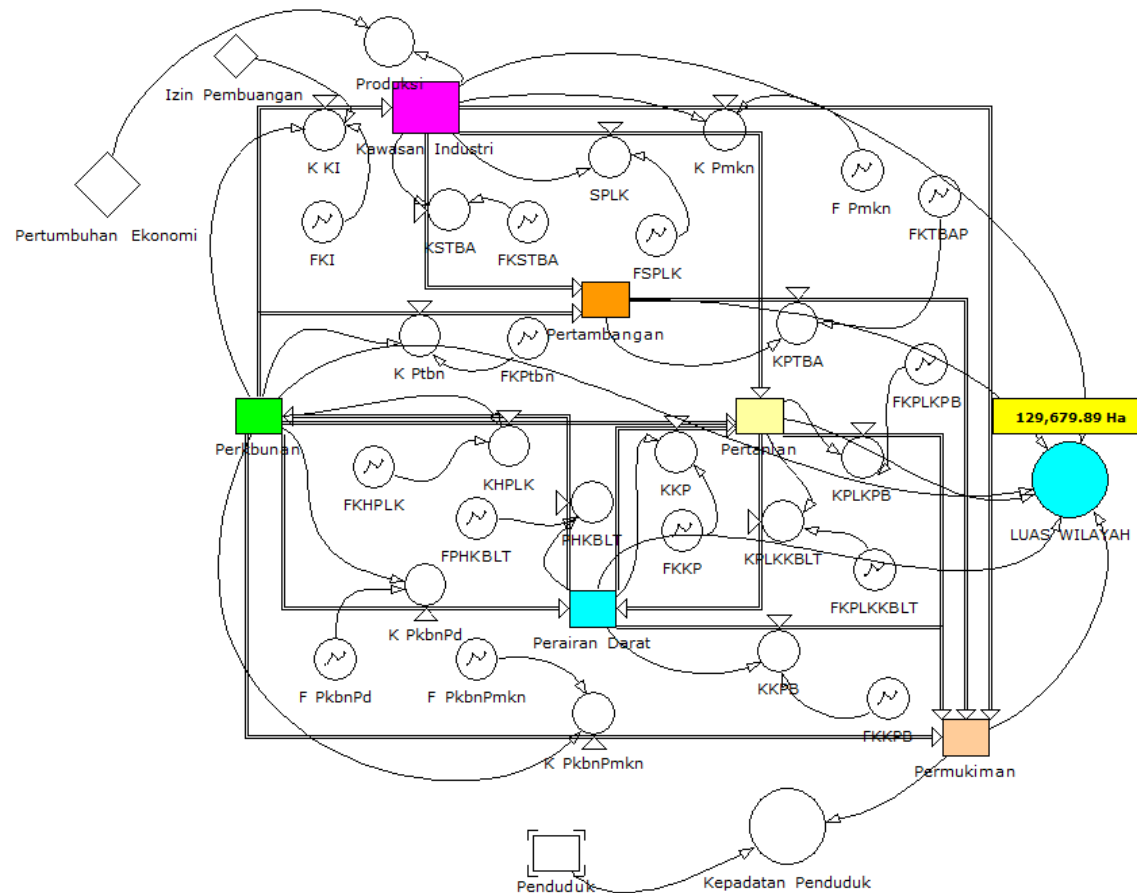


Pemantauan BOD dalam Jaringan (KLHK,2024)

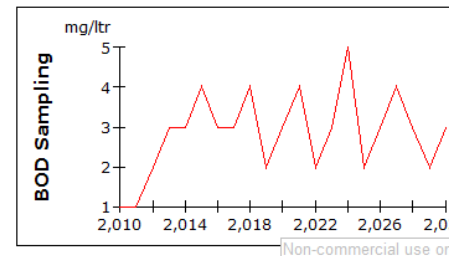
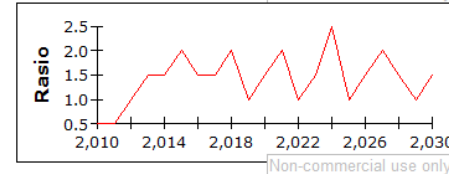
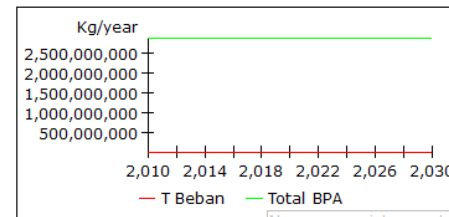
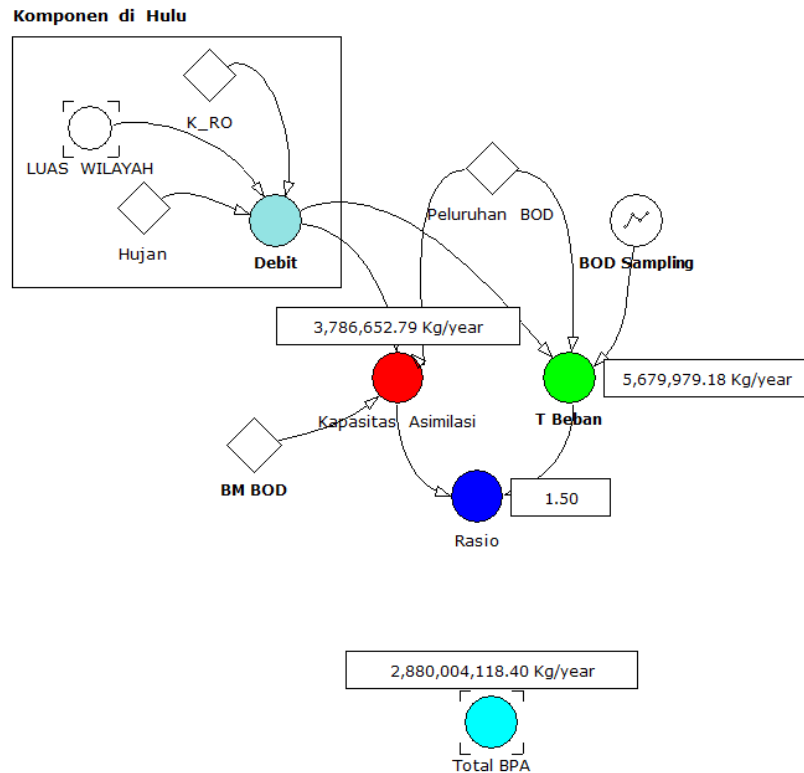


KEBIJAKAN PEMBERIAN IZIN PEMBUANGAN AIR LIMBAH KE SUNGAI PERLU MEMPERHATIKAN DINAMIKA ALOKASI BEBAN PENCEMARAN AIR , MINIMAL MEMPERTIMBANGKAN PERUBAHAN MUSIM HUJAN DAN KEMARAU

Contoh : Model Dinamik Perubahan Lahan Sebagai Faktor Pengungkit Potensi Beban Pencemaran Air



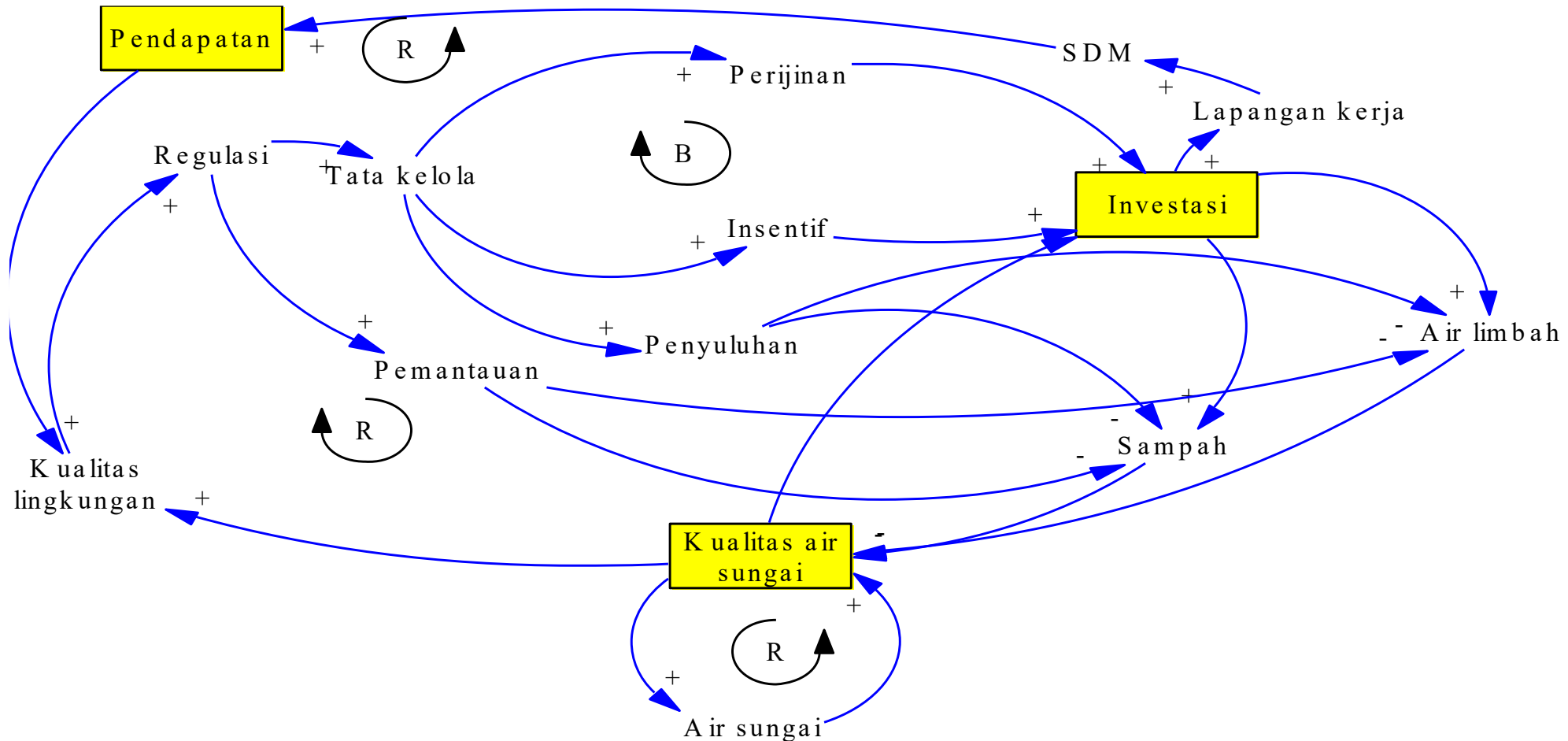
Contoh : MODEL DINAMIK KUALITAS AIR SUNGAI CILEUNGSI BERBASIS ALOKASI BEBAN PENCEMARAN AIR



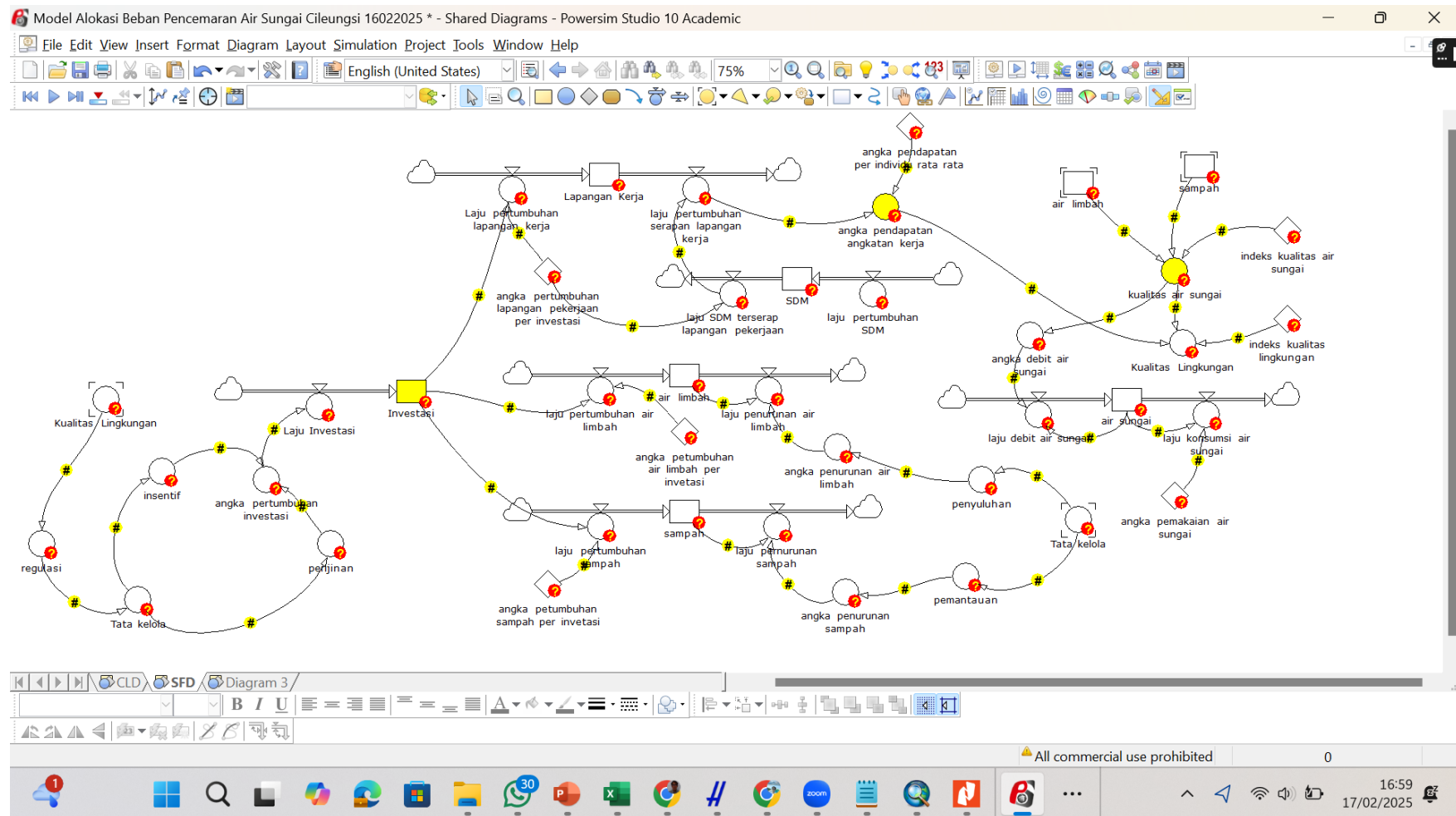
(Kg/year)		
year	Kapasitas Asimilasi	T Beban
2,010	3,786,652.79	1,893,326.39
2,012	3,786,652.79	3,786,652.79
2,014	3,786,652.79	5,679,979.18
2,016	3,786,652.79	5,679,979.18
2,018	3,786,652.79	7,573,305.58
2,020	3,786,652.79	5,679,979.18
2,022	3,786,652.79	3,786,652.79
2,024	3,786,652.79	9,466,631.97
2,026	3,786,652.79	5,679,979.18
2,028	3,786,652.79	5,679,979.18
2,030	3,786,652.79	5,679,979.18

Non-commercial use only

CAUSAL LOOPE MODEL DINAMIK KUALITAS AIR SUNGAI CILEUNGSI BERBASIS ALOKASI BEBAN PENCEMARAN AIR



ALT 2 : MODEL DINAMIK KUALITAS AIR SUNGAI CILEUNGSI BERBASIS ALOKASI BEBAN PENCEMARAN AIR



SELESAI



Hubungan Status Mutu Air dan Indeks Kualitas Air (IKA)

Aspek	Status Mutu Air	Indeks Kualitas Air (IKA)
Tujuan	Menilai apakah air memenuhi baku mutu berdasarkan kelasnya (I–IV)	Menyederhanakan hasil pengukuran menjadi satu nilai indeks yang mudah dipahami publik
Dasar Penilaian	Dibandingkan dengan baku mutu air (misal dalam PP 22/2021)	Dihitung dari kombinasi nilai parameter utama (pH, DO, BOD, TSS, dll)
Metode	Umumnya menggunakan metode STORET (Kepmen LH 115/2003)	Menggunakan rumus IKA yang menghasilkan nilai numerik (0–100)
Output	Kategori: Baik, Tercemar Ringan, Sedang, Berat	Skor indeks: Sangat Baik (91–100), Baik (76–90), Cukup (51–75), Buruk (<50)
Penggunaan	Digunakan oleh regulator untuk evaluasi teknis dan hukum	Digunakan untuk komunikasi publik dan perbandingan antar lokasi/waktu

PROSES KEMAJUAN JURNAL

Journal of Natural Resources and Environmental Management
<https://doi.org/10.29244/jpsl.20.1.1-10>



RESEARCH ARTICLE



Identifikasi Pemangku Kepentingan Pengelolaan Kualitas air di Daerah Aliran Sungai Menggunakan MACTOR: Studi Aktor Kunci di Sungai Cileungsi Jawa Barat

Muhamad Komarudin¹, Anas M Fauzi², Yanuar J Purwanto³, Hatrisari Hardjomidjojo⁴ and Budi Kurniawan⁵

¹ Graduate School of Natural Resources and Environmental Management Science, IPB University. IPB Dramaga School Campus, Bogor, West Java, Indonesia.

^{2,3,4,5} University. IPB Dramaga Campus, Bogor, West Java, Indonesia.

Article History

Received 00 January 20xx

Revised 00 January 20xx

Accepted 00 January 20xx

Keywords

Cileungsi River, Pollution, Prospective Analysis, Stakeholder, Water



ABSTRACT

Dunia telah menghadapi banyak masalah sebagai akibat dari pertumbuhan populasi. Salah satu permasalahan utamanya adalah permasalahan akibat penurunan kualitas air yang terus meningkat. Indeks Kualitas Air (IKA) Indonesia dari tahun ke tahun menunjukkan kondisi kualitas air yang cenderung memburuk. Sungai Cileungsi adalah salah satu sub-DAS hulu DAS Bekasi. DAS Cileungsi terdiri dari sub-DAS Cibadak, Ciherang, Cijonggol, Cikeruh, Cileungsi dan Citeureup. Penggunaan lahan dan aktivitas di hulu Sungai Cileungsi cukup beragam, bahkan di beberapa DAS sudah mulai dilakukan kegiatan pembangunan perumahan. Peran pemangku kepentingan utama dalam menentukan pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan, pengendalian pencemaran dan pemulihan kualitas air untuk memastikan pemenuhan standar kualitas air yang ditetapkan. Penelitian ini menggunakan metode analisis prospektif dengan bantuan MACTOR yang menemukan pemangku kepentingan utama, yaitu Biro BPDAS KLHK, Biro Sumber Daya Alam Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Pengendalian Pencemaran Air Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, BBWS - Ciliwung Cisadane, dan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi.

Introduction

Air merupakan salah satu komponen lingkungan yang memiliki fungsi yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Keberadaan dan kualitas air harus dijaga untuk kepentingan kehidupan

Proyeksi Potensi Sumber Pencemaran Air Limbah Domestik Rumah Tangga di DAS Cileungsi Kabupaten Bogor Jawa Barat

Muhamad Komarudin¹, Anas M Fauzi², Yanuar J Purwanto³, Hatrisari Hardjomidjojo⁴ and Budi Kurniawan⁵

¹ Graduate School of Natural Resources and Environmental Management Science, IPB University. IPB Dramaga School Campus, Bogor, West Java, Indonesia.

^{2,3,4,5} University. IPB Dramaga Campus, Bogor, West Java, Indonesia.

ABSTRAK

Air merupakan sumber daya alam esensial, dibutuhkan oleh manusia dan makhluk hidup lainnya, sehingga perlu dijaga kuantitas dan kualitasnya untuk memenuhi kehidupan di masa sekarang maupun yang akan datang. Sungai Cileungsi yang berada di Kabupaten Bogor kualitas airnya cenderung tercemar. Berbagai penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa sumber pencemar terbesar adalah dari air limbah domestik. Dalam penelitian ini parameter kualitas air yang digunakan yaitu *Biochemical Oxygen Demand* (BOD). Metode yang digunakan untuk menghitung potensi beban pencemaran dengan pendekatan numerik dan spasial. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi sumber pencemaran air sungai berasal dari limbah domestik terbesar ada dihasilkan dari kawasan permukiman yang berada di sub-DAS Cileungsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi sumber pencemaran air sungai berasal dari limbah domestik terbesar ada dihasilkan dari kawasan permukiman yang berada di sub-DAS Cileungsi.