



**KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP/  
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN HIDUP  
DEPUTI BIDANG PENGENDALIAN PENCEMARAN  
DAN KERUSAKAN LINGKUNGAN**

Jl. DI Panjaitan Kav.24, Kebon Nanas, Jakarta Timur 13410 Gedung B Lantai 4 Website: [www.kemenlh.go.id](http://www.kemenlh.go.id)

Nomor : **S.746 / F.1 / JFT / PKL.2.1 / B / 04 / 2025**  
Sifat : -  
Lampiran : 1 (satu) lembar  
Hal : Undangan Narasumber

**29** April 2025

Yth.

1. Sdr. Dr. Budi Kurniawan, BRIN
2. Sdr. Dr Tjondro, SE, M.M, IPB
3. Sdr. Komarudin, S.Si, M.S, ISTN

di

Tempat

Dalam rangka peninjauan kembali kesesuaian penentuan antara status mutu air dan indeks kualitas air, untuk mendukung perencanaan, pemantauan, perbaikan mutu air, dan pengambilan kebijakan terkait penilaian kualitas lingkungan, bersama ini kami mengundang Saudara sebagai narasumber dalam pembahasan yang akan dilaksanakan pada:

Hari/Tanggal : Rabu, 30 April 2025  
Waktu : 08.30 WIB – selesai  
Tempat : Hotel Avenzel  
Jl. Raya Kranggan No.69, Cibubur, Jatisampurna  
Bekasi Jawa Barat

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kehadiran Saudara diucapkan terima kasih.

  
Direktur Perlindungan dan  
Pengelolaan Mutu Air,  
Firdaus Alim Damopolii  
NIP.197802122007011001

Tembusan:

Deputi Bidang Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan (sebagai laporan).

Lampiran Undangan  
Nomor : **S.746 / F.1 / JFT / PKL.2.1 / 0 / 09 / 2025**  
Tanggal : **29 April 2025**

**Pembahasan Penentuan Status Mutu Air dengan Indeks Kualitas Air**

| <b>Waktu</b>  | <b>Agenda</b>                                                  | <b>Pelaksana</b>       |
|---------------|----------------------------------------------------------------|------------------------|
| 08.30 – 08.45 | Pembukaan                                                      | Direktur PPMA          |
| 08.45 – 10.00 | Pembahasan Penentuan Status Mutu Air dan Indeks Kualitas Air   | Narasumber dan Peserta |
| 10.00 – 10.15 | <i>Coffee Break</i>                                            |                        |
| 10.15 – 12.00 | Pembahasan Lanjutan                                            | Narasumber dan Peserta |
| 12.00 – 13.00 | Ishoma                                                         |                        |
| 13.00 – 14.15 | Pembahasan Lanjutan                                            | Narasumber dan Peserta |
| 14.15 – 15.30 | Diskusi                                                        | Narasumber dan Peserta |
| 15.30 – 16.00 | <i>Coffee Break</i>                                            |                        |
| 16.00 – 17.30 | Kesimpulan                                                     | Narasumber dan Peserta |
| 17.30 – 19.00 | Ishoma                                                         |                        |
| 19.00 – 21.00 | Simulasi dan Penyusunan Materi Perhitungan Status Mutu dan IKA | Peserta                |



# 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).



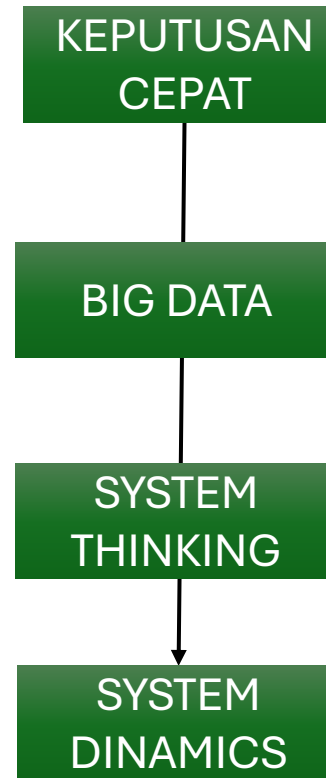
Tiga masalah klasik ini cenderung telah menjadi ekstrim yang berpotensi menjadi masalah besar bagi umat manusia.



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

# ERA VUCA

|          |                                 |                                                                                                                           |
|----------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>V</b> | Volatility<br>(Volatilitas)     | Perubahan yang cepat dan tidak terduga. Contoh: harga komoditas yang naik-turun drastis.                                  |
| <b>U</b> | Uncertainty<br>(Ketidakpastian) | Kurangnya prediktabilitas, sulit meramalkan masa depan. Contoh: pandemi COVID-19.                                         |
| <b>C</b> | Complexity<br>(Kompleksitas)    | Banyaknya faktor yang saling terkait dan memengaruhi sistem. Contoh: kebijakan global, iklim, ekonomi saling berhubungan. |
| <b>A</b> | Ambiguity<br>(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 DYNAMICS



## 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



### Helistik

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         |  |

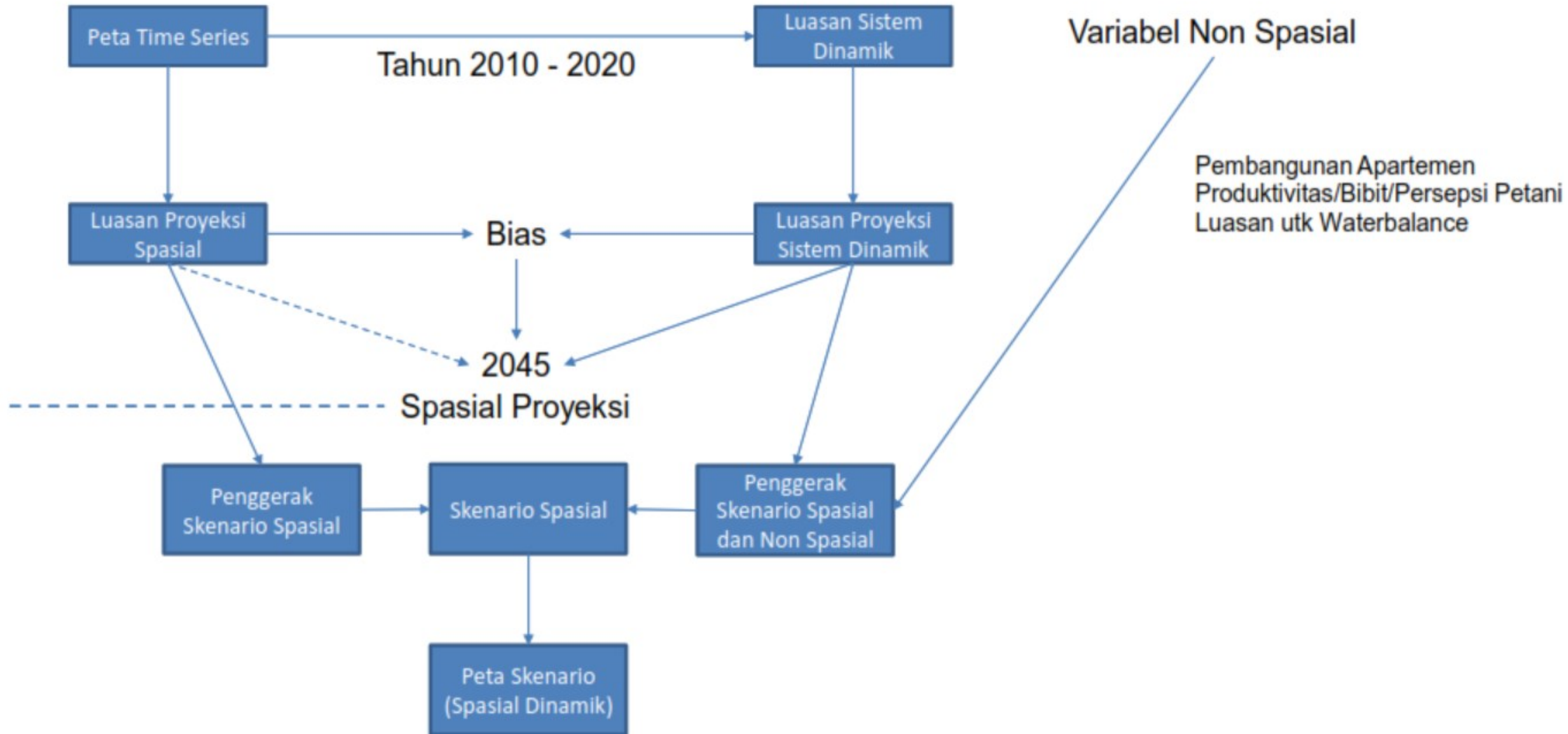
# EVALUATION OF SELECTED SYSTEM DYNAMICS SOFTWARE PACKAGES

| Criteria                      | Alternatives |            |                 |                |                |            |            |
|-------------------------------|--------------|------------|-----------------|----------------|----------------|------------|------------|
|                               | Stella       | AnyLogic   | Vensim          | True           | Insight Maker  | Powersim   | Sysdea     |
| <b>Graphics</b>               | <b>9</b>     | <b>7.5</b> | <b>7</b>        | <b>4.5</b>     | <b>5</b>       | <b>9</b>   | <b>10</b>  |
| <i>Aesthetics</i>             | 9            | 8          | 6               | 4              | 6              | 8          | 10         |
| <i>Navigation</i>             | 9            | 7          | 8               | 5              | 4              | 10         | 10         |
| <b>Availability</b>           | <b>7</b>     | <b>8</b>   | <b>7</b>        | <b>9</b>       | <b>10</b>      | <b>8</b>   | <b>7.5</b> |
| <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          |
| <b>Functionality</b>          | <b>8</b>     | <b>10</b>  | <b>10</b>       | <b>7</b>       | <b>4</b>       | <b>9</b>   | <b>3</b>   |
| <b>Help</b>                   | <b>8.25</b>  | <b>8.5</b> | <b>9</b>        | <b>5.5</b>     | <b>3.25</b>    | <b>8</b>   | <b>8.5</b> |
| <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          |
| <b>Education</b>              | <b>9</b>     | <b>5</b>   | <b>1</b>        | <b>N/A</b>     | <b>7</b>       | <b>10</b>  | <b>10</b>  |
| <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         |
| <b>Average Points</b>         | <b>8.25</b>  | <b>7.8</b> | <b>6.8</b>      | <b>5.2</b>     | <b>5.85</b>    | <b>8.8</b> | <b>7.8</b> |
| <b>Overall Evaluation</b>     |              |            |                 |                |                |            |            |
| <b>SUS Grade Scale</b>        | B            | C          | D               | F              | F              | B          | C          |
| <b>Adjective Ranking</b>      | Good         | Good       | OK              | Poor           | OK             | Excellent  | Good       |
| <b>Acceptability</b>          | Accept       | Accept     | Marginal - High | Marginal - Low | Marginal - Low | Accept     | Accept     |

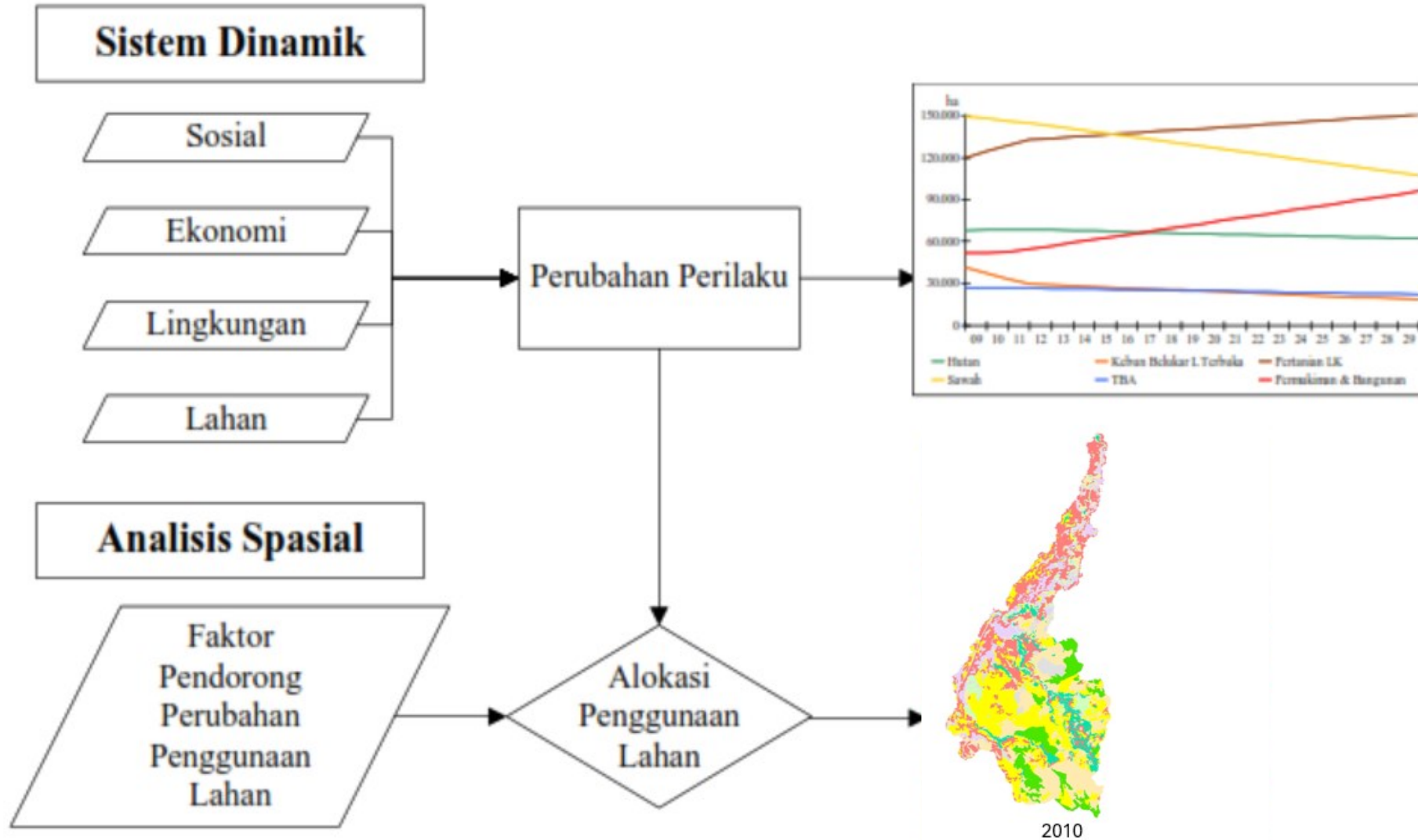
# Spatial Dynamics

## Spasial

## Sistem Dinamik

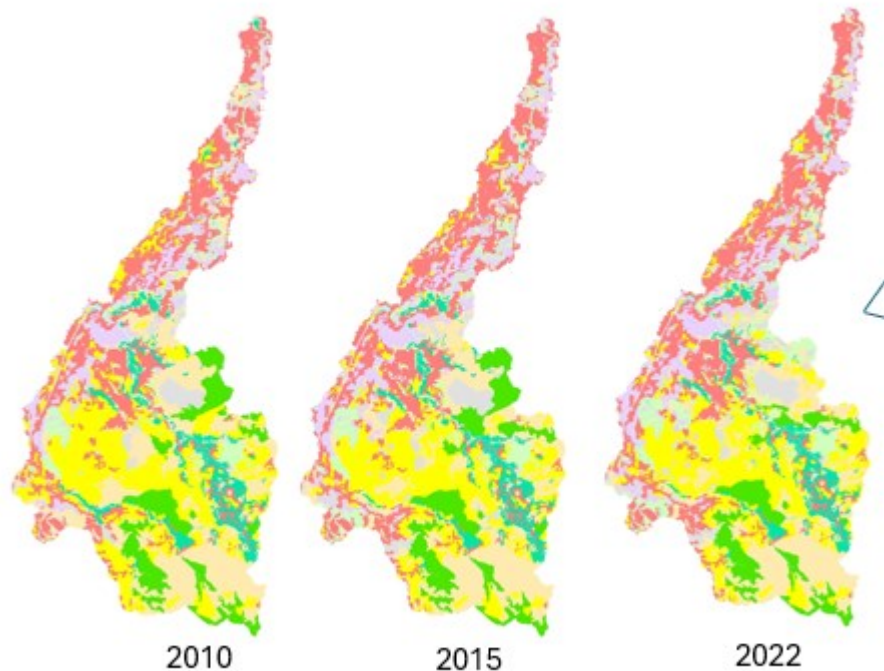


# Tahapan Spasial Dinamik

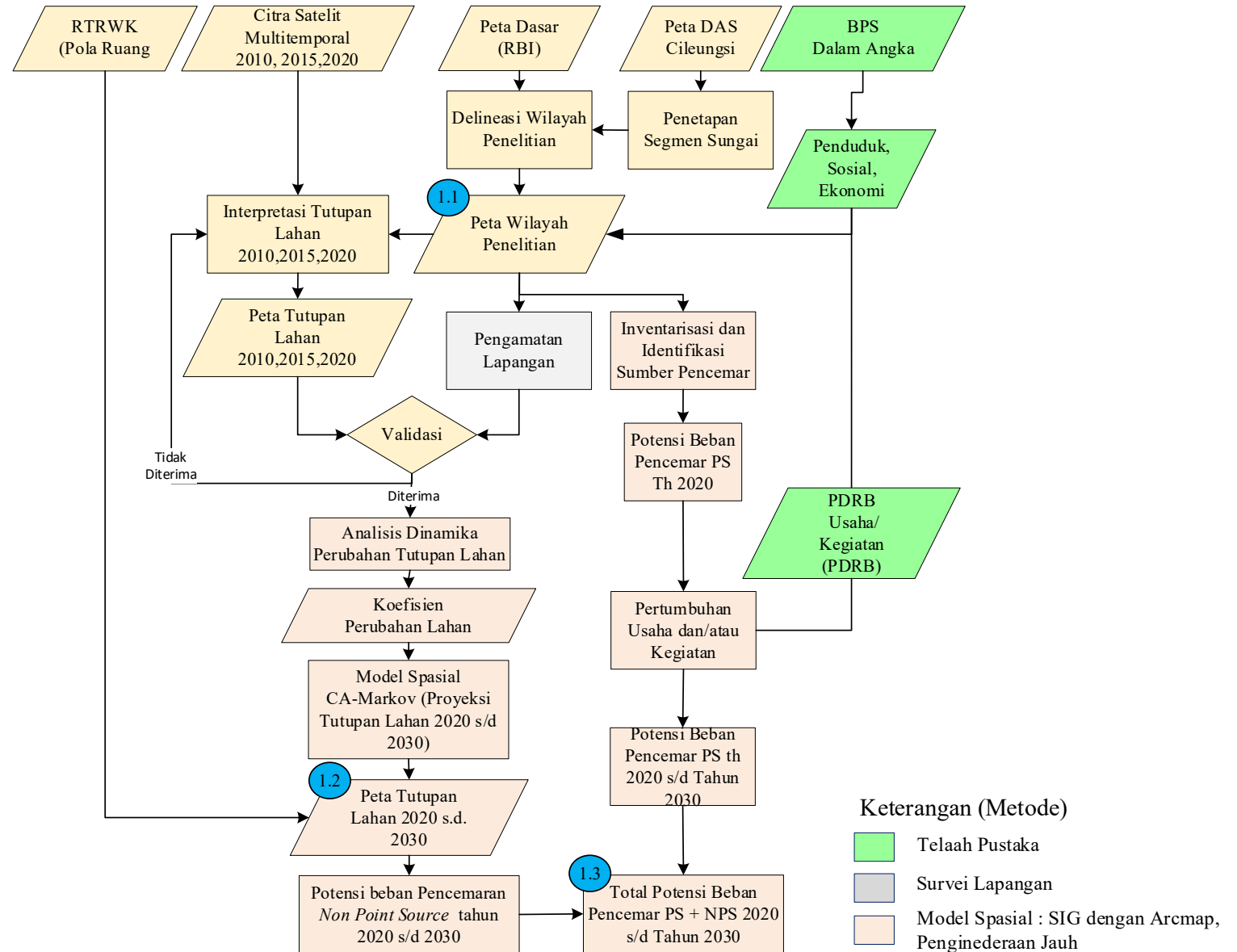


# SPASIAL DINAMIK

- 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

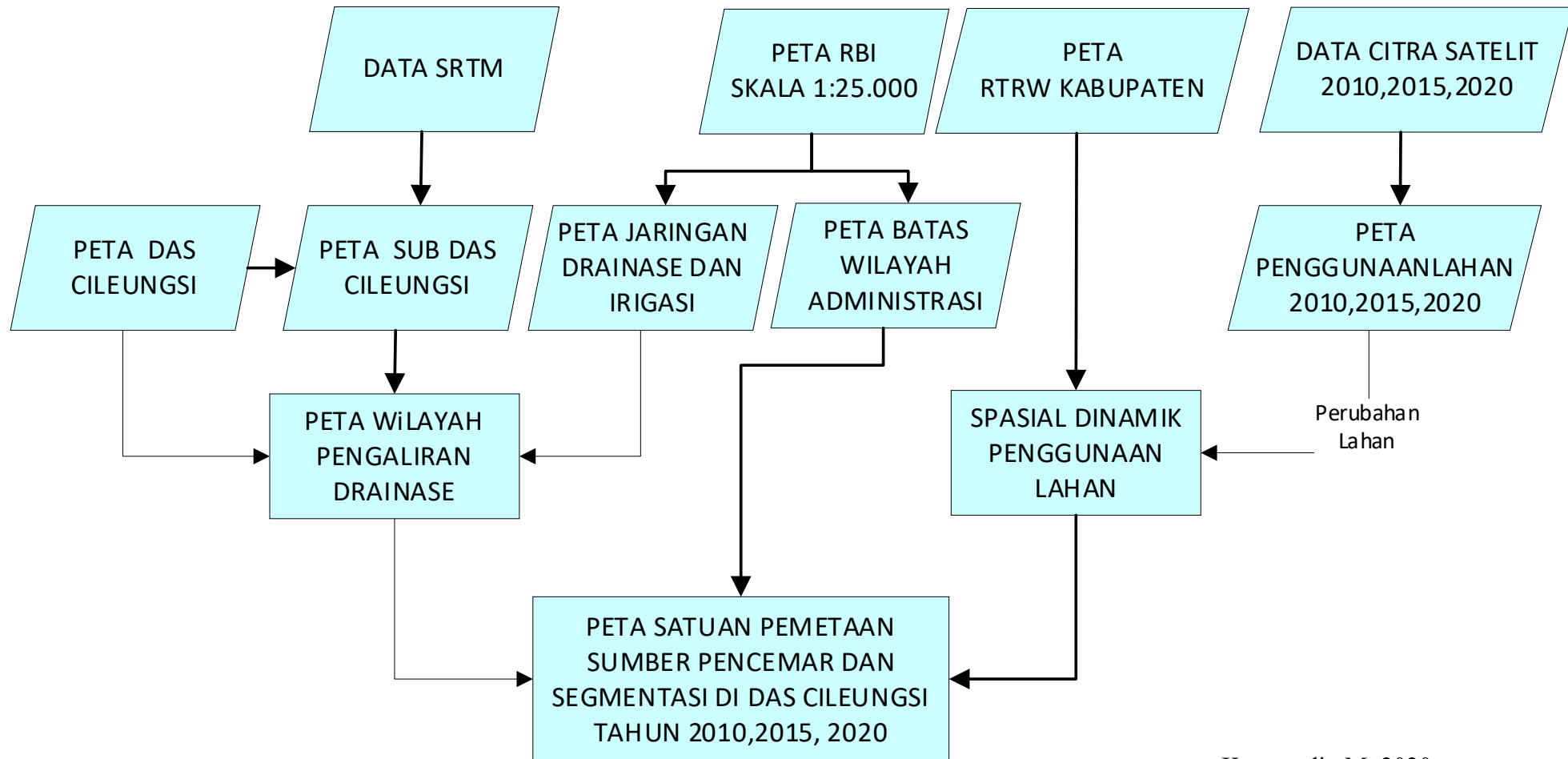


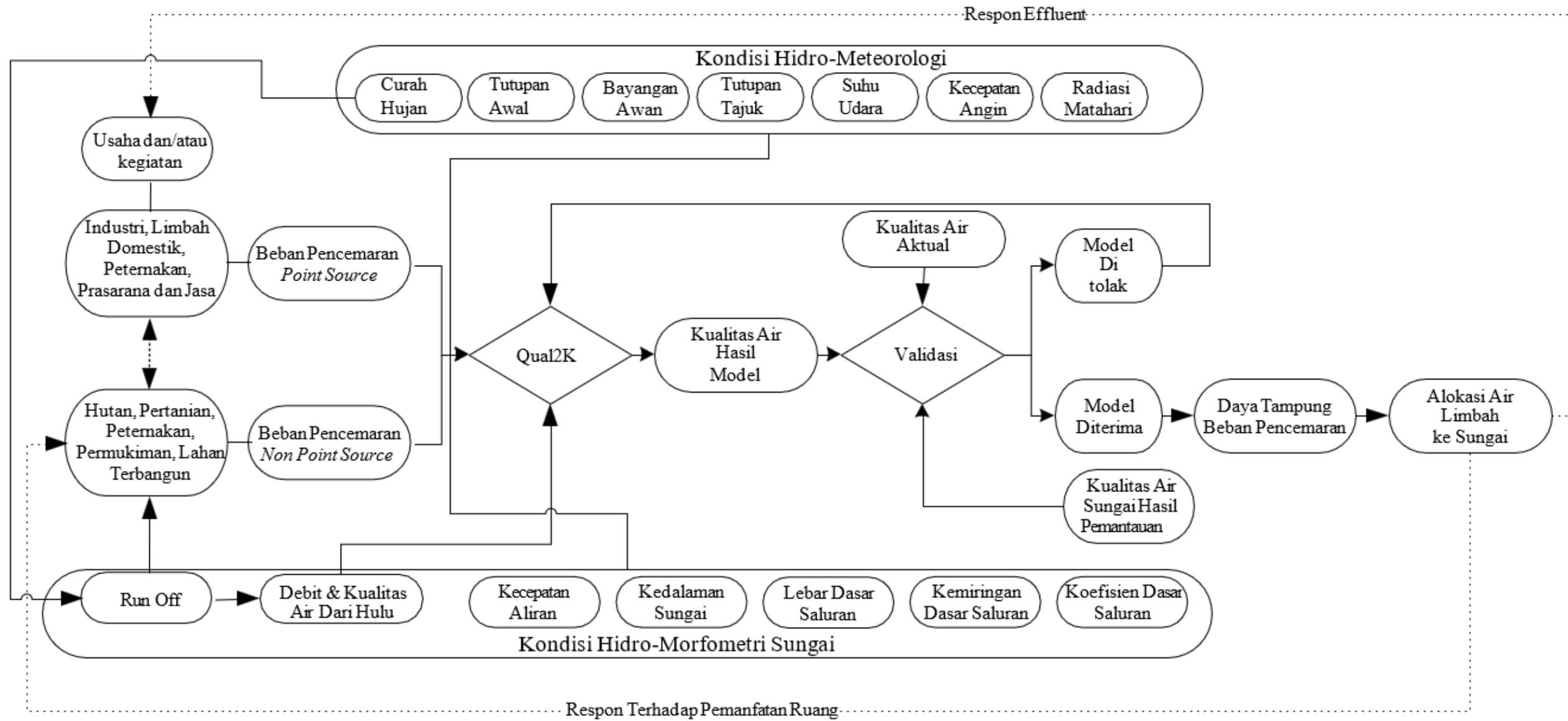
# Contoh Skema : Perhitungan Total beban Pencemaran di masa mendatang



# PENDETELILAN WILAYAH PENGALIRAN

## SEBAGAI BATAS SATUAN WILAYAH SUMBER PENCEMAR

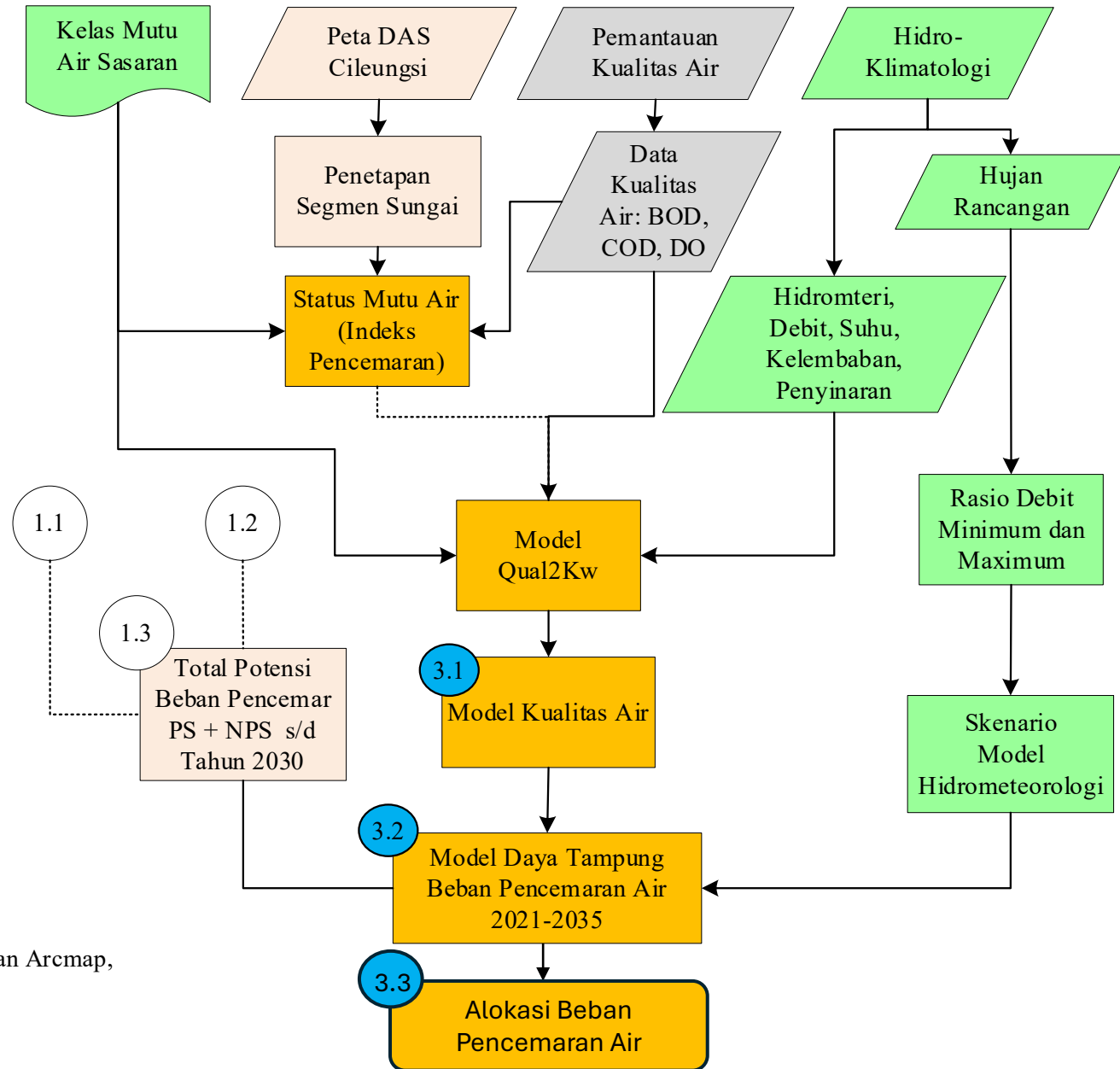




# Contoh Skema : Perhitungan dan Prediksi Alokasi Beban Pencemaran Saat ini dan masa Mendatang

## 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

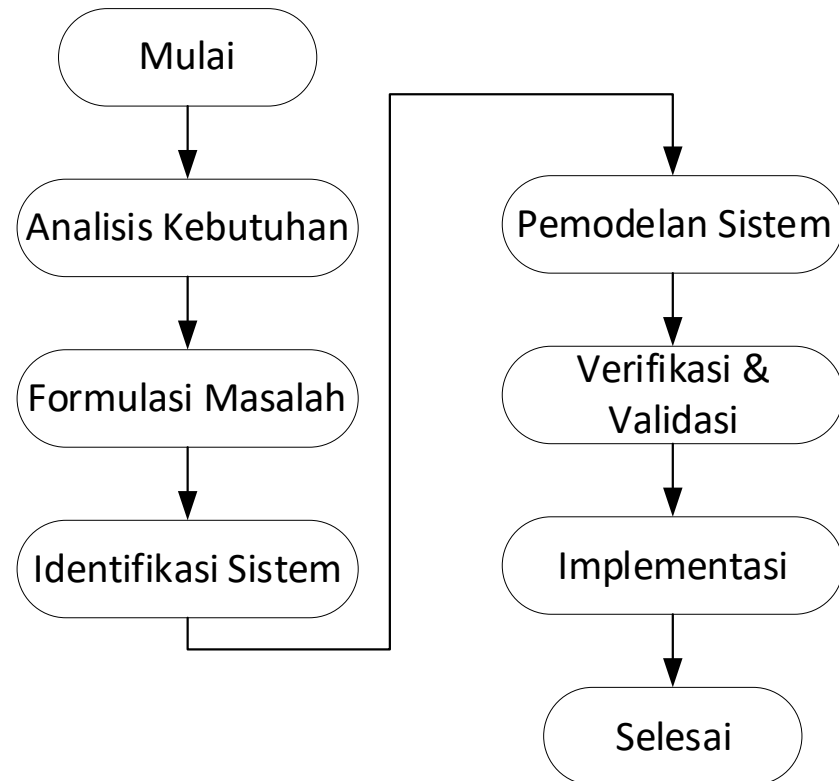
## OUTPUT YANG TAK DIINGINKAN

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

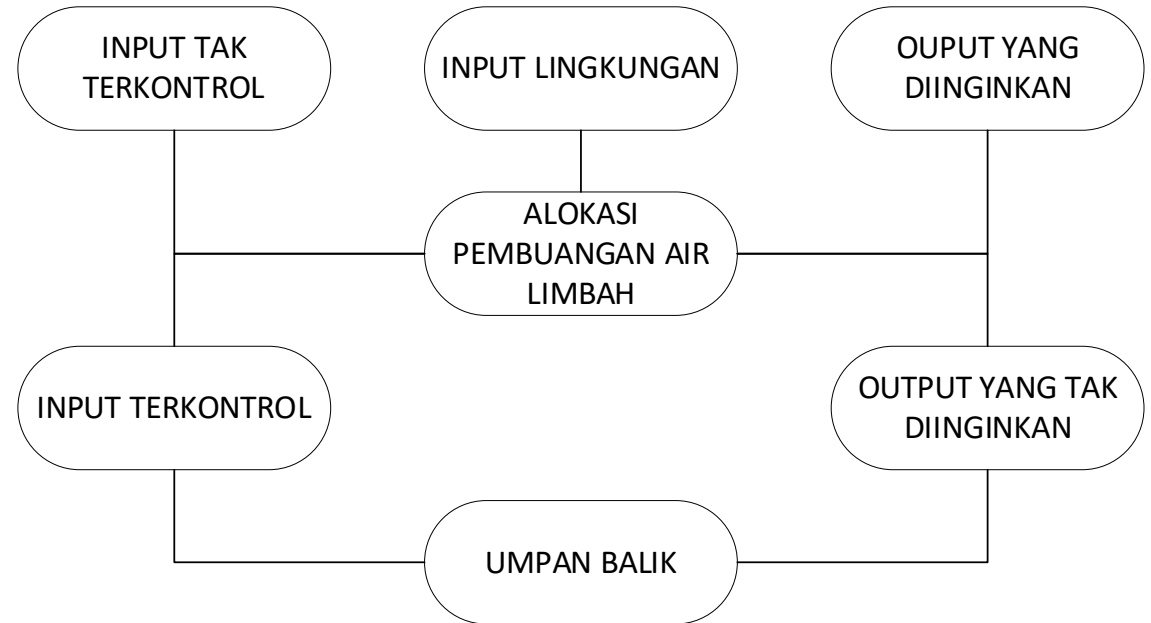
# DIAGRAM ALUR KERJA

## 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 deskripsif. 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

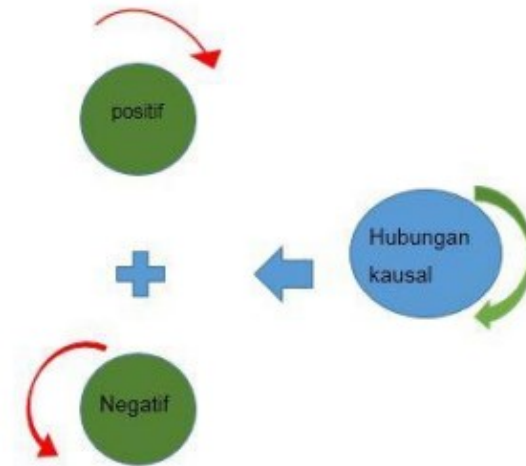
pengembangan model, agar supaya dapat diterima dan dapat digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Suatu proses untuk menentukan bahwa implementasi model secara akurat dapat merepresentasikan secara akurat. Validasi adalah Proses untuk menentukan seberapa baik model merepresentasikan secara akurat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



# TAHAPAN MODEL SISTEM DINAMIK

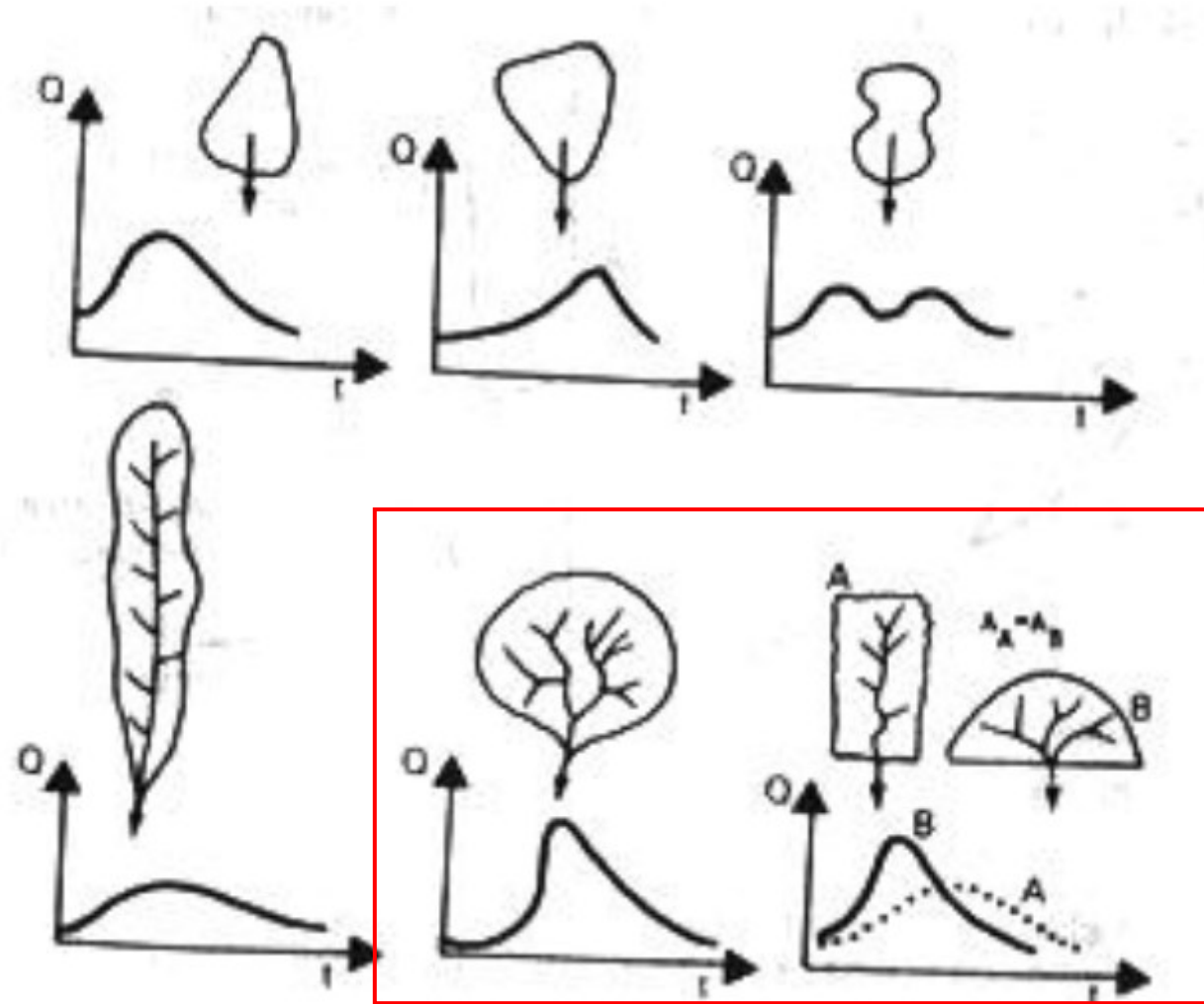
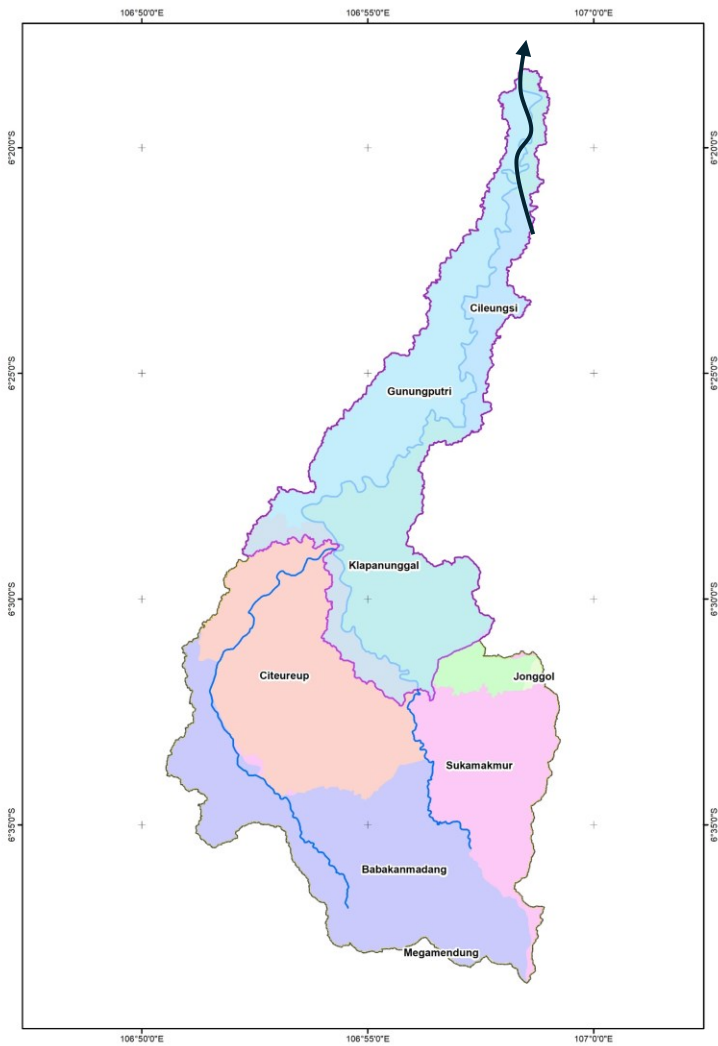
Dalam Model sistem dinamik terdapat lima tahapan model (Yuan, 2012) diantaranya :

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)

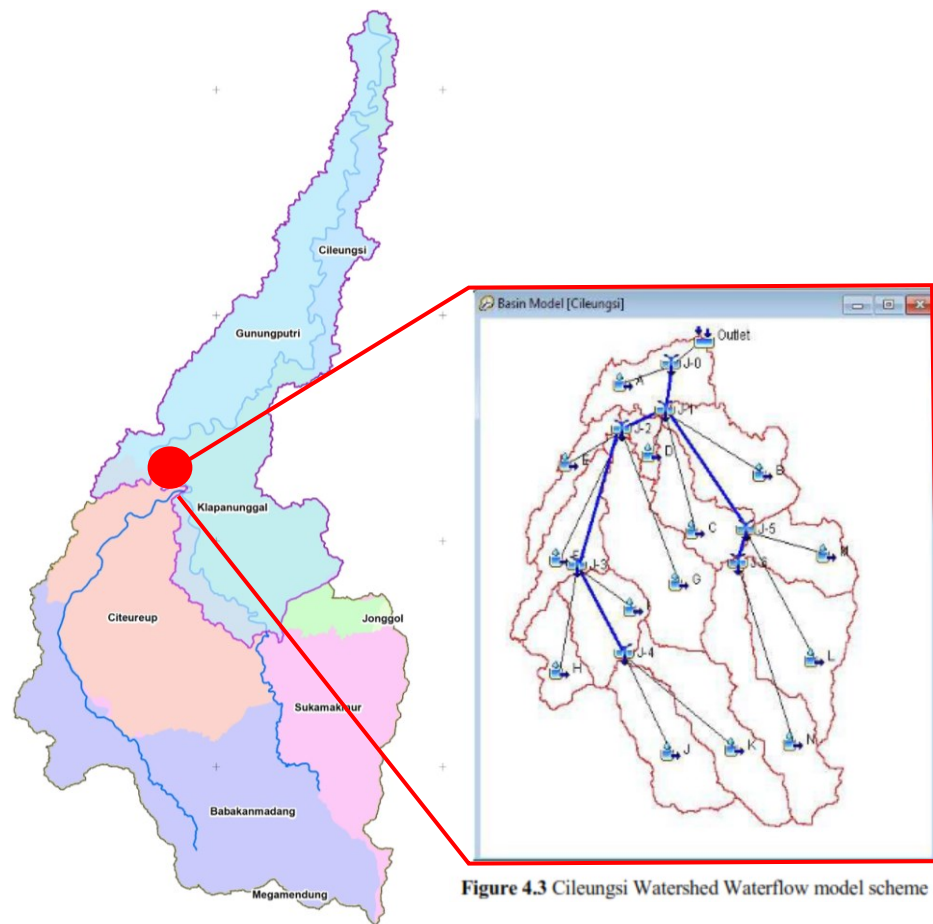


Figure 4.3 Cileungsi Watershed Waterflow model scheme

Source: Data processing result, 2020

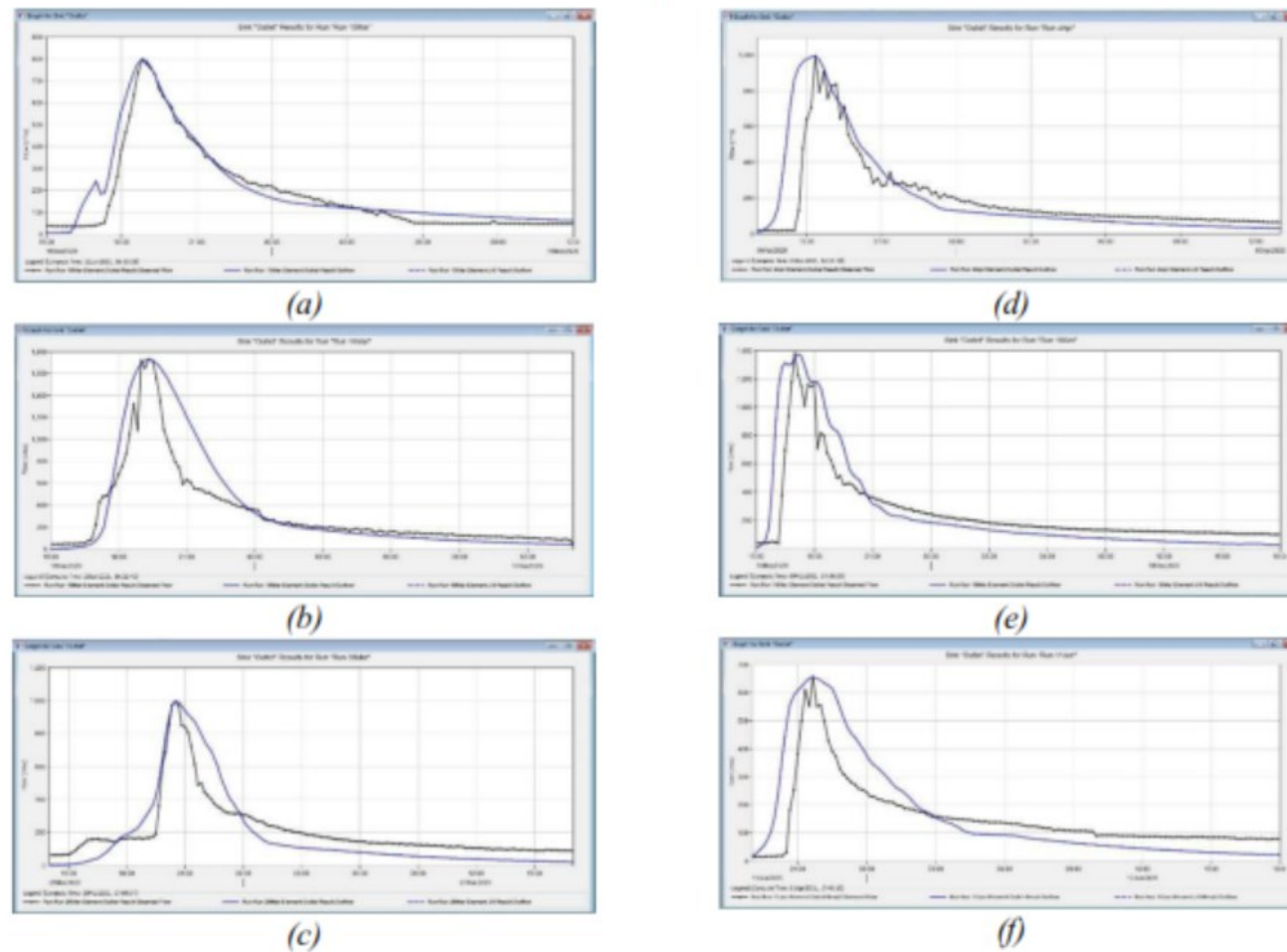
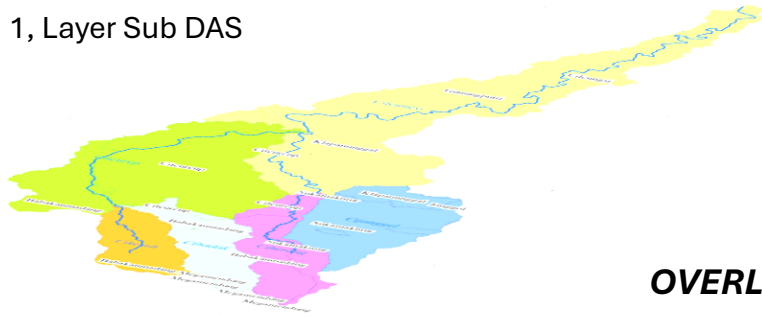


Figure 4.4 Result of Modeled and Measured Hydrography; (a) 15 March 2020, (b) 16 March 2020, (c) 26 March 2020, (d) 4 April 2020, (e) 18 May 2020, (f) 11 June 2020

Source: Data processing result, 2020

## .....1.1. PETA WILAYAH PENELITIAN

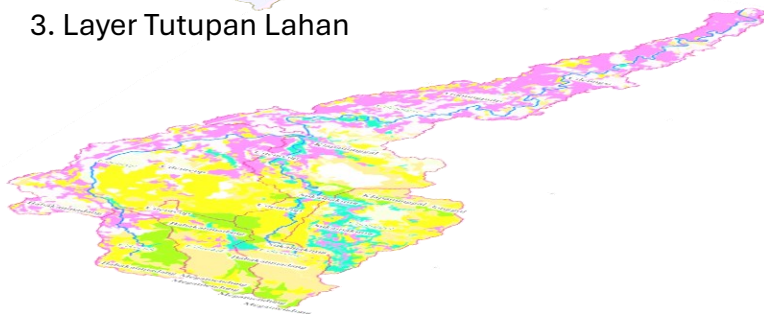
1, Layer Sub DAS



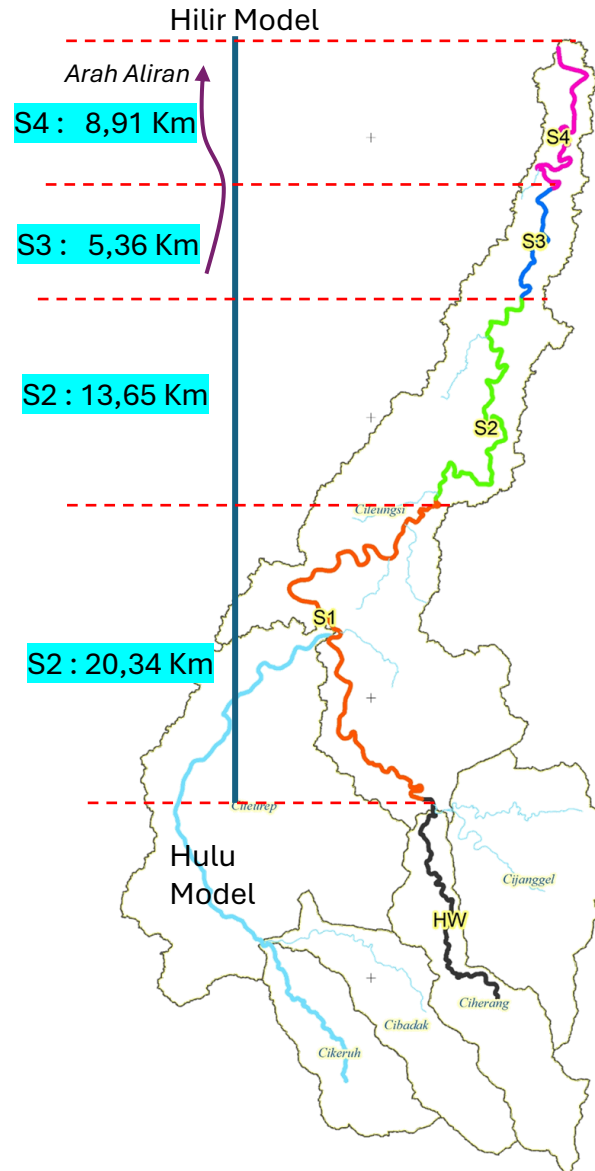
2. Layer Wilayah Administrasi



3. Layer Tutupan Lahan



OVERLAY

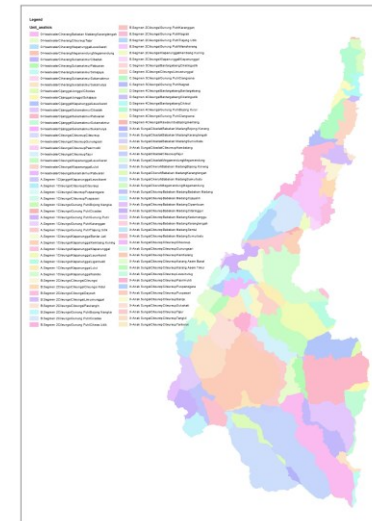


## 1. Unit Analisis : Segmentasi Sungai

Segmentasi

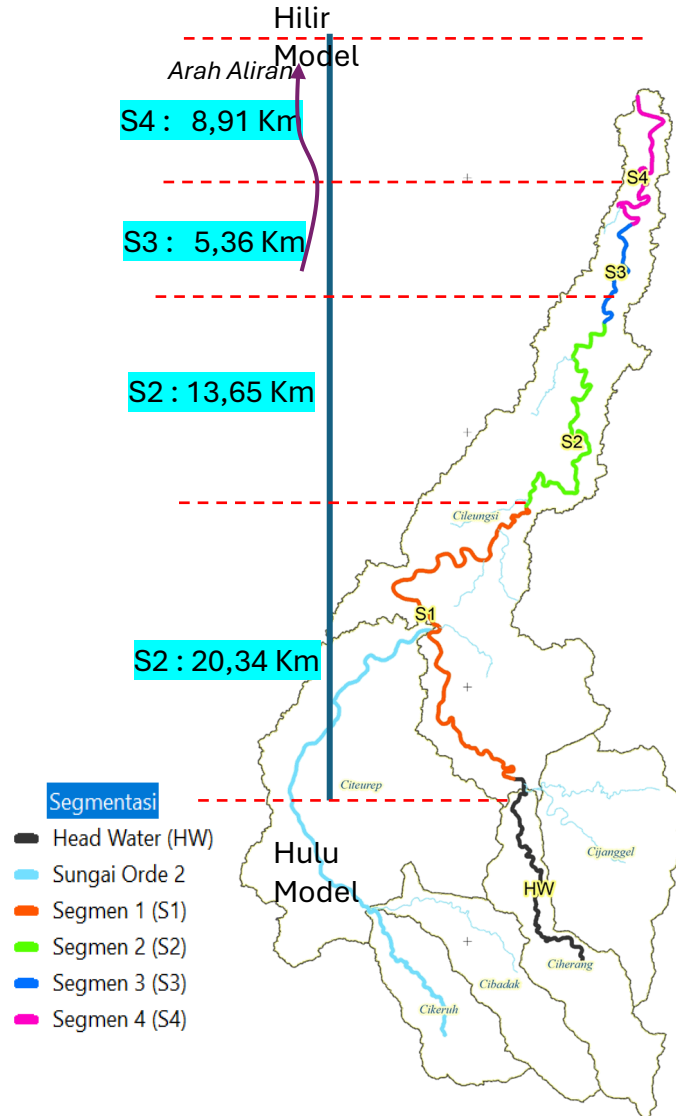
- Head Water (HW)
- Sungai Orde 2
- Segmen 1 (S1)
- Segmen 2 (S2)
- Segmen 3 (S3)
- Segmen 4 (S4)

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



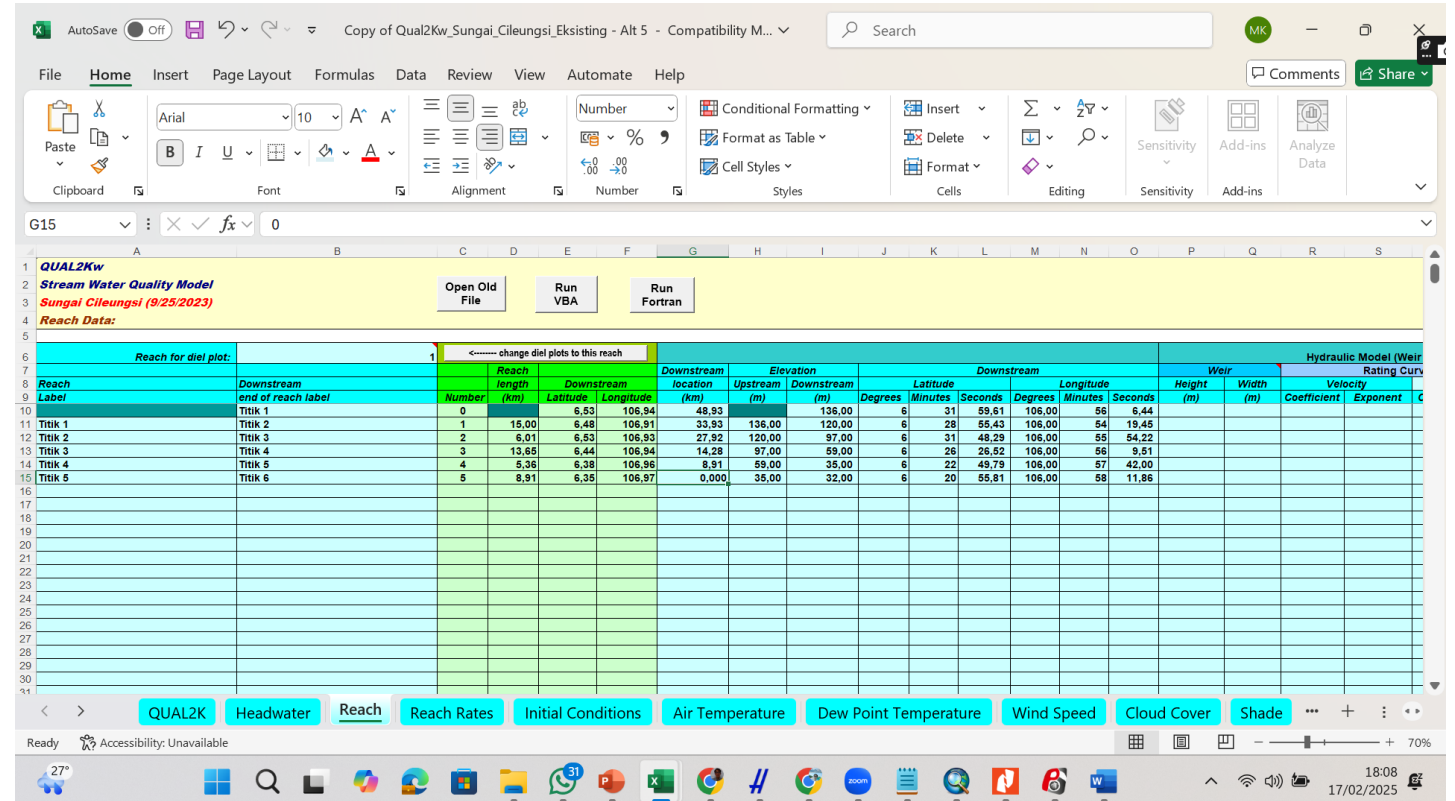
Ada 95 Unit  
Satuan Analisis  
(WPSP)

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



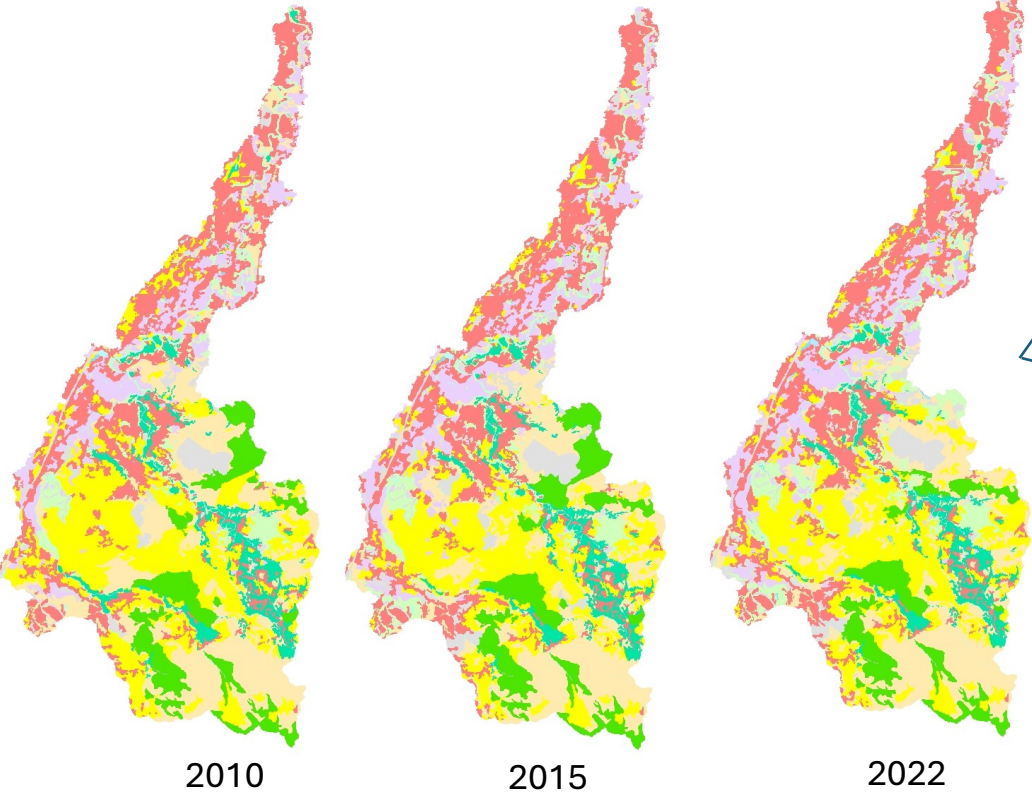
## 1. Segmentasi sebagai Unit Analisis Badan Air untuk pemodelan Kualitas Air

### AirData Hidrolika Sungai

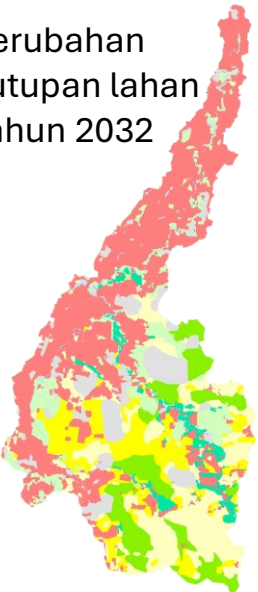


## 2. Segmentasi sebagai Proxy untuk menghubungkan antara sumber pencemar pada Cathment Area dengan Kualitas Air pada Badan Air

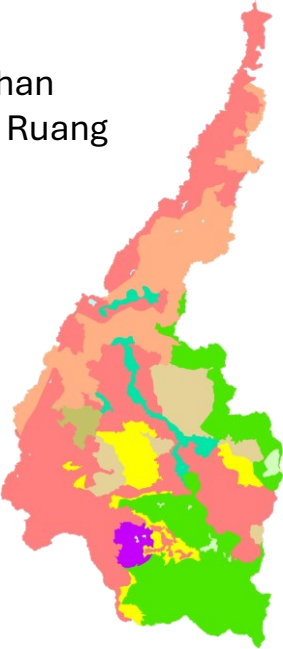
# 1.2. Tutupan Lahan



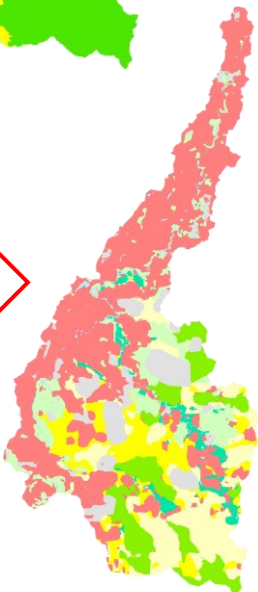
Perubahan Tutupan lahan Tahun 2032



Tutupan Lahan 2035 – Pola Ruang RTRW



Perubahan Tutupan lahan Tahun 2042



Hasil Spasial

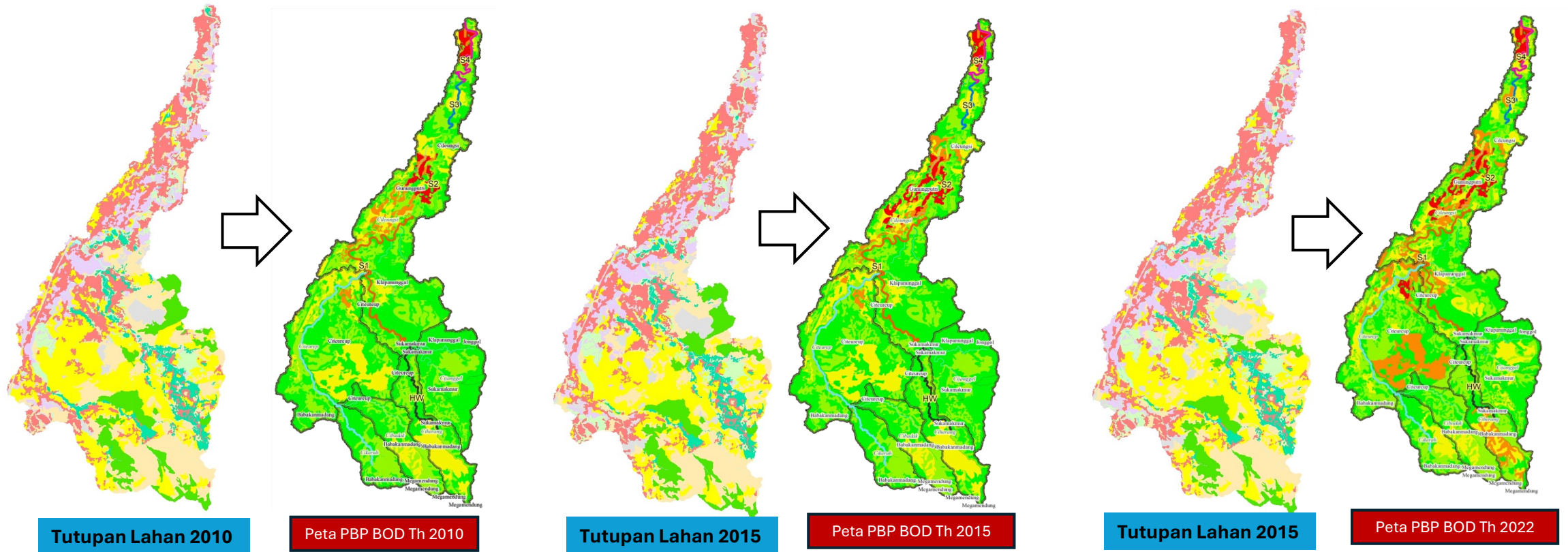
|                                | % Kesesuaian Pola Ruang RTRWK 2035 |                 |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Penggunaan Lahan Proyeksi 2032 | Akurasi Lokasi                     | Kesesuaian Luas |
| Hutan                       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

## 1.2. Tutupan Lahan

Matrik perubahan Tutupan Lahan dari 2010 ke 2015

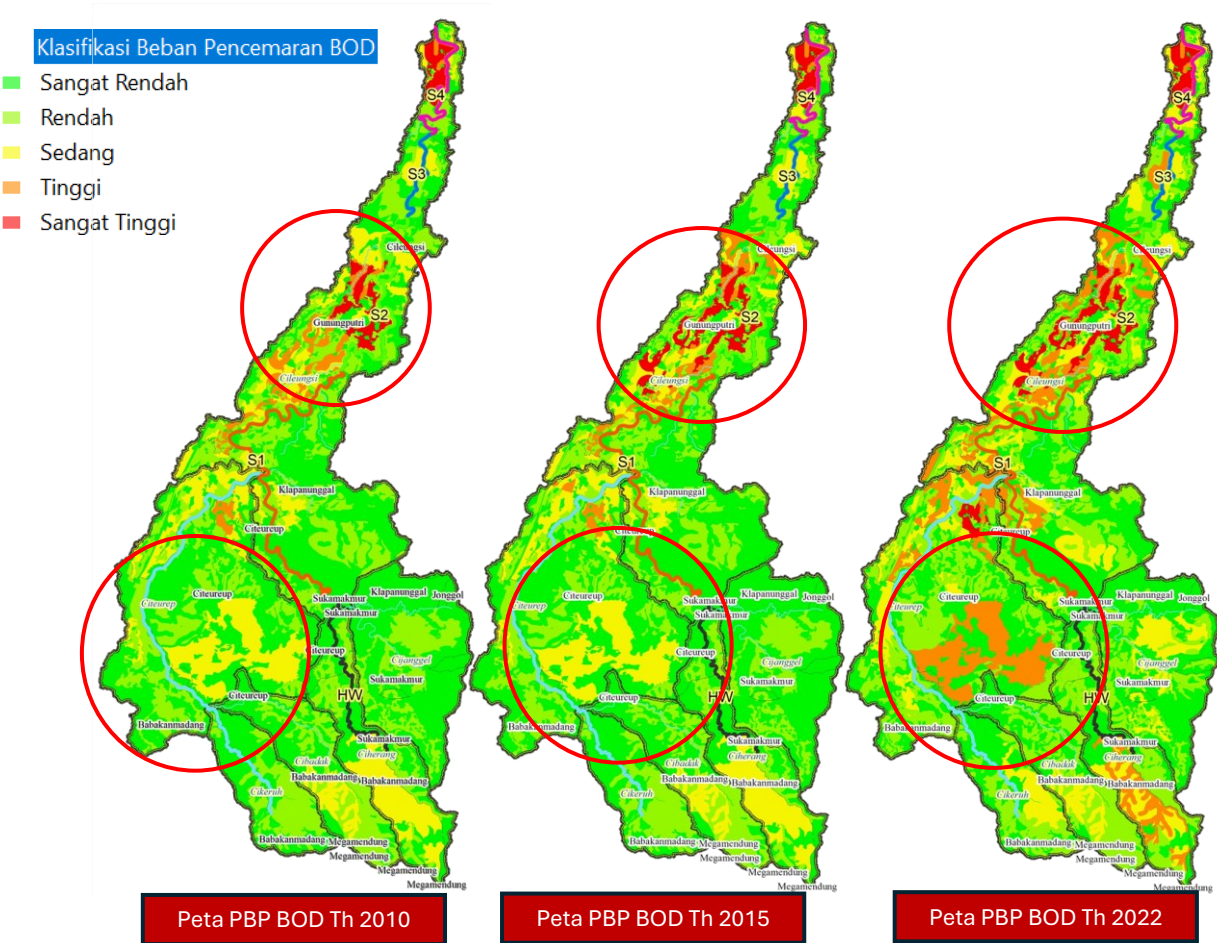
| Matrik Perubahan Lahan        |            |        |          | TAHUN 2015 |          |               |        |                     |                |                 |                               |             |
|-------------------------------|------------|--------|----------|------------|----------|---------------|--------|---------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------|
| 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



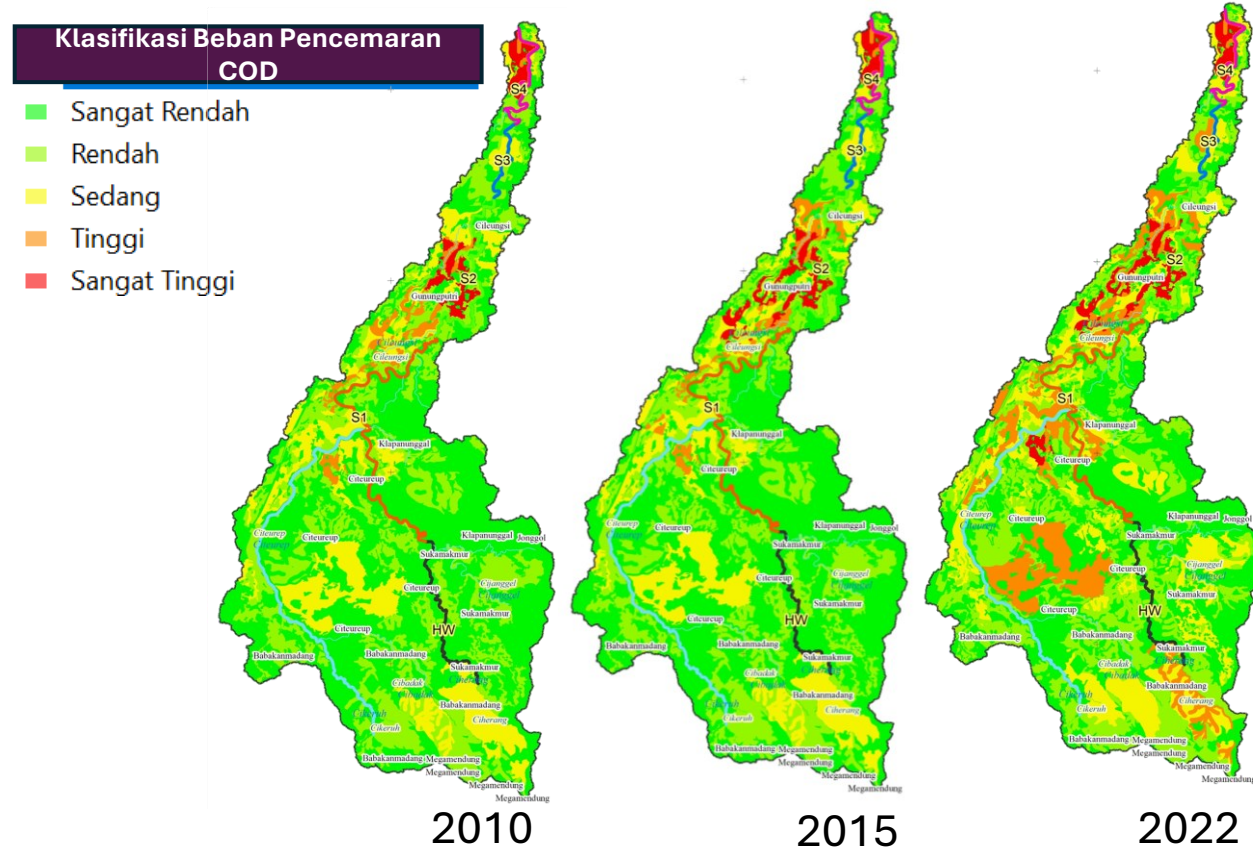
Wilayah Pemukiman dan Kegiatan / usaha merupakan wilayah yang berpotensi sumber pencemaran air tinggi

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

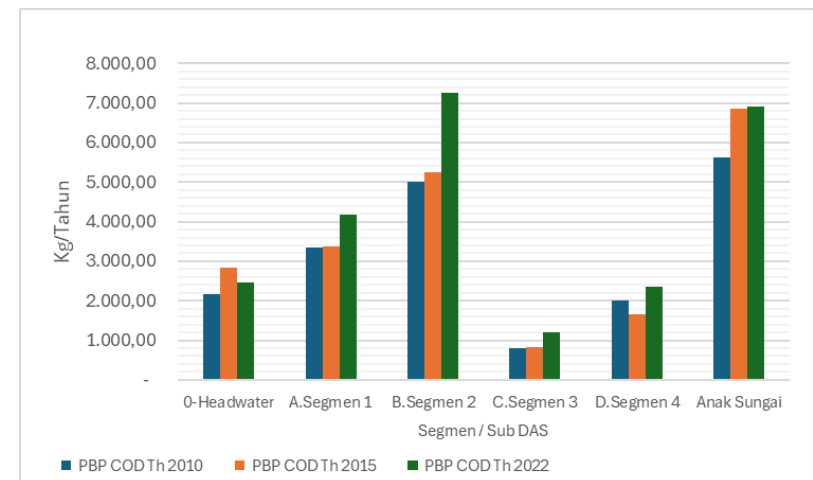


| Segmen          | Total 2010 | Total 2015 | Total 2022 |
|-----------------|------------|------------|------------|
| A. Sungai Total | 5.621,94   | 6.904,62   | 6.865,33   |
| Headwater Total | 2.168,93   | 2.460,23   | 2.824,72   |
| Segmen 1        | 3.624,69   | 4.452,09   | 3.652,19   |
| Segmen 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  |

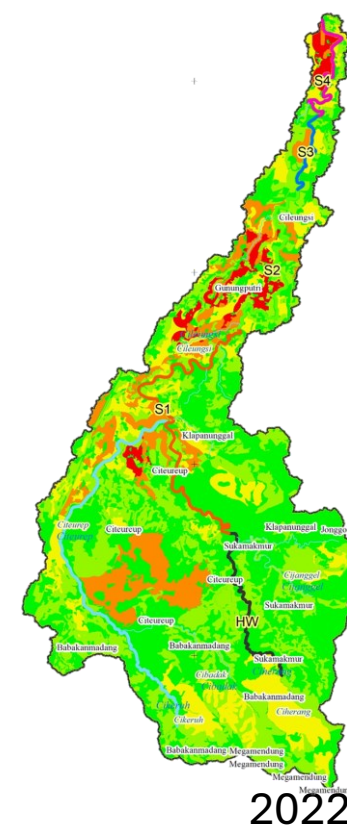
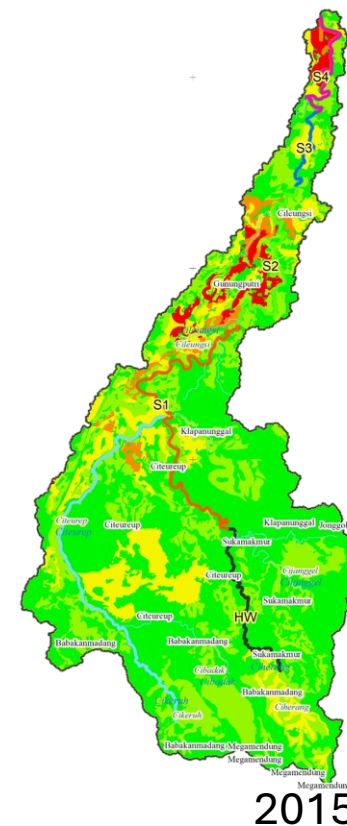
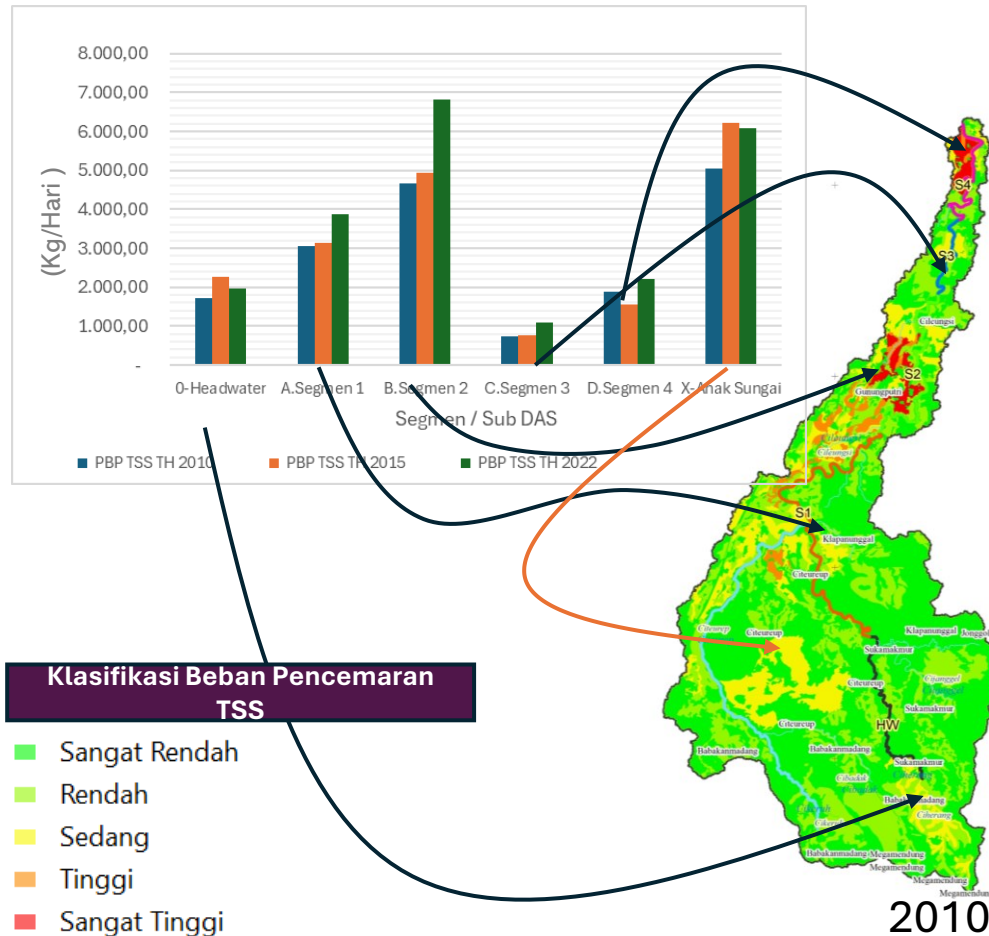
# DISTRIBUSI POTENSI BEBAN PENCEMARAN PARAMETER COD TAHUN 2010, 2015, 2022



| 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         |
| <b>Total Potensi Beban Pencemaran (COD Kg/Hari )</b> |           |                | <b>26.794,10</b>                     | <b>29.277,58</b> | <b>33.650,16</b> |



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



# Dokumentasi survei, diskusi dengan warga serta pengambilan contoh air

sungai



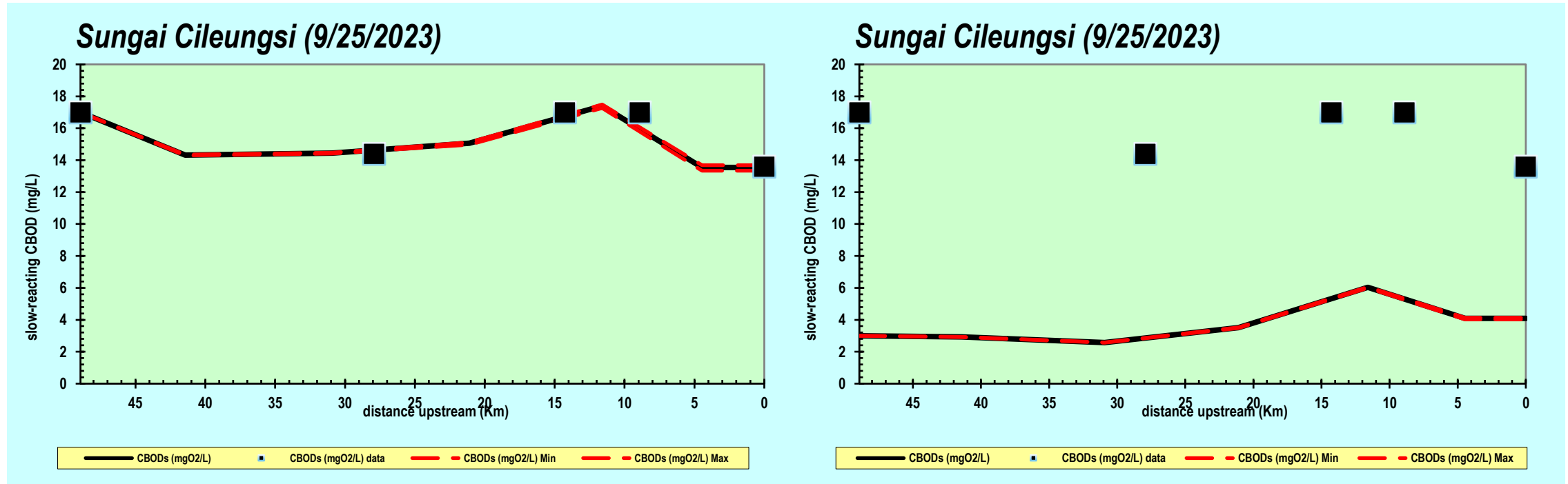
Kegiatan survei ke 2 di awal bulan September 2023 , akhir musim kemarau menuju ke musim hujan, dengan harapan mendapatkan Gambaran kondisi pencemaran yang terburuk yang dapat diukur

## 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)

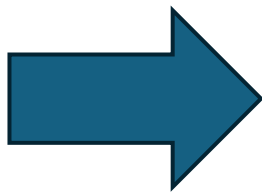
Pengujian kesesuaian model menggunakan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang dirumuskan sebagai berikut :

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

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 :

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

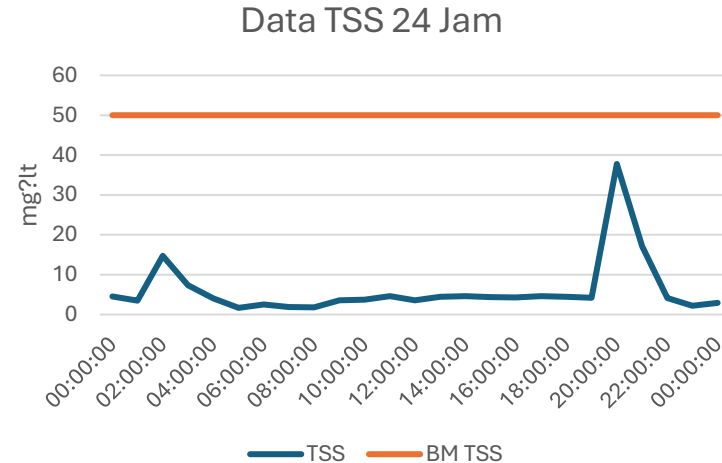
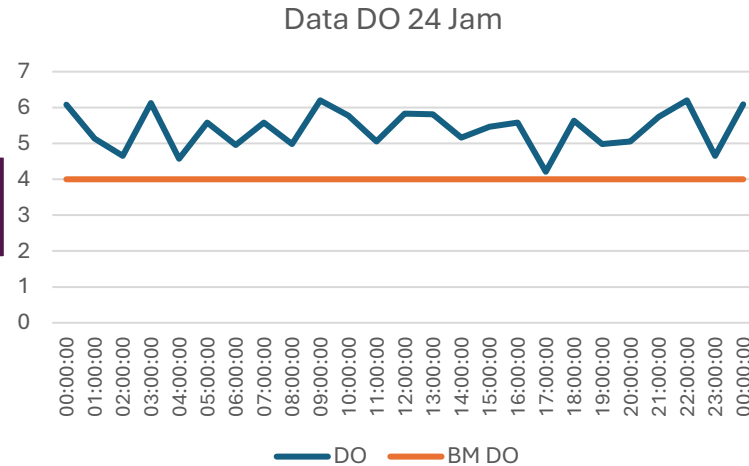
HASIL UJI  
MODEL BOD



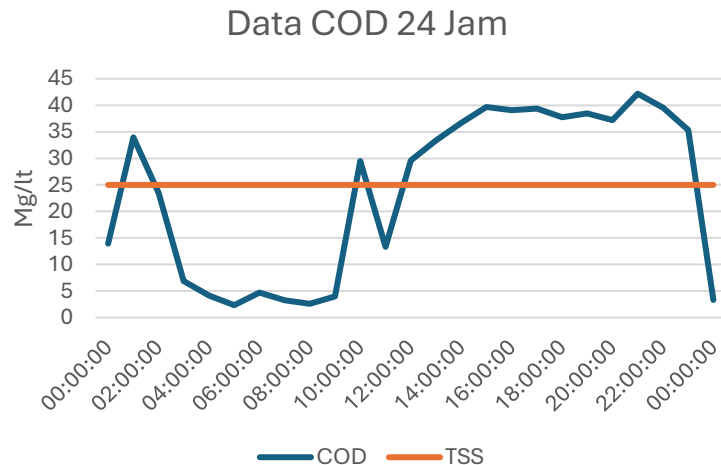
| BM BOD<br>Kelas 2 | BOD data<br>(Ppi) | BOD<br>model<br>(Pmi) | Ppi - Pmi | (Ppi - Pmi) <sup>2</sup> | Ppi - Pmr        | (Ppi - Pmr) <sup>2</sup> | Pmi - Ppi | ((Pmi - Ppi) / Ppi) <sup>2</sup> |
|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------|--------------------------|------------------|--------------------------|-----------|----------------------------------|
| 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 <sup>2</sup> = | 0,997                    | RMSE      | 0,052                            |
|                   |                   |                       |           |                          | r                | 0,998                    |           | 5,20%                            |

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

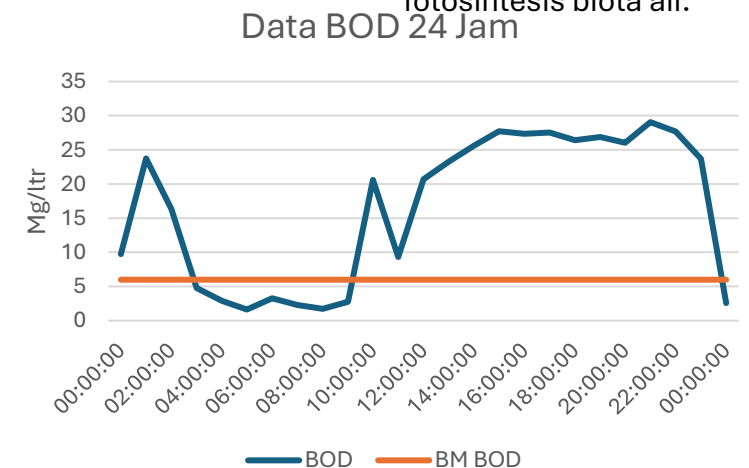
Kondisi DO yang baik sepanjang hari mengindikasikan bahwa air sungai memiliki cukup oksigen untuk mendukung kehidupan biota air. Hal ini menunjukkan kondisi yang sehat bagi ekosistem sungai.



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,

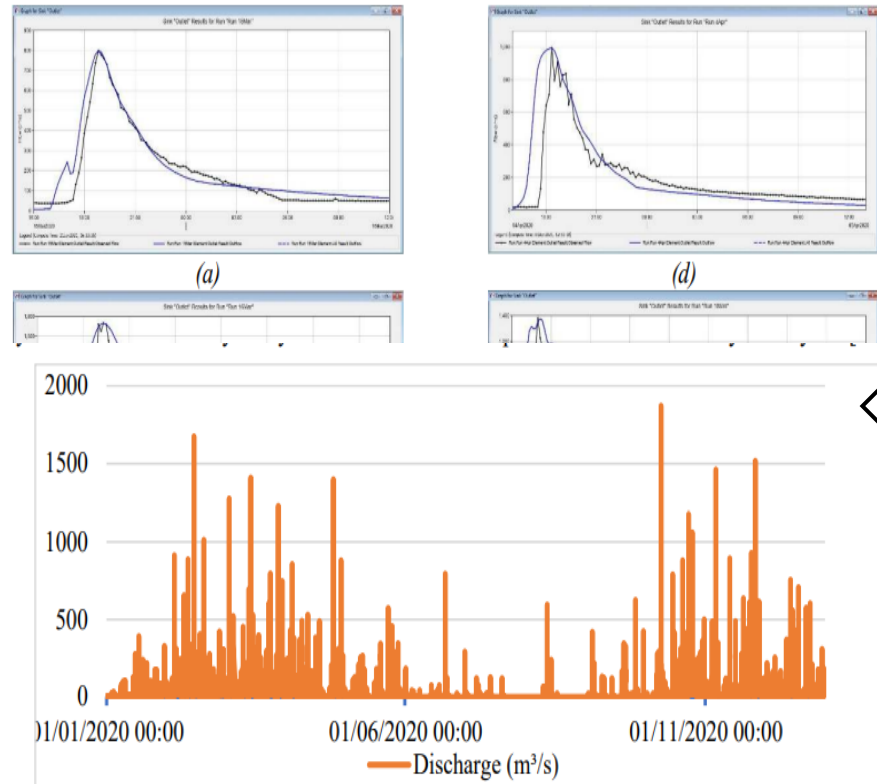
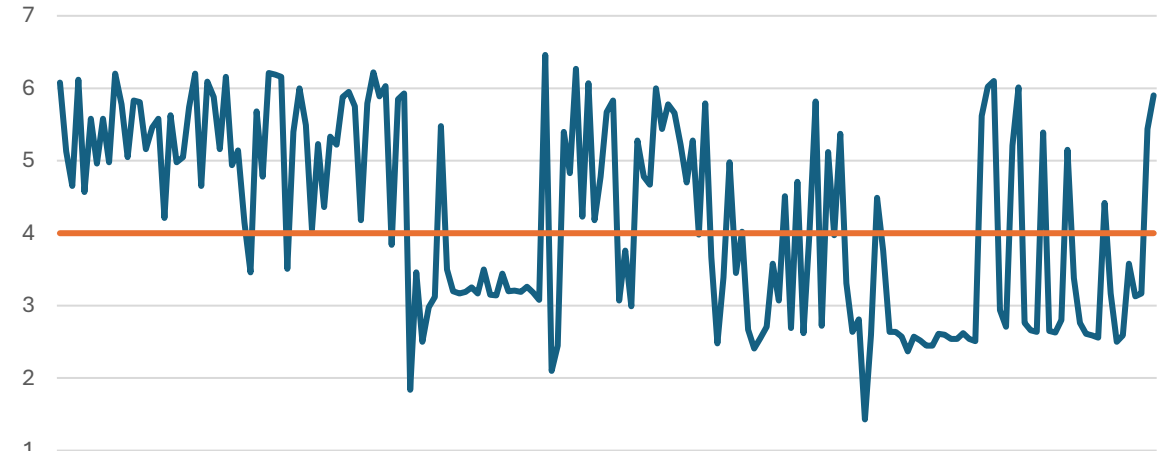


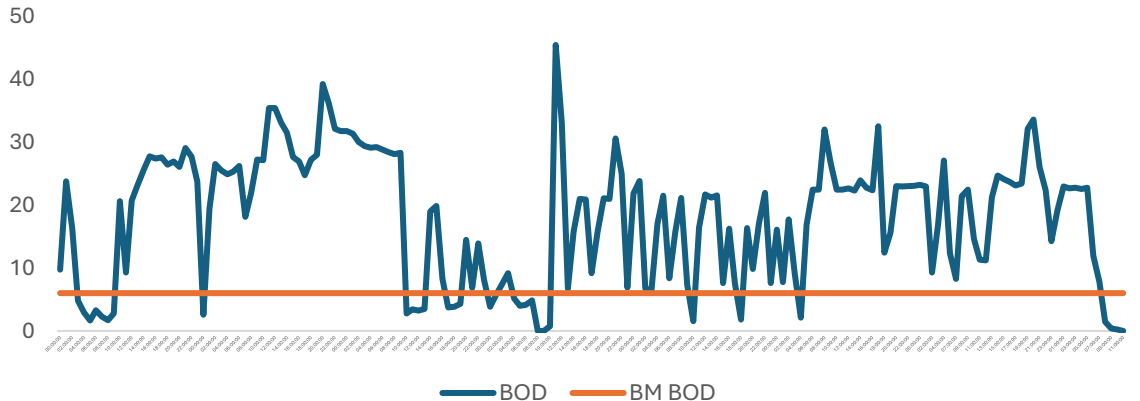
Figure 4.5 Hydrograph of Cileungsi Watershed flow from 1 January 2020 to 31 December 2020.

Soruce: Data processing result, 2021

Pemantauan DO dalam Jaringan (KLHK,2024)

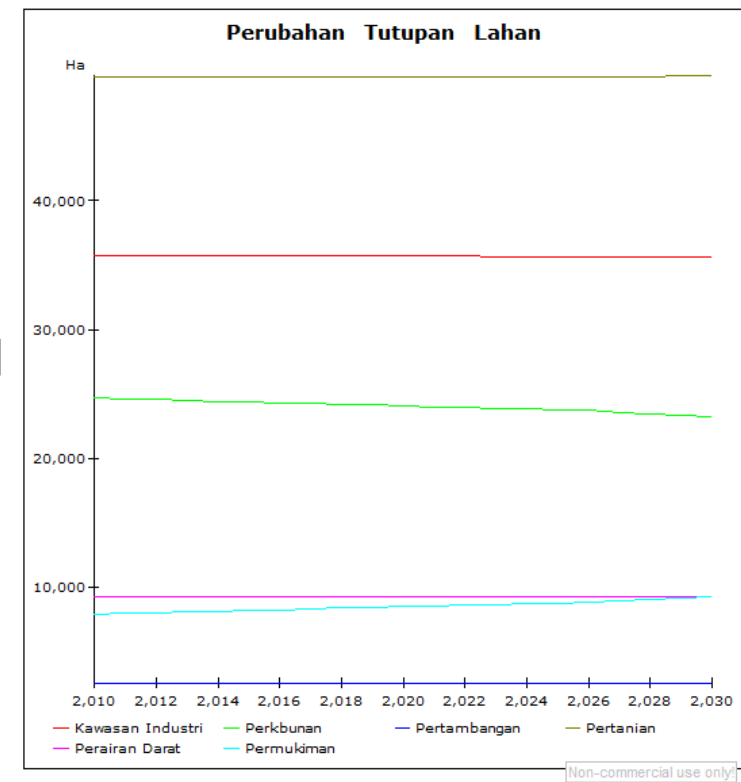
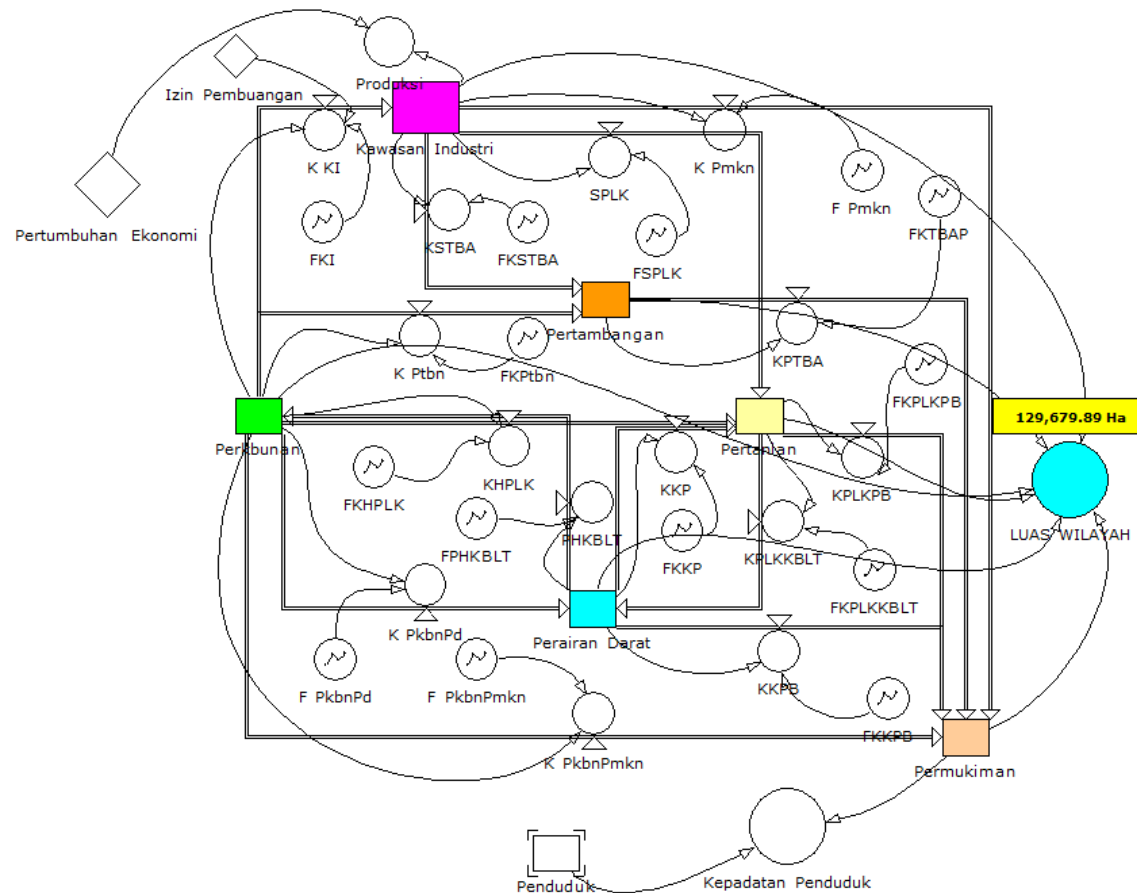


Pemantauan BOD dalam Jaringan (KLHK,2024)

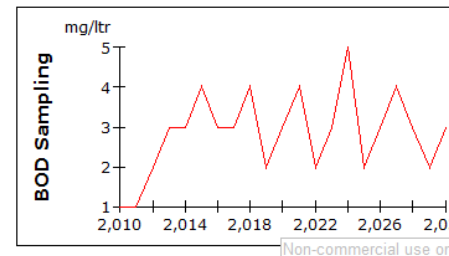
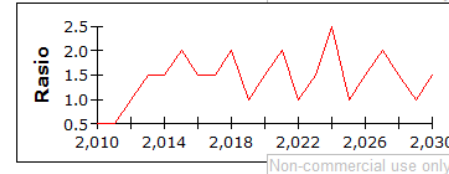
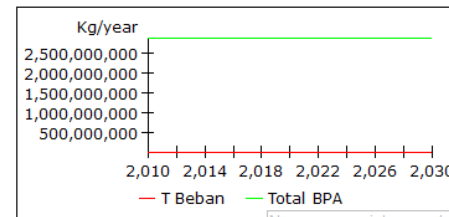
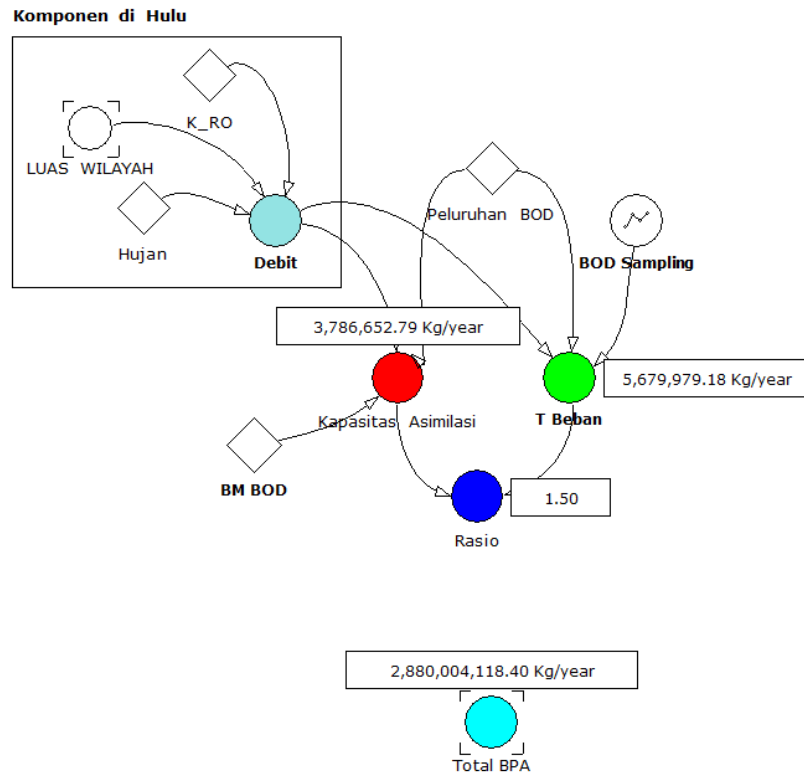


**KEBIJAKAN PEMBERIAN IZIN PEMBUANGAN AIR LIMBAH KE SUNGAI PERLU MEMPERHATIKAN DINAMIKA ALOKASI BEBAN PENCEMARAN AIR , MINIMAL MEMPERTIMBANGKAN PERUBAHAN MUSIM HUJAN DAN KEMARAU**

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



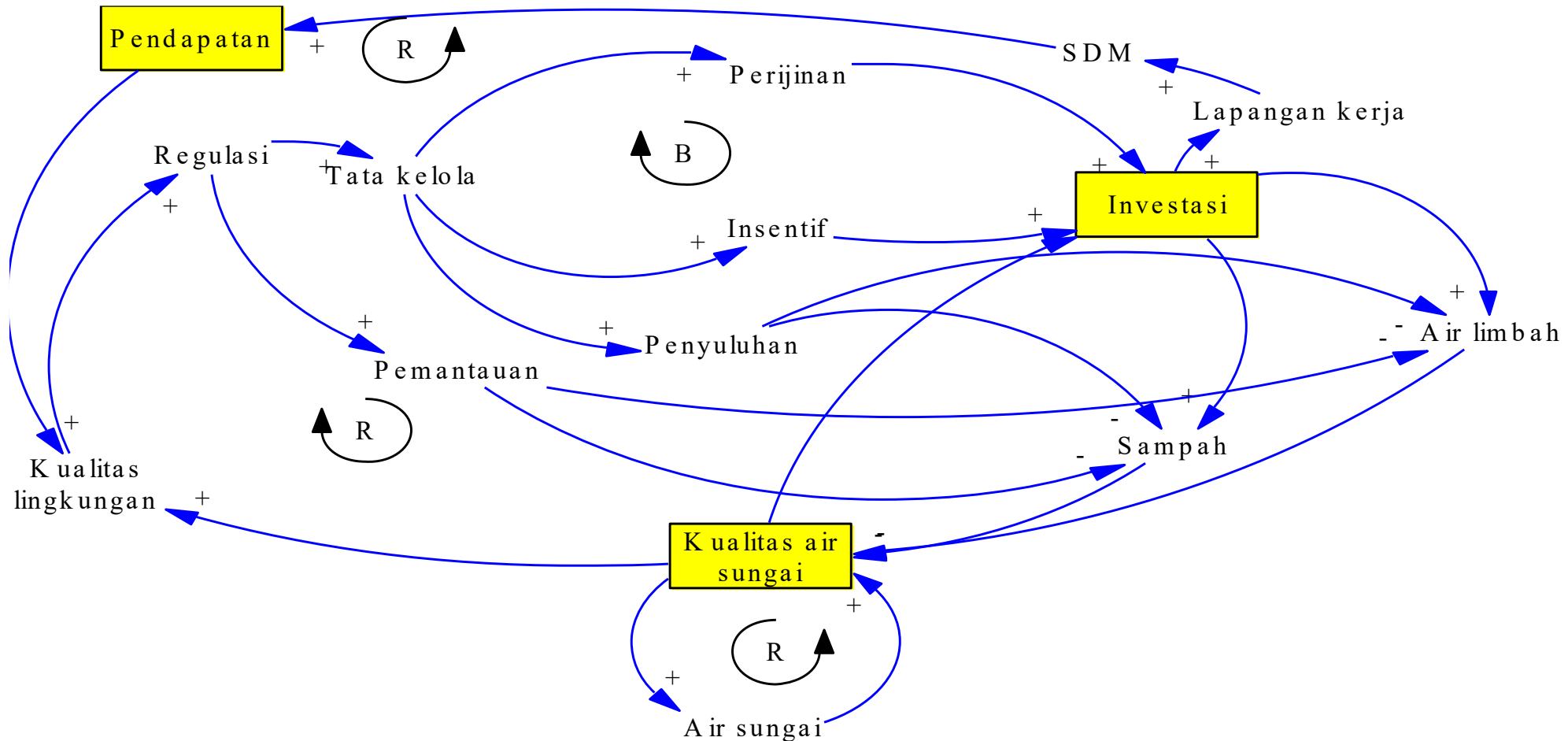
**Contoh : MODEL DINAMIK KUALITAS AIR SUNGAI CILEUNGSI BERBASIS ALOKASI BEBAN PENCEMARAN AIR**



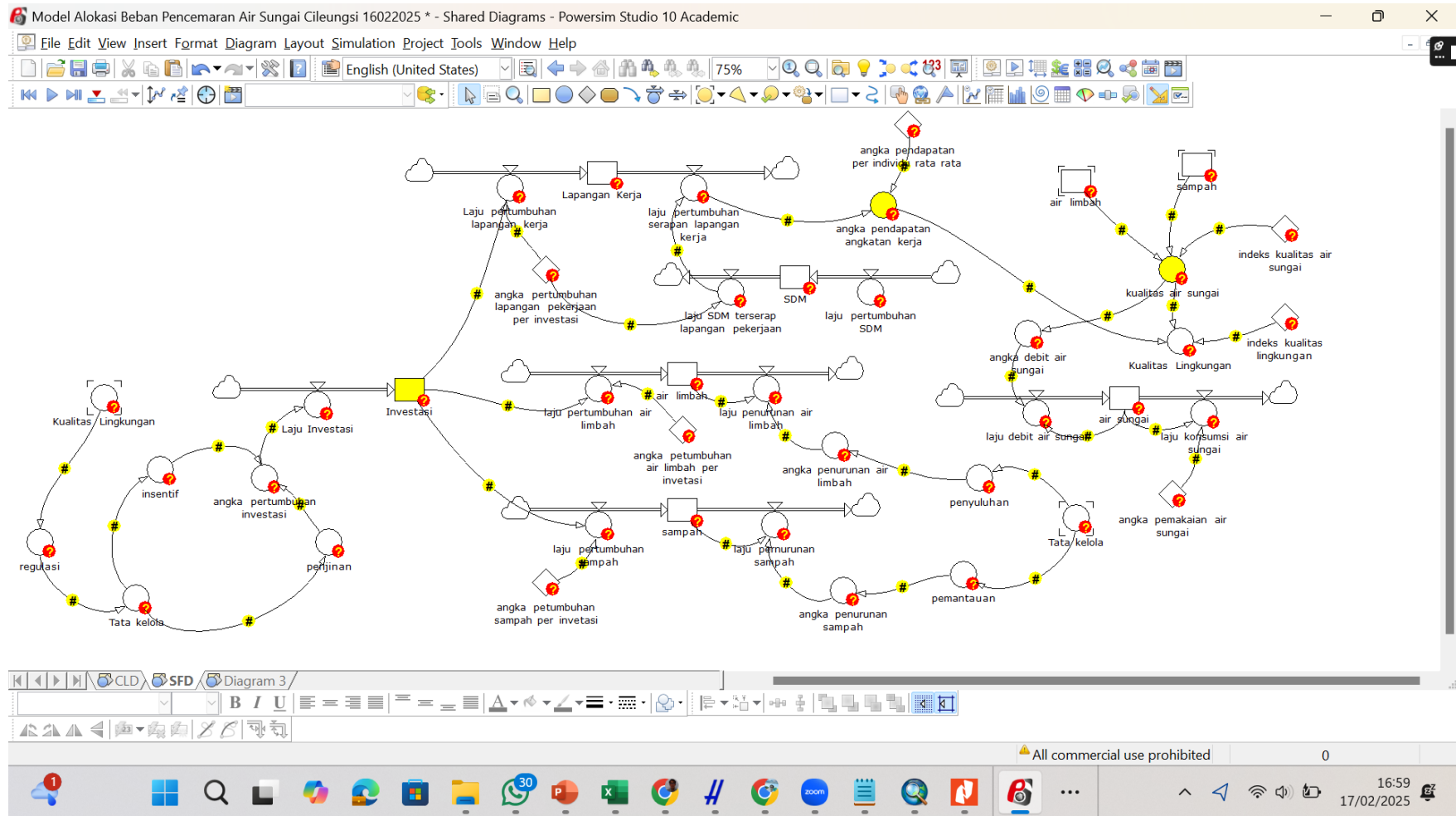
| (Kg/year) |                     |              |
|-----------|---------------------|--------------|
| year      | Kapasitas Asimilasi | T Beban      |
| 2,010     | 3,786,652.79        | 1,893,326.39 |
| 2,012     | 3,786,652.79        | 3,786,652.79 |
| 2,014     | 3,786,652.79        | 5,679,979.18 |
| 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 <b>memenuhi baku mutu</b> berdasarkan kelasnya (I–IV) | Menyederhanakan hasil pengukuran menjadi satu nilai indeks yang <b>mudah dipahami publik</b> |
| Dasar Penilaian | Dibandingkan dengan <b>baku mutu air</b> (misal dalam PP 22/2021)        | Dihitung dari <b>kombinasi nilai parameter utama</b> (pH, DO, BOD, TSS, dll)                 |
| Metode          | Umumnya menggunakan <b>metode STORET</b> (Kepmen LH 115/2003)            | Menggunakan <b>rumus IKA</b> 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 <b>evaluasi teknis dan hukum</b>          | Digunakan untuk <b>komunikasi publik dan perbandingan antar lokasi/waktu</b>                 |

# 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 Komarudin<sup>1</sup>, Anas M Fauzi<sup>2</sup>, Yanuar J Purwanto<sup>3</sup>, Hatrisari Hardjomidjojo<sup>4</sup> and Budi Kurniawan<sup>5</sup>

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

<sup>2,3,4,5</sup> 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 Komarudin<sup>1</sup>, Anas M Fauzi<sup>2</sup>, Yanuar J Purwanto<sup>3</sup>, Hatrisari Hardjomidjojo<sup>4</sup> and Budi Kurniawan<sup>5</sup>

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

<sup>2,3,4,5</sup> 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.