

Identifikasi Sistem Kualitas Air waduk Saguling dan Cirata Akibat Nutrien ((N, P) dan Organik Karbon

Eko Harsono dan Hendro W

Pendahuluan

Waduk Saguling dan Cirata adalah seri waduk yang airnya dipasok dari DAS Citarum. Peruntukan utama dibangunnya waduk tersebut adalah sebagai pembangkit tenaga listrik untuk kebutuhan pulau Jawa dan Bali. Disamping itu, badan air waduk tersebut juga dimanfaatkan untuk budidaya perikanan dengan teknik karamba apung.

Berdasarkan laporan dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan, permasalahan muncul di kedua waduk tersebut, diantaranya adalah penurunan kualitas air yang menyebabkan kematian ikan secara periodik, dan telah mengancam kelangsungan peruntukan sebagai penggerak tenaga listrik. Rekomendasi dari penelitian dan koordinasi pihak pengelola waduk dan Pemda telah dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Kesepakatan yang dicapai adalah dengan memberlakukan PROKASIH di sungai Citarum dan penghijauan DAS Citarum. Namun berdasarkan hasil monitoring kualitas air yang dilakukan oleh pihak pengelola waduk, hingga kini kualitas air kedua waduk tersebut tidak menunjukkan peningkatan yang berarti, terutama yang disebabkan oleh material organik karbon dan nutrien.

Permasalahan kualitas air tersebut belum terselesaikan hingga saat ini, disebabkan oleh hal sebagai berikut,

- belum ditemukan angka beban pencemar yang diperbolehkan masuk ke badan air waduk sehingga kualitas air sesuai dengan peruntukannya.
- Belum diketahuinya gambaran mekanisme sistem kualitas air waduk Saguling dan Cirata.

Dengan terpecahkannya masalah tersebut, maka dapat disusun model dari sistem kualitas air yang dapat digunakan untuk alat simulasi beban dalam perbaikan kualitas air.

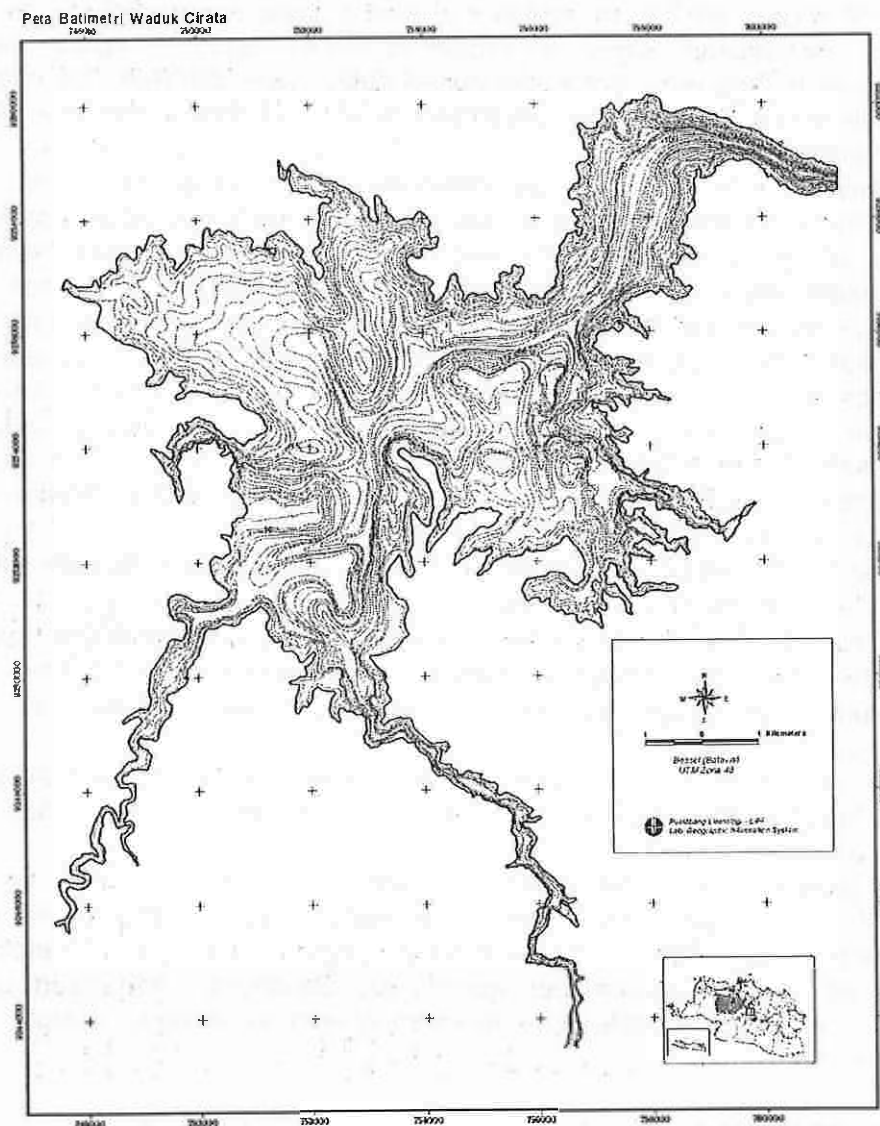
Dalam penelitian ini telah dilakukan identifikasi sistem kualitas air akibat material nutrien dan organik karbon di waduk Saguling dan Cirata. Kedua material tersebut dipilih karena kandungan nutrien (N dan P) yang berlebihan di dalam air akan menyebabkan eutrofikasi. Sedangkan kehadiran material organik karbon yang berlebihan akan menguras kandungan oksigen dalam badan air.

Bahan dan Metode

Bahan penelitian adalah hasil pengumpulan data sekunder dari pemantauan kualitas air, kondisi klimatologis dan hidrologis dari waduk. Sedangkan metode

penelitian dilakukan dengan penelaahan secara grafis dari data sekunder dan pustaka. Disamping itu juga dilakukan pengambilan contoh air dan analisis laboratorium pada titik-titik yang dianggap menggambarkan kualitas air dari ke tiga waduk tersebut.

Hasil dan Pembahasan



Pola Operasi Waduk

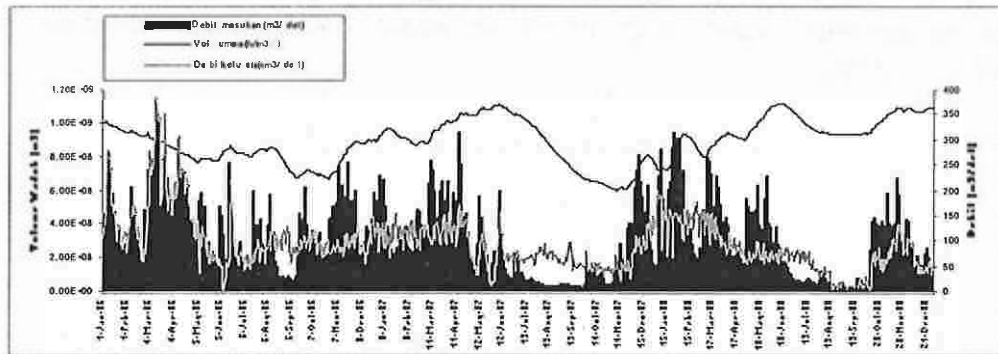
Pola waduk di peroleh dari perhitungan data debit masukan dan debit keluaran waduk. Data sekunder pendukung pola operasi waduk adalah :

- data debit harian masukan dan keluaran waduk Saguling (tahun 1986 s/d 1999).
- Data debit harian masukan waduk Cirata (tahun 1996 s/d 2000)

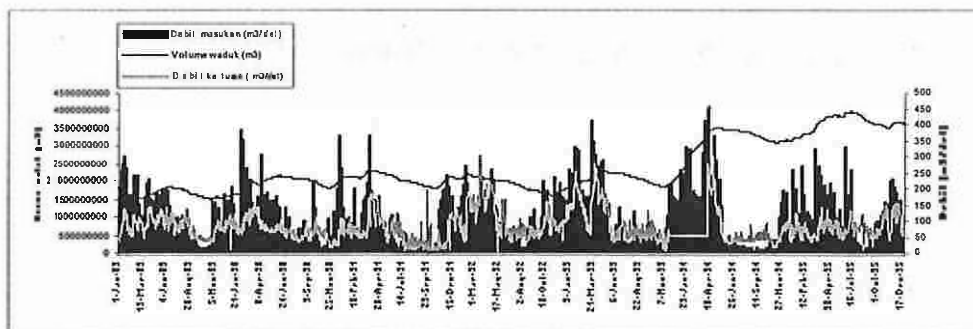
Pola Operasi Waduk Saguling

Pola operasi waduk Saguling dapat dilihat dalam gambar 3 (a,b dan c). Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa

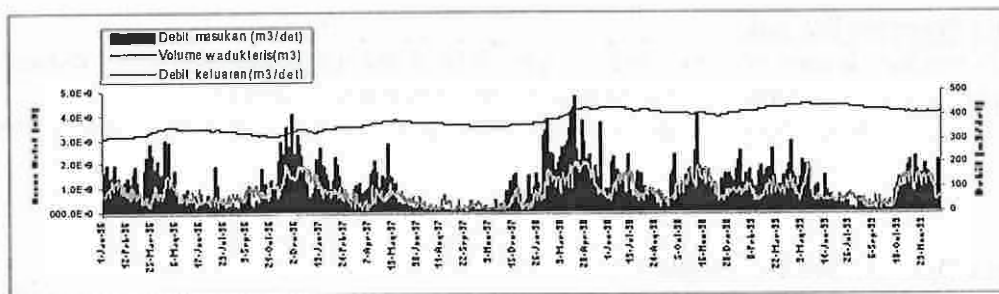
- Periode tahun 1986 s/d 1988 pola harian penampungan volume air waduk berfluktuasi sangat ekstrim. Pada operasi "trial and error " operasi masih dilakukan, sehingga fluktuasi penampungan harian menjadi ekstrim.
- Periode tahun 1889 s/d 1995 dan 1996 s/d 1999 pola operasi telah ditemukan. Hal ini ditandai dengan fluktuasi penampungan yang telah teratur dan tidak ekstrim.



Gambar 3a. Pola operasi harian waduk Saguling (1986- 1988)



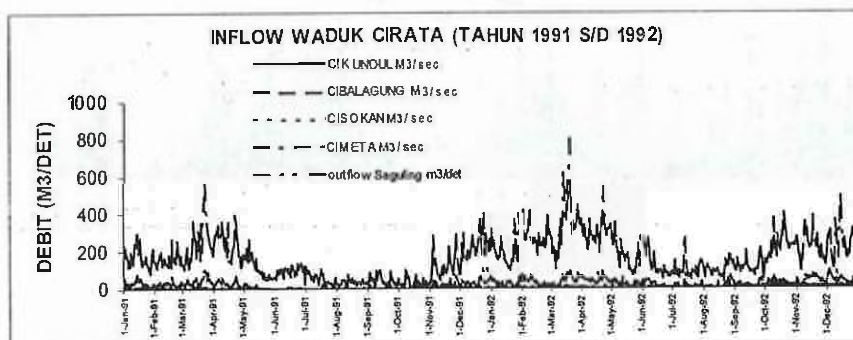
Gambar 3b. Pola operasi harian waduk Saguling (1989- 1995)



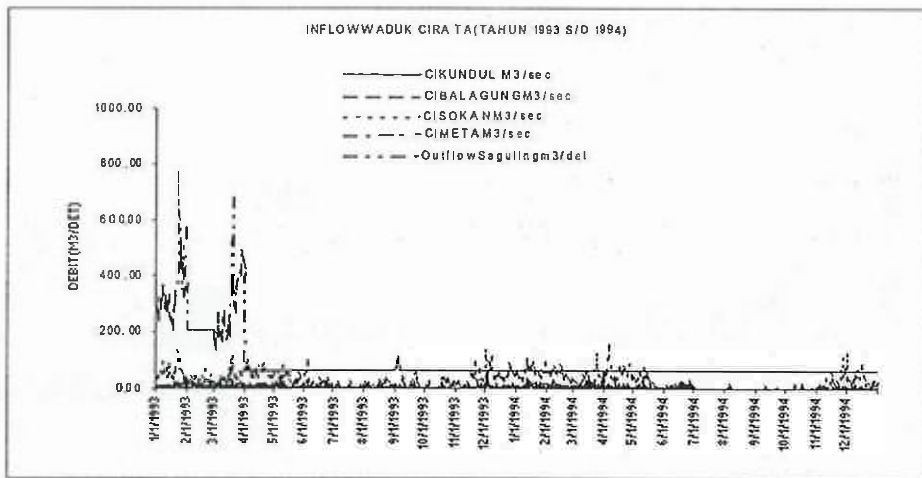
Gambar 3c. Pola operasi harian waduk Saguling (1996 - 1999)

Pola Operasi Waduk Cirata

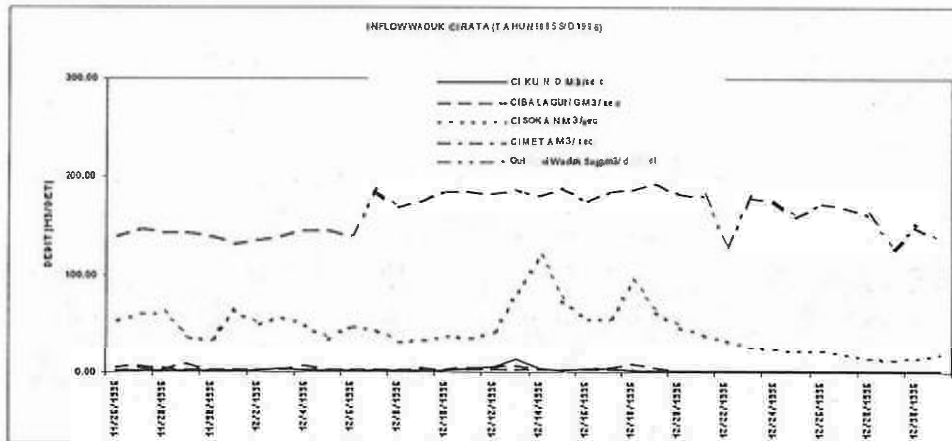
Pola operasi waduk Cirata belum dapat diidentifikasi, karena masih menunggu data sekunder dari pola debit keluaran waduk. Sedangkan pola debit masukan ke dalam waduk Cirata dilaporkan dalam gambar 4 (a, b, c, d dan e). Dari gambar tersebut, pemasokan utama air waduk Cirata adalah keluaran dari waduk Saguling.



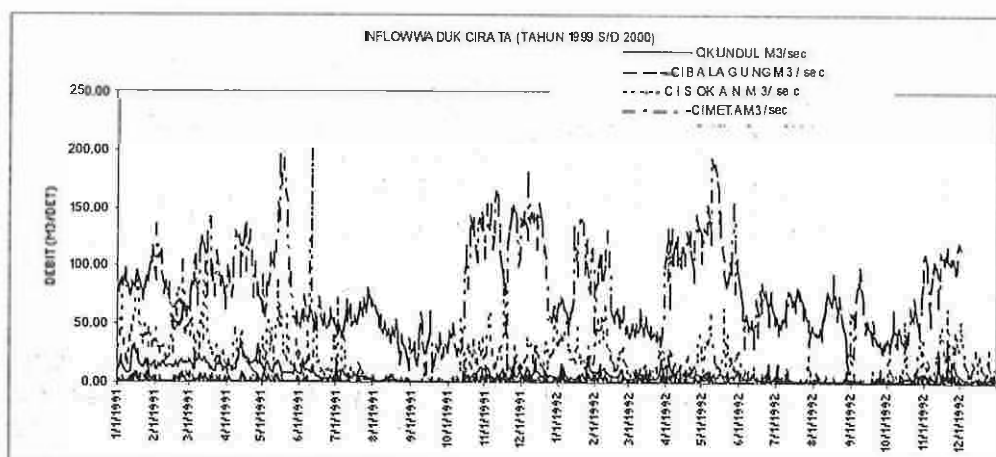
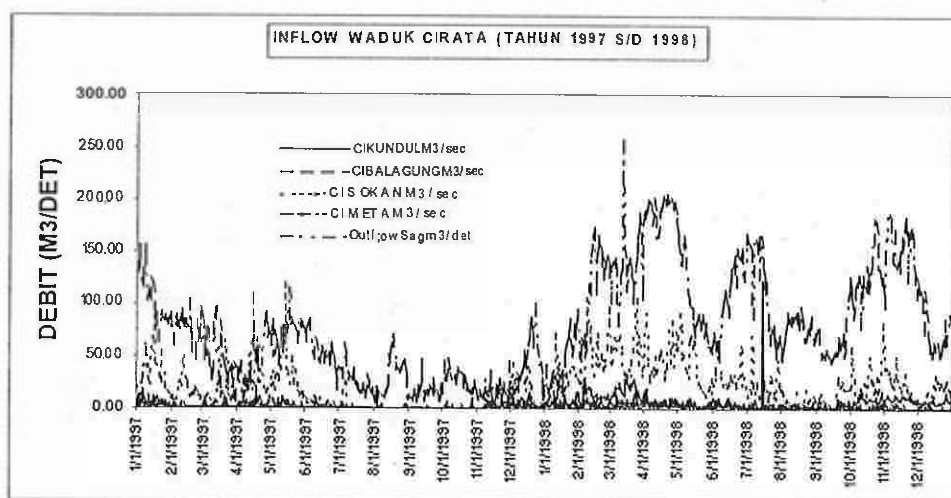
Gambar 4a. Inflow Waduk Cirata (1991 s/d 1992)



Gambar 4b. Inflow Waduk Cirata (1993 s/d 1994)

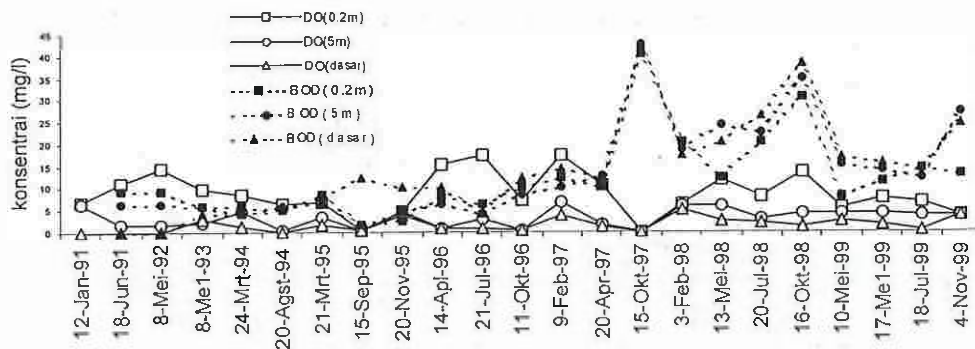


Gambar 4 c. Inflow Waduk Cirata (1995 s/d 1996)

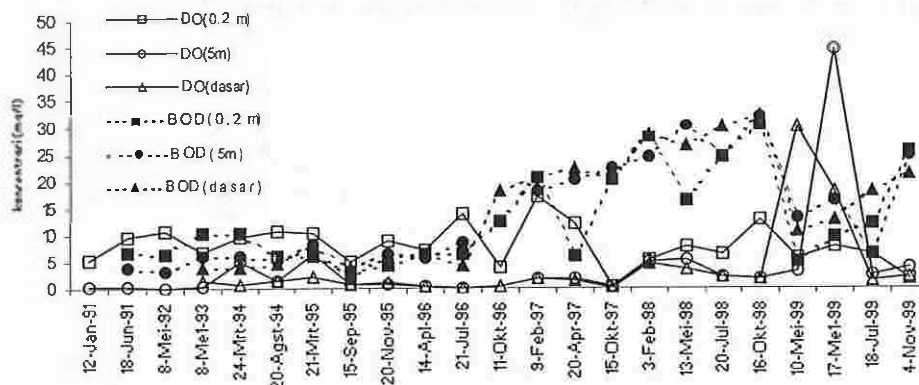


Kualitas Air

Data sekunder hasil monitoring kualitas air waduk Saguling dan Cirata telah dikumpulkan. Stasiun monitoring kualitas air waduk Saguling dapat dilihat dalam gambar 5, sedangkan untuk waduk Cirata dalam gambar 6. Hasil monitoring kualitas air waduk saguling dilaporkan pada gambar 7, 8 dan 9. Sedangkan hasil monitoring kualitas air waduk Cirata dilaporkan dalam gambar 10, 11 dan 12.

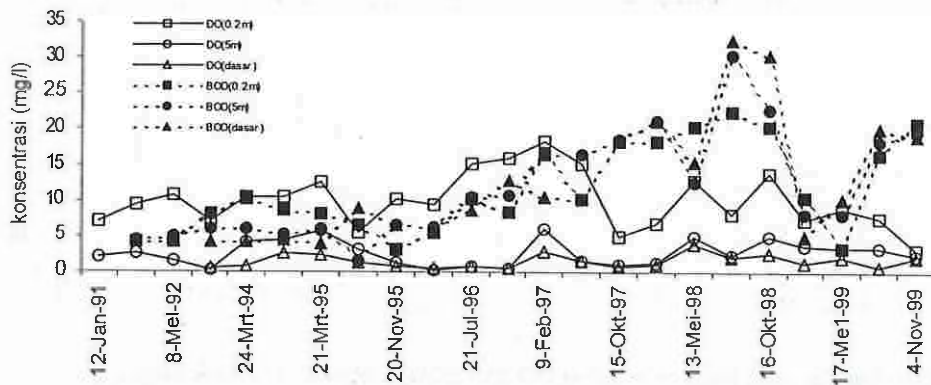


Gambar 7a. Data hasil monitoring DO dan BOD di Stasiun 1 waduk Saguling

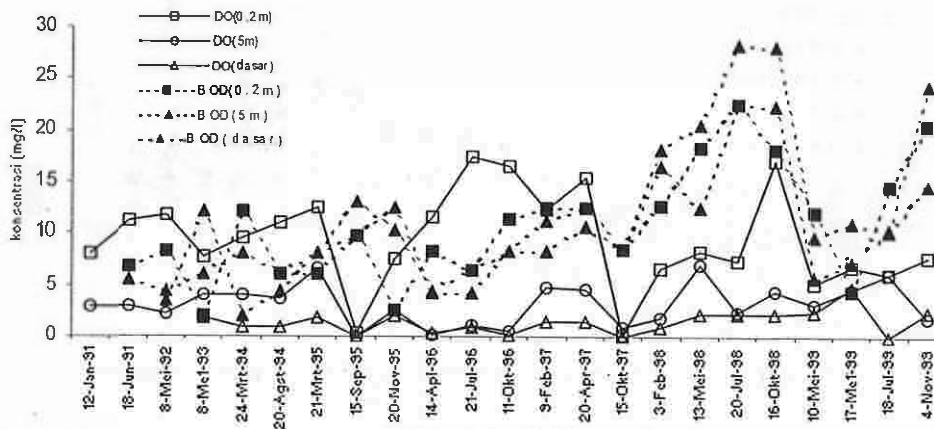


Gambar 7b. Data hasil monitoring DO dan BOD di Stasiun 2 waduk Saguling

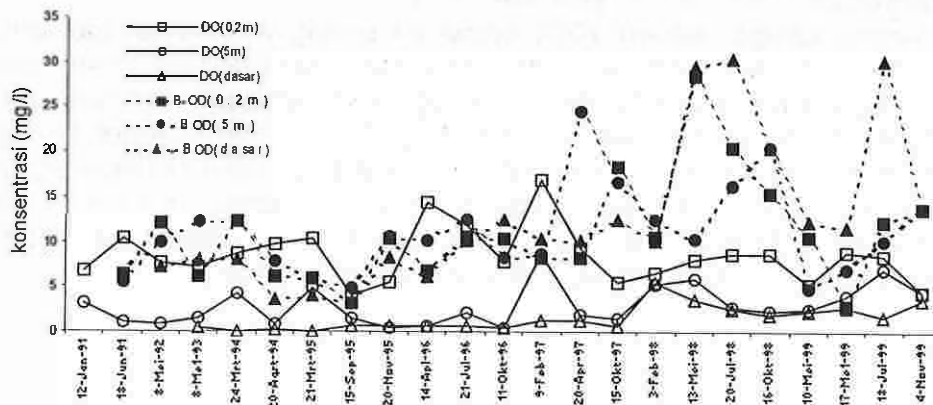
- BOD_5 mempunyai kecenderungan meningkat seiring dengan kedalaman pengamatan untuk semua stasiun monitoring. Hal ini disebabkan oleh adanya penambahan BOD oleh pengendapan BOD partikulat (detritus) dan pelepasan BOD terlarut dari sedimen dasar.
- Kandungan oksigen terlarut (DO) menyusut seiring dengan kedalamannya pada setiap stasiun monitoring. Hal ini berhubungan dengan kemampuan difusi oksigen dari udara ke dalam air. Semakin dalam titik pengamatan di suatu badan air waduk, maka difusi oksigen pada titik tersebut semakin kecil. Disamping itu adanya kebutuhan oksigen dalam pembusukan organik karbon dan proses nitrifikasi juga memegang peranan penting dalam membentuk pola kecenderungan DO tersebut, dan ini dapat dilihat pada kecenderungan BOD_5 pada setiap kedalaman titik monitoring.



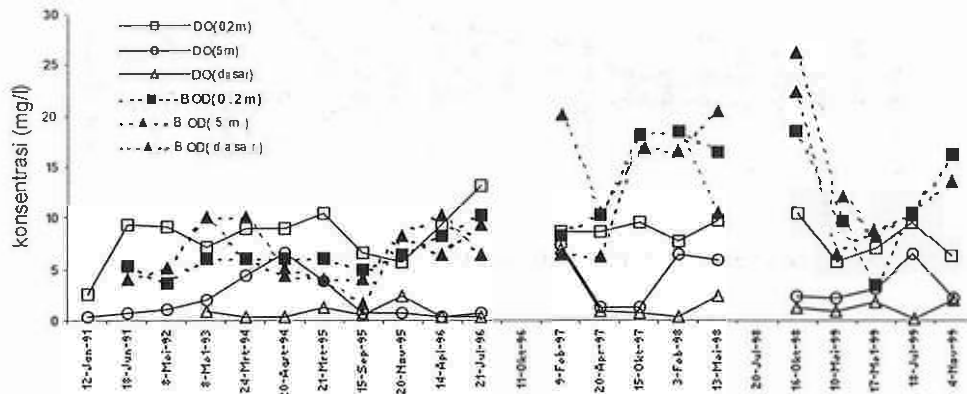
Gambar 7c. Data hasil monitoring DO dan BOD di Stasiun 3 waduk Saguling



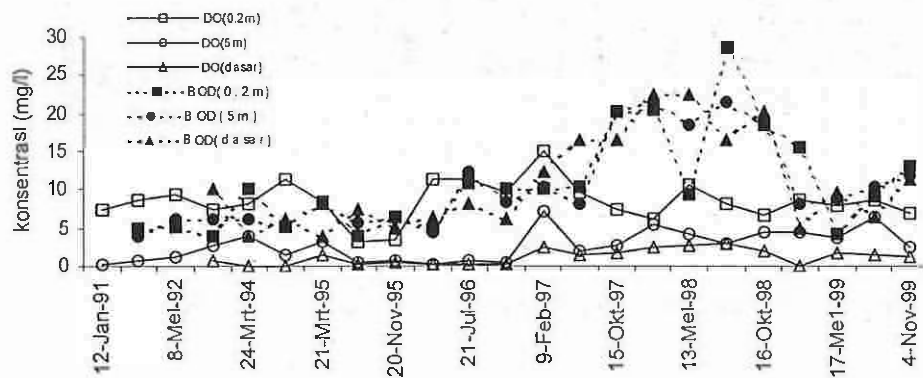
Gambar 7d. Data hasil monitoring DO dan BOD di Stasiun 4 waduk Saguling



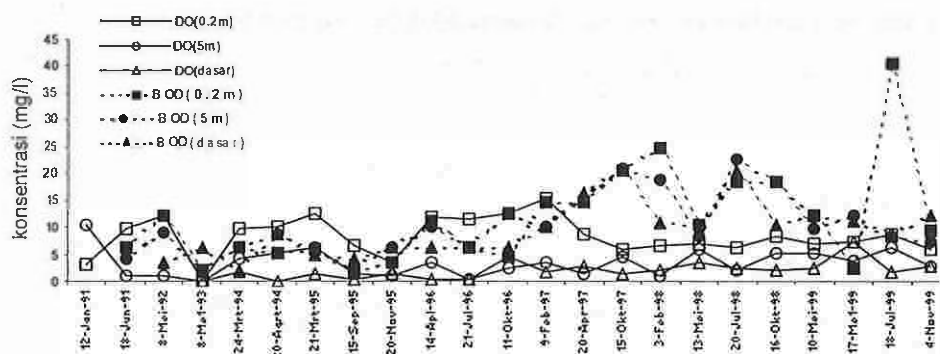
Gambar 7e. Data hasil monitoring DO dan BOD di Stasiun 5 waduk Saguling



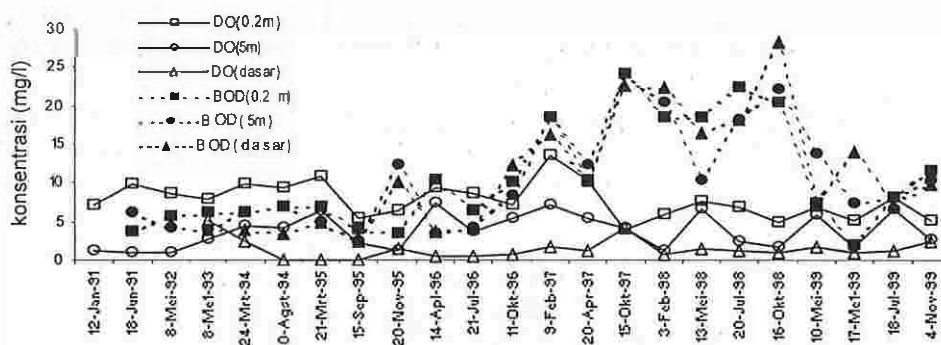
Gambar 7f. Data hasil monitoring DO dan BOD di Stasiun 6 waduk Saguling



Gambar 7g. Data hasil monitoring DO dan BOD di Stasiun 7 waduk Saguling



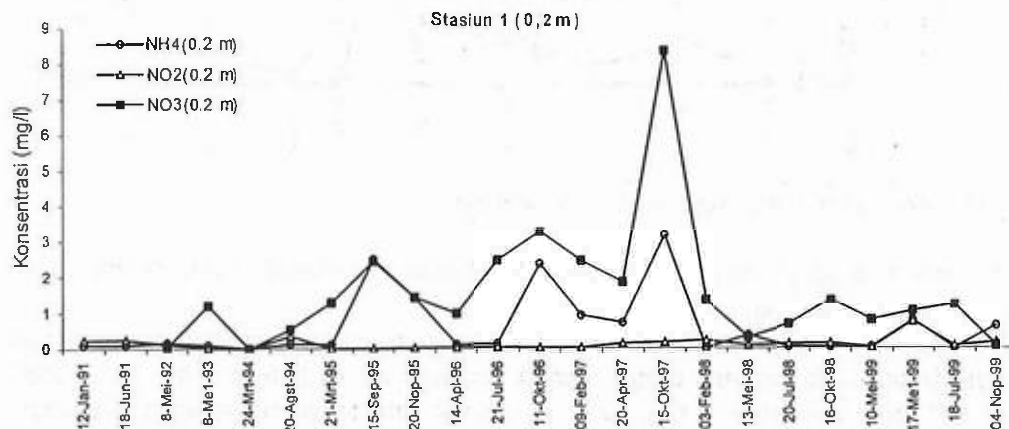
Gambar 7h. Data hasil monitoring DO dan BOD di Stasiun 8 waduk Saguling



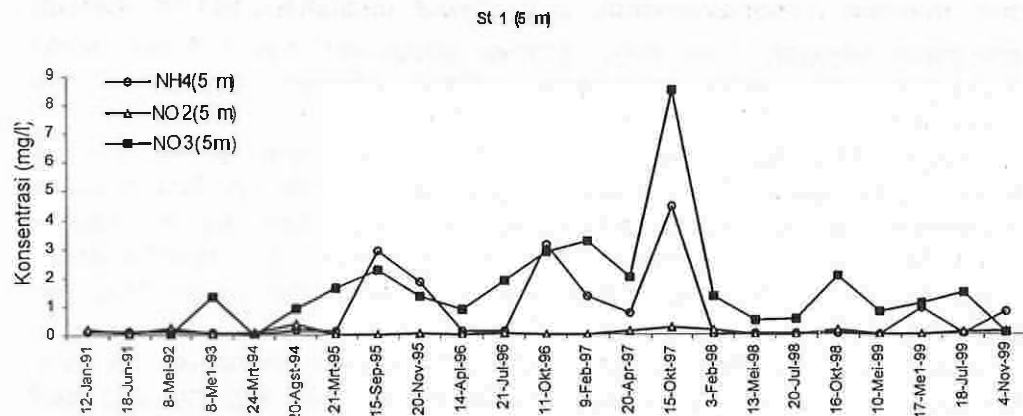
Gambar 7i. Data hasil monitoring DO dan BOD di Stasiun 9 waduk Saguling

- Kandungan NH_4 mempunyai kecenderungan meningkat seiring dengan kedalaman titik pengamatan. Pada peristiwa ini, kandungan NH_4 permukaan air ketika DO lebih besar dari 3 mg/l akan teroksidasi menjadi NO_2 . Kemudian NO_2 dengan kecepatan reaksi yang lebih cepat akan teroksidasi menjadi NO_3 . Hal ini dapat dilihat dalam gambar 8, kandungan NO_3 lebih tinggi dari NH_4 maupun NO_2 . Dan ketika kedalaman meningkat dimana kandungan DO menurun hingga di bawah 2 mg/l, maka proses dinitrifikasi asimilatoris akan terjadi. Dinitrifikasi asimilatoris adalah konversi nitrogen

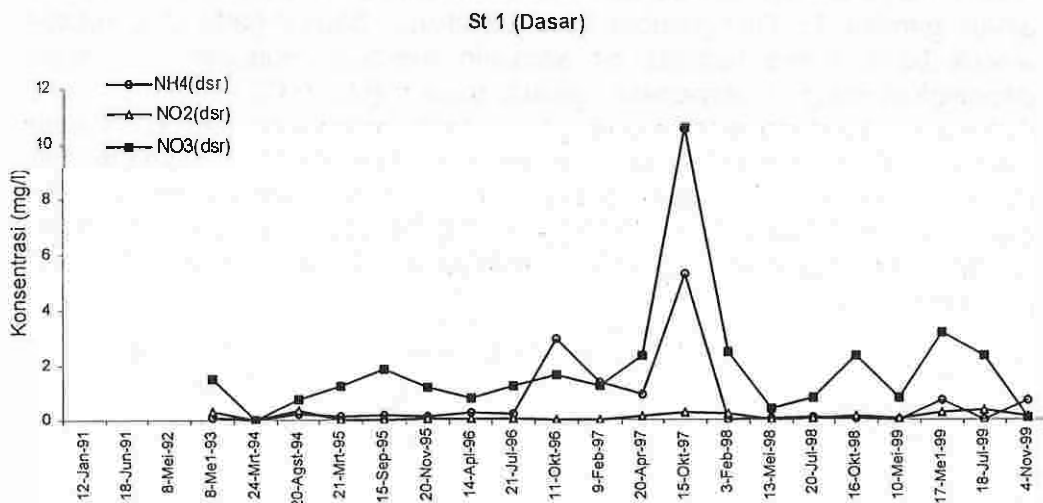
- nitrat menjadi nitrogen amonia, atau dapat dikatakan $\text{NO}_3\text{-N}$ menjadi persediaan nitrogen. Disamping adanya pelepasan dari sedimen, maka kandungan NH_4 akan meningkat seiring dengan kedalaman titik pengamatan.
- Kandungan PO_4 mempunyai kecenderungan meningkat seiring dengan peningkatan kedalaman air pada setiap stasiun monitoring. Hal ini dapat diterangkan bahwa, PO_4 dipermukaan relatif lebih kecil karena adanya pemakaian oleh phytoplankton. Dan semakin meningkat kedalamannya hingga ke dasar PO_4 meningkat, karena adanya pelepasan PO_4 dari sedimen.
- Hasil monitoring kualitas air yang telah dilakukan menunjukan fluktuasi. Fluktuasi tersebut disamping oleh adanya transformasi seperti yang telah diterangkan di atas juga dipengaruhi oleh peristiwa hidrodinamika dari waduk tersebut. Dalam laporan ini telah dilakukan penggambaran hubungan antara fluktuasi kualitas air dan fluktuasi volume air waduk, yaitu seperti dalam gambar 13. Dari gambar 13 dapat dilihat, bahwa pada saat volume waduk besar maka kualitas air semakin merosot. Hubungan ini dapat diterangkan dengan persamaan berikut, $dc/dt = (Q_{in}/V)C_{in} - Q_o/V.C - k$. C dimana c = konsentrasi di waduk ; C_{in} = konsentrasi masukan ; Q_{in} = debit masukan, Q_o = debit keluaran; k = laju degradasi dan V = volume waduk. Pada operasi waduk (gambar 3) pada saat penampungan air dengan debit masukan yang besar dan debit keluaran kecil (musim penghujan), maka apabila disubstitusikan kedalam persamaan di atas akan diperoleh konsentrasi yang



Gambar 8a. Konsentrasi NH_4 , NO_2 , dan NO_3 pada kedalaman 0,2 meter



Gambar 8a. Konsentrasi NH_4 , NO_2 , dan NO_3 pada kedalaman 5 meter



Gambar 8c. Konsentrasi NH_4 , NO_2 , dan NO_3 pada dasar

- lebih besar dibandingkan pada saat debit masukan kecil dan debit keluaran besar (musim kering).
- Distribusi lateral dari kualitas air sangat tergantung pada titik influent. Pada saat kualitas air influent tinggi, maka kualitas air di titik monitoring tengah waduk juga mengikuti. Gejala ini dapat diterangkan dengan peristiwa transportasi material di air baik secara adveksi maupun dispresi.
- Distribusi material lateral horisontal dan vertikal di dalam waduk tidak merata (tak tercampur sempurna)

Dengan demikian dalam laporan teknis ini, telah teridentifikasi sementara sistem kualitas air akibat organik karbon dan nutrien, dimana sistem tersebut dimodelkan secara skematis seperti dalam gambar 13, 14 dan gambar 15.

Sedangkan sistem kualitas air diekspresikan secara matematis dilaporkan sebagai berikut.

Distribusi material tidak tercampur sempurna, maka dalam penelitian ini akan digunakan persamaan sistem kualitas air 3-dimensi kuasi yaitu,

Lapisan permukaan

$$\begin{aligned} \frac{\partial_1(h_1 + \zeta)}{\partial t} = & \left[-\frac{\partial}{\partial t} \left(M_{x,1} C_1 \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(M_{y,1} C_1 \right) \right] \\ & + \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[K_{x,1} (h_1 + \zeta) \frac{\partial C_1}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K_{y,1} (h_1 + \zeta) \frac{\partial C_1}{\partial y} \right] \right\} \\ & - \left[K_z (C_1 - C_2) + w_{\frac{1}{2}} C^* \right] + PR_1(h + \zeta) \end{aligned}$$

Lapisan antara

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_k h_k}{\partial t} = & \left[-\frac{\partial}{\partial t} \left(M_{x,k} C_k \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(M_{y,k} C_k \right) \right] \\ & + \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[K_{x,k} h_k \frac{\partial C_k}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K_{y,k} h_k \frac{\partial C_k}{\partial y} \right] \right\} \\ & - \left[K_z (C_{k-1} - C_k) + K_z (C_k - C_{k+1}) - w_{k-\frac{1}{2}} C^* + w_{k+\frac{1}{2}} C^* \right] + PR_k h_k \end{aligned}$$

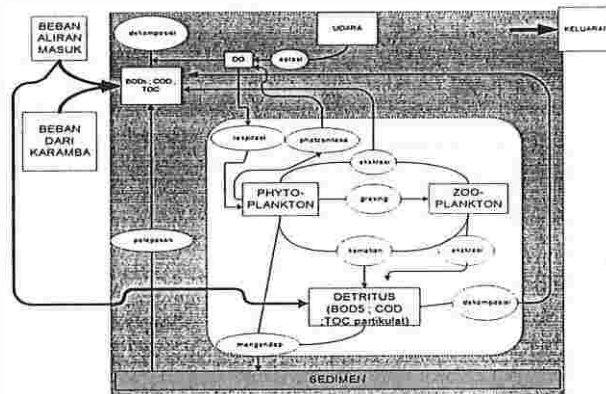
Lapisan Dasar

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_k}{\partial t} = & \left[-\frac{\partial}{\partial t} \left(M_{x,k} C_k \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(M_{y,k} C_k \right) \right] \\ & + \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[K_{x,k} h \frac{\partial C_k}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K_{y,k} h \frac{\partial C_k}{\partial y} \right] \right\} \\ & - \left[K_z (C_{k-1} - C_k) + w_{k-\frac{1}{2}} C^* \right] + PR_k h_k \end{aligned}$$

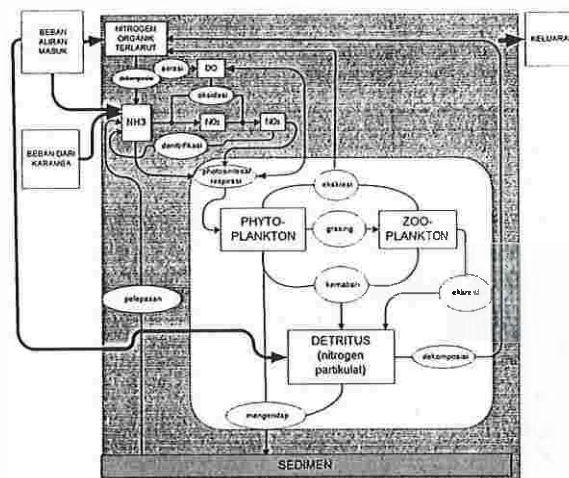
Dimana, C_k = konsentrasi pada lapisan air ke k (kg/m^3); K_x, K_y = difusivitas Eddy di dalam arah x dan arah y (m^2/det); K_z = koefisien pengadukan vertikal (m/det); PR_k = laju produktif bersih dari material pada lapisan air ke k ($\text{kg}/\text{m}^2\text{-detik}$); M_{xk}, M_{yk} = kecepatan arus air intergrassi-vertikal di dalam arah x dan arah y pada lapis ke k (m^2/det); $w_{k+1/2}$ = kecepatan arus air pada antar lapisan

ke k dan $k+1$ (m/det) ; h_k = ketinggian lapisan air ke k (m) ; ζ = level muka air dari level muka air rata-rata (m) ; Jika $w_{k+1/2} > 0$ maka $C^* = C_{k+1}$; jika $w_{k+1/2} < 0$, maka $C^* = C_k$.

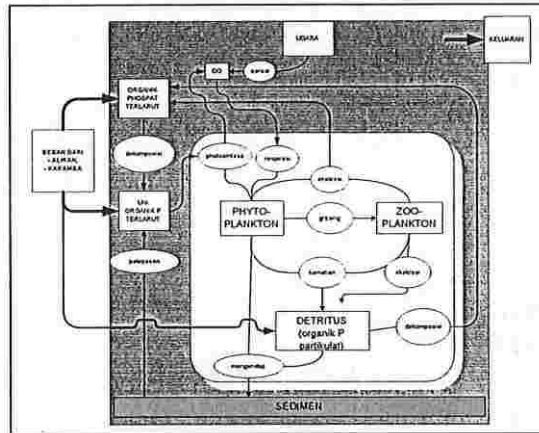
Sedangkan laju produksi masing-masing material, dengan memperhatikan gambar 13, 14 dan 15 dapat diekspresikan secara matematis sebagai berikut.



Gambar 13. Model Skematik Sistem BOD₅ (COD, TOC) di dalam Waduk



Gambar 14. Model Skematik Sistem Nitrogen di dalam Waduk



Gambar 15. Model Skematik Sistem P di dalam Waduk

- Laju produksi DBOD₅, DCOD atau TOC (terlarut) ,PR(DCOD)

$$\begin{aligned}
 PR(DCOD) = & \frac{(LI_{DCOD} + LR_{DCOD})}{V} \dots\dots\dots \text{beban..masukan} \\
 & - \frac{(IR+Q)}{V} DCOD \dots\dots\dots \text{beban..keluar} \\
 & + F_{PC} \cdot E_{PI} \cdot G_{PI} \cdot PP \dots\dots\dots \text{ekresi} \\
 & + F_{ZC} (\alpha_s - v) F_{PZ} G_{ZP} ZP \dots\dots\dots \text{egestion..ZP} \\
 & + F_{ZC} K_D T_w D \dots\dots\dots \text{dekomposisi....detritus} \\
 & - K_C T_w DCOD \dots\dots\dots \text{dekomposisi..DCOD} \\
 & + \frac{r_C S_C}{V} \dots\dots\dots \text{pelepasan..DCOD..dari..se dim en}
 \end{aligned}$$

- Laju Produksi NH₃ ,PR(NH₃)

Jika DO > 1,5 mg/l, maka

$$\begin{aligned}
 PR(NH_3) = & \frac{(LIN_{NH_3} + LR_{NH_3})}{V} \dots\dots\dots \text{beban..masukan} \\
 & - \frac{(IR+Q)}{V} \cdot NH_3 \dots\dots\dots \text{beban..keluar}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -F_{PN}G_{PP}PP \dots\dots\dots \text{photo sin tesa} \\
 & +K_{ON}T_wNOT \dots\dots\dots \text{deko posisi...NOT} \\
 & -D_{NH_3}.NH_3 \dots\dots\dots \text{oksidasi } NH_3 \\
 & +\frac{r_N S_C}{V} \dots\dots\dots \text{peelpasan...NH}_3 \dots\dots \text{dari...s e dim en} \\
 & F
 \end{aligned}$$

Jika DO < 1,5 mg/l, maka

$$\begin{aligned}
 PR(NH_3) = & \frac{(LIN_{NH_3} + LR_{NH_3})}{V} \dots\dots\dots \text{beban..masukan} \\
 & -\frac{(IR+Q)}{V}.NH_3 \dots\dots\dots \text{beban..keluar} \\
 & -F_{PN}G_{PP}PP \dots\dots\dots \text{photo sin tesa} \\
 & +K_{ON}T_wNOT \dots\dots\dots \text{deko posisi...NOT} \\
 & +D_{NO_3}.NO_3 \dots\dots\dots \text{denitri fikasi} \dots\dots\dots \\
 & +\frac{r_N S_C}{V} \dots\dots\dots \text{p e e p a s h n...N.H}_3 \dots\dots \text{d a r i...s e dim en}
 \end{aligned}$$

– Laju Produksi NO₂, PR(NO₂)

$$\begin{aligned}
 PR(NO_2) = & \frac{(LIN_{NO_2} + LR_{NO_2})}{V} \dots\dots\dots \text{beban..masukan} \\
 & -\frac{(IR+Q)}{V}.NO_2 \dots\dots\dots \text{beban..keluar} \\
 & -D_{NO_2}.NO_2 \dots\dots\dots \text{oksidasi } NO_2 \\
 & +D_{NH_3}.NH_3
 \end{aligned}$$

– Laju Produksi NO₃, PR(NO₃)

$$\begin{aligned}
 PR(NO_3) = & \frac{(LIN_{NO_3} + LR_{NO_3})}{V} \dots\dots\dots \text{beban..masukan} \\
 & -\frac{(IR+Q)}{V}.C_{NO_3} \dots\dots\dots \text{beban..keluar} \\
 & -F_{PN}G_{PP}PP \dots\dots\dots \text{photo sin tesa} \\
 & +D_{NO_2}.NO_2 \\
 & -D_{NO_3}.NO_3 \dots\dots\dots \text{dinitri fikasi } NO_3
 \end{aligned}$$

– Laju Produksi Nitrogen organik terlarut (NOT), PR(NOT)

$$PR(NOT) = \frac{(LI_{NOT} + LR_{NOT})}{V} \dots\dots\dots \text{beban..masukan}$$

$$\begin{aligned}
& - \frac{(IR+Q)}{V} NOT \dots \dots \dots \text{beban..keluar} \\
& + F_{PN} E_{PI} G_{PI} PP \dots \dots \dots \text{ekresi..PP} \\
& + F_{ZN} (\alpha_s - v) F_{PZ} G_{ZP} \dots \dots \dots \text{egestion..ZP} \\
& + F_{ZN} K_D T_w D \dots \dots \dots \text{dekomposisi....detritus} \\
& - K_{ON} T_w NOT \dots \dots \dots \text{dekomposisi..NOT}
\end{aligned}$$

– Laju produksi oksigen terlarut (DO), PR(DO)

$$\begin{aligned}
PR(DO) = & \frac{(LI_{DO} + LR_{DO})}{V} \dots \dots \dots \text{beban..masuk} \\
& - \frac{(IR+Q)}{V} DO \dots \dots \dots \text{beban..keluar} \\
& + F_{PO} G_{PP} PP \dots \dots \dots \text{photo sin tesa..PP} \\
& - F_{CO} K_C T_w DCOD \dots \dots \dots \text{deko posisi..COD} \\
& - F_{NH3} DN H_3 NH_3 \\
& - F_{NO2} DNO_2 NO_2 \\
& + K_{DO} (DO_{sat} - DO) \dots \dots \dots \text{aerasi} \\
& - \frac{r_{DO} S_c}{V} \dots \dots \dots \text{e k t l u i d n ..DO..sedimen}
\end{aligned}$$

– Laju produksi P inorganik terlarut (PIT), PR(PIT)

$$\begin{aligned}
PR(PIT) = & \frac{(LI_{PIT} + LR_{PIT})}{V} \dots \dots \dots \text{beban..masuk} \\
& - \frac{(IR+Q)}{V} PIT \dots \dots \dots \text{beban..keluar} \\
& - F_{PI} G_{PI} PP \dots \dots \dots \text{photo sin tesa} \\
& + K_{OP} T_w PIT \dots \dots \dots \text{delomposisi..POT} \\
& + \frac{r_P S_c}{V} \dots \dots \dots \text{peelpasan..PIT..dari..se dim en}
\end{aligned}$$

$$r_P = r_{P0} f_{DO} \cdot \exp[0,012(T_w - 20)]$$

$$f_{DO} = \begin{cases} \dots \dots \dots (DO < 2) \\ 11 - 2DO \dots (2 \leq DO \leq 5) \\ 1 \dots \dots \dots (5 < DO) \end{cases}$$

– Produksi P organik terlarut (POT), PR(POT)

$$PR(POT) = \frac{(LI_{POT} + LR_{POT})}{V} \dots \dots \dots \text{beban..masuk}$$

$$\begin{aligned}
 & - \frac{(IR+Q)}{V} POT \dots \dots \dots \text{beban..keluar} \\
 & + F_{pI} E_{pp} G_{pp} PP \dots \dots \dots \text{ekresi, phyto-P} \\
 & + F_{ZP} (\alpha_s - v) F_{pZ} G_{ZP} ZP \dots \dots \dots \text{egesisasi, zoo -P} \\
 & + F_{ZI} K_D T_w D \dots \dots \dots \text{dekomposisi, detritus} \\
 & - K_{OP} T_w POT \dots \dots \dots \text{dekomposisi..POT}
 \end{aligned}$$

– **Produksi Phytolankton (PP), PR(PP)**

$$\begin{aligned}
 PR(PP) &= \frac{LI_{PP}}{V} \dots \dots \dots \text{beban..masuk} \\
 & - \frac{(IR+Q)}{V} PP \dots \dots \dots \text{beban..keluar} \\
 & + G_{PP} PP \dots \dots \dots \text{photo sin tesa} \\
 & - E_{pp} G_{pp} PP \dots \dots \dots \text{ekresi, phyto-P} \\
 & - D_{PP} T_w PP \dots \dots \dots \text{kematian} \\
 & - G_{ZP} ZP \dots \dots \dots \text{grazing..zoo -P} \\
 & + \frac{W_{PP} S_c}{V} PP \dots \dots \dots \text{mengen dap}
 \end{aligned}$$

$$G_{PP} = \mu_{nakv} \left(\frac{T_w}{T_s} \exp \left(- \frac{T_w}{T_s} \right) \right)^a \frac{L_g}{K_E + L_g} \frac{IN}{K_{IN} + IN} \frac{IP}{K_{IP} + IP}$$

$$G_{ZP} = \mu_{ZP} \cdot K_{nIP} \frac{PP}{K_{mIP} + PP}$$

– **Produksi zooplankton (ZP), PR(ZP)**

$$\begin{aligned}
 PR(ZP) &= \frac{LI_{ZP}}{V} \dots \dots \dots \text{beban..masuk} \\
 & - \frac{(IR+Q)}{V} ZP \dots \dots \dots \text{beban..keluar} \\
 & + F_{pZ} G_{ZP} ZP \dots \dots \dots \text{grazing..Phyto-P} \\
 & - (1-\alpha_s) F_{pZ} G_{ZI} ZP \dots \dots \dots \text{ekresi, zoo-P} \\
 & - (\alpha_s - v) F_{pZ} G_{ZP} ZP \dots \dots \dots \text{egesis, zoo-P} \\
 & - D_{ZP} T_w ZP \dots \dots \dots \text{kematian..zoo-P}
 \end{aligned}$$

– **Produksi detritus, PR(D)**

$$PR(D) = \frac{LI_D}{V} \dots \dots \dots \text{beban..masuk}$$

$$\begin{aligned}
& - \frac{(IR+Q)}{V} \cdot D \dots \text{beban keluar} \\
& + F_{PZ} D_{PP} T_w PP \dots \text{kematian phyto} - P \\
& + (1-\alpha_s) F_{PZ} G_{ZP} ZP \dots \text{ekresi zoo} - P \\
& + D_{ZP} T_w ZP \dots \text{kematian zoo} - P \\
& - K_D T_w D \dots \text{dekomposisi detritus} \\
& - \frac{W_D S_c}{V} D \dots \text{mengendap}
\end{aligned}$$

Dimana,

$L_{DCOD, NH_3, NO_2, NO_3, NOT, DO, PIT, POT, PP, ZP, D} = Q_{in} \times C_{in}$ (dari COD terlarut; NH_3 ; NO_2 ; NO_3 ; nitrogen organik terlarut; DO; P inorganik terlarut; P organik terlarut; phytoplankton, zooplankton, detritus)

Q_{in} = debit aliran masuk ke waduk ($m^3/hari$)

C_{in} = konsentrasi aliran air masuk ke waduk (kg/m^3)

$LR_{DCOD, NH_3, NO_2, NO_3, NOT, DO, PIT, POT} = R \cdot A_c \cdot C_R$ (dari COD terlarut, NH_3 , NO_2 ; NO_3 ; nitrogen organik terlarut; DO; P inorganik terlarut; P organik terlarut) ($m^3/hari$)

R = intensitas curah hujan ($m/hari$)

A_c = luas permukaan air waduk (m^2)

C_R = konsentrasi dari air hujan (kg/m^3)

V = volume waduk (m^3)

IR = volume evaporasi = tebal evaporasi ($m/hari$) x luas permukaan waduk (m^2)

Q = debit aliran keluar waduk ($m^3/hari$)

$DCOD, NH_3, NO_2, NO_3, NOT, DO, PIT, POT, PP, ZP, D$ = konsentrasi COD terlarut dari COD terlarut; NH_3 ; NO_2 ; NO_3 ; nitrogen organik terlarut; DO; P inorganik terlarut; P organik terlarut; phytoplankton, zooplankton, detritus air di titik keluaran aliran waduk (kg/m^3).

COD terlarut

F_{PC} = COD/berat kering chlorophyll-a ($mg-COD/mg-chlo-a$)

F_{ZC} = COD/berat kering zooplankton ($mg-COD/mg-zoo-P$)

K_C = laju dekomposisi COD terlarut ($1/hari$)

r_c = laju pelepasan COD terlarut ($g-COD/m^2 \cdot hari$)

S_c = luas permukaan sedimen (m^2)

NH_3

F_{PN} = nitrogen/berat kering chlorophyll-a ($mg-N/mg-chlo-a$)

D_{NH_3} = laju oksidasi NH_3 ($1/hari$)

r_N = laju pelepasan NH_3 dari sedimen ($g-NH_3/m^2 \cdot hari$)

NO_2

D_{NO_2} = laju oksidasi NO_2 ke NO_3 ($1/hari$)

NO_3

D_{NO_3} = laju denitrifikasi ($1/hari$)

Nitrogen organik terlarut

F_{ZN} = nitrogen/berat kering zooplankton (mg-N/mg-zoo-P)

K_{ON} = laju dekomposisi nitrogen organik terlarut (1/hari)

DO

F_{PO} = koefisien konversi DO dari fotosintesa phytoplankton (mg- O_2 /mg-chlo-a)

F_{CO} = koefisien konversi kebutuhan DO untuk dekomposisi DCOD (mg- O_2 /mg-DCOD hilang)

F_{NH_3} = koefisien konversi kebutuhan DO untuk oksidasi NH_3 ke NO_3 (mg- O_2 /mg- NH_3 hilang)

F_{NO_2} = koefisien konversi kebutuhan DO untuk oksidasi NO_2 ke NO_3 (mg- O_2 /mg- NO_2 hilang)

K_{DO} = laju reaerasi (1/hari)

DO_{sa} = DO jenuh air waduk (kg/m³)

R_{DO} = laju konsumsi DO dari sedimen (g- O_2 /m².hari)

P inorganik

F_{PP} = fosfat/berat kering phytoplankton (mg-P/mg-chlo-a)

r_p = laju pelepasan fosfat dari sedimen (g-P/m².hari)

P organik

F_{ZP} = P/berat kering zooplankton (mg-P/mg-zoo-P)

K_{OP} = laju dekomposisi organik P terlarut (1/hari)

Phytoplankton

G_{PP} = laju fotosintesa phytoplankton (1/hari)

α = koefisien revisi terhadap ketergantungan pembatas temperatur

E_{PP} = ekresi phytoplankton

D_{PP} = laju kematian phytoplankton (1/hari)

W_{PP} = kecepatan mengendap phytoplankton (m/hari)

μ_{maks} = laju fotosintesa maksimum dari phytoplankton (1/hari)

L_g =intensitas cahaya (kal/cm².hari)

K_E = intensitas cahaya setengah jenuh (kal/cm².hari)

IN = konsentrasi inorganik N (mg/l)

IP = konsentrasi inorganik P (mg/l)

K_{IN} = konsentrasi setengah jenuh inorganik N (mg/l)

K_{IP} =Konsentrasi setengah jenuh inorganik P (mg/l)

G_{ZP} = laju grazing zooplankton terhadap chlo-a (1/hari)

μ_{zp} =laju grasing zooplankton maksimum (1/hari)

K_{mp} = konsentrasi setengah jenuh untuk grazing zooplankton (mg-chlo-a/l)

PP = konsentrasi chlo-a (mg/l)

Zooplankton

F_{PZ} = koefisien konversi grazing zoo-p terhadap Chlo-a (mg-zoo/mg-chlo-a)

α_s = efisien asimilasi zooplankton

v = efisiensi pertumbuhan zooplankton

D_{ZP} = laju kematian zooplankton (1/hari)

Detritus

K_D = laju dekomposisi detritus (1/hari)

W_D = kecepatan mengendap detritus (m/hari)

Sedangkan subsistem hidrodinamik yang mempengaruhi transportasi material adalah arus yang terjadi di badan air waduk. Arus air tersebut dimodelkan dengan pendekatan neraca momentum Newton 2-dimensi kuasi (semu) pada lapisan air ganda. Model tersebut adalah sebagai berikut,

- Persamaan gerak air (arus) arah sumbu x untuk lapisan permukaan,

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial u_1}{\partial y} - \frac{(u_{1/2} - u_1)w_{1/2}}{h_1 - \zeta}$$

$$= f - \frac{1}{\rho_1} \frac{\partial p_1}{\partial x} + A_x \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} - \frac{\gamma_i^2 (u_1 - u_2) \sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2}}{h_1 - \zeta}$$

- Persamaan gerak air (arus) arah sumbu y untuk lapisan permukaan

$$\frac{\partial v_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial y} - \frac{(v_{1/2} - v_1)w_{1/2}}{h_1 - \zeta}$$

$$= f \cdot u_1 - \frac{1}{\rho_1} \frac{\partial p_1}{\partial y} + A_x \frac{\partial^2 v_1}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 v_1}{\partial y^2} - \frac{\gamma_i^2 (v_1 - v_2) \sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2}}{h_1 - \zeta}$$

Dimana $p_1 = g \cdot \rho_1 \cdot \zeta + 0,5 \cdot g \cdot \rho_1 \cdot h_1$

- Persamaan gerak air (arus) arah sumbu x untuk lapisan antara

$$\frac{\partial u_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial u_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial u_k}{\partial y} + \frac{(u_{k-1/2} - u_k)w_{k-1/2} - (u_{k-1/2} + u_k)w_{k+1/2}}{h_k}$$

$$= f \cdot v_k - \frac{1}{\rho_k} \frac{\partial p_k}{\partial x} + A_x \frac{\partial^2 u_k}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 u_k}{\partial y^2}$$

$$+ \frac{\gamma_i^2 (u_{k-1} - u_k) \sqrt{(u_{k-1} - u_k)^2 + (v_{k-1} - v_k)^2}}{h_k} - \frac{\gamma_i^2 (u_k - u_{k+1}) \sqrt{(u_k - u_{k+1})^2 + (v_k - v_{k+1})^2}}{h_k}$$

- Persamaan gerak air (arus) arah sumbu y untuk lapisan antara

$$\frac{\partial v_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial v_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial v_k}{\partial y} + \frac{(v_{k-1/2} - v_k)w_{k-1/2} - (v_{k-1/2} + v_k)w_{k+1/2}}{h_k}$$

$$= f \cdot u_k - \frac{1}{\rho_k} \frac{\partial p_k}{\partial y} + A_x \frac{\partial^2 v_k}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 v_k}{\partial y^2}$$

$$+ \frac{\gamma_i^2 (v_{k-1} - v_k) \sqrt{(u_{k-1} - u_k)^2 + (v_{k-1} - v_k)^2}}{h_k} - \frac{\gamma_i^2 (v_k - v_{k+1}) \sqrt{(u_k - u_{k+1})^2 + (v_k - v_{k+1})^2}}{h_k}$$

Dimana $\rho_k = g \cdot \rho_1 \cdot \zeta + \sum_{i=1}^{k-1} g \rho_i h_i + 0.5 g \rho_k h_k$

- Persamaan gerak air (arus) arah sumbu y untuk lapisan dasar

$$\begin{aligned} & \frac{\partial u_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial u_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial u_k}{\partial y} + \frac{(u_{k-\frac{1}{2}} - u_k) w_{k-\frac{1}{2}}}{h_k} \\ &= f \cdot v_k - \frac{1}{\rho_k} \frac{\partial p_k}{\partial x} + A_x \frac{\partial^2 u_k}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 u_k}{\partial y^2} \\ & \quad + \frac{\gamma_i^2 (u_{k+1} - u_k) \sqrt{(u_{k+1} - u_k)^2 + (v_{k+1} - v_k)^2}}{h_k} - \frac{\gamma_i^2 u_k \sqrt{u_k^2 + v_k^2}}{h_k} \end{aligned}$$

- Persamaan gerak air (arus) arah sumbu y untuk lapisan dasar

$$\begin{aligned} & \frac{\partial v_k}{\partial t} + u_k \frac{\partial v_k}{\partial x} + v_k \frac{\partial v_k}{\partial y} + \frac{(v_{k-\frac{1}{2}} - v_k) w_{k-\frac{1}{2}}}{h_k} \\ &= f \cdot u_k - \frac{1}{\rho_k} \frac{\partial p_k}{\partial y} + A_x \frac{\partial^2 v_k}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 v_k}{\partial y^2} \\ & \quad + \frac{\gamma_i^2 (v_{k+1} - v_k) \sqrt{(u_{k+1} - u_k)^2 + (v_{k+1} - v_k)^2}}{h_k} - \frac{\gamma_i^2 v_k \sqrt{u_k^2 + v_k^2}}{h_k} \end{aligned}$$

Dimana, $\rho_k = g \cdot \rho_1 \cdot \zeta + \sum_{i=1}^{k-1} g \cdot \rho_i \cdot h_i + 0.5 g \cdot \rho_k \cdot h_k$

- Persamaan kontinuitas lapisan permukaan

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial \{u_1(h_1 + \zeta)\}}{\partial x} + \frac{\partial \{v_1(h_1 + \zeta)\}}{\partial y} - w_{\frac{1}{2}} = R_m - R_e$$

- Persamaan kontinuitas lapisan antara

$$\frac{\partial (u_k h_k)}{\partial x} + \frac{\partial (v_k h_k)}{\partial y} + u_{k+\frac{1}{2}} v_{k+\frac{1}{2}} = 0$$

- Persamaan kontinuitas lapisan dasar

$$\frac{\partial (u_k h_k)}{\partial x} + \frac{\partial (v_k h_k)}{\partial y} + w_{k-\frac{1}{2}} = 0$$

t = waktu (det); h_k = tinggi lapisan ke k (m); ζ = muka air dari muka air rata-rata (m); u_k dan v_k = kecepatan rata-rata arus air untuk arah sumbu x dan y (m/det); $u_{k+\frac{1}{2}}$ = kecepatan arus air antara lapisan ke k dengan $k+1$ untuk arah sumbu x (m/det); $v_{k+\frac{1}{2}}$ = kecepatan arus air antara lapisan ke k dengan $k+1$ untuk arah sumbu y (m/det); $w_{k+\frac{1}{2}}$ = kecepatan arus air vertikal antara lapisan ke k dengan $k+1$ (m/det); ρ_k = kepadatan air pada lapisan air ke k (kg/m^3); p_k = tekanan air pada lapisan ke k (kg/m-det^2); A_x dan A_y = difusivitas momentum Eddy dalam

arah sumbu x dan y (m^2/det) ; γ_r = koefisien gesekan antar lapisan air ; γ_b = koefisien gesekan di dasar danau ; f = faktor coriolis ($1/\text{det}$) ; R_{in} = laju kenaikan permukaan air danau karena masukan air dan hujan (m/det) ; R_e = laju penurunan permukaan air waduk karena evaporasi (m/det).

Kepadatan air waduk dalam penelitian ini dikoreksi oleh suhu airnya. Koreksi tersebut adalah sebagai berikut,

$$\rho_k = a_0 + a_1(T_k - 273) + a_2(T_k - 273)^2 + a_3(T_k - 273)^3 + a_4(T_k - 273)^4 + a_5(T_k - 273)^5$$

Dimana a_0 hingga a_5 = konstanta, sedangkan T adalah temperatur air pada lapisan ke k ($^{\circ}\text{K}$) yang di estimasi dengan persamaan neraca panas sebagai berikut,

– lapisan permukaan

$$\frac{\partial T_1(h_1 + \zeta)}{\partial t} = \frac{\partial(M_{x1}T_1)}{\partial x} - \frac{\partial(M_{y1}T_1)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ K_{x1}(h_1 + \zeta) \frac{\partial T_1}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ K_{y1}(h_1 + \zeta) \frac{\partial T_1}{\partial y} \right\} - K_z(T_1 - T_2) + w_{\frac{1}{2}} T^* + \frac{1}{\rho_w c_p} (q_0 - q_{\frac{1}{2}}) - \frac{1}{\rho_w c_p} (q_e + q_c + q_r) + R_{in} T_{in}$$

– lapisan antara

$$\frac{\partial T_k h_k}{\partial t} = \frac{\partial(M_{xk}T_k)}{\partial x} - \frac{\partial(M_{yk}T_k)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ K_{xk} h_k \frac{\partial T_k}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ K_{yk} h_k \frac{\partial T_k}{\partial y} \right\} - K_z(T_{k-1} - T_k) - K_z(T_k - T_{k+1}) - w_{k-\frac{1}{2}} T^* + w_{k+\frac{1}{2}} T^* + \frac{1}{\rho_w c_p} (q_{k+\frac{1}{2}} - q_{k-\frac{1}{2}})$$

– lapisan dasar

$$\frac{\partial T_k h_k}{\partial t} = \frac{\partial(M_{xk}T_k)}{\partial x} - \frac{\partial(M_{yk}T_k)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ K_{xk} h_k \frac{\partial T_k}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ K_{yk} h_k \frac{\partial T_k}{\partial y} \right\} - K_z(T_{k-1} - T_k) - w_{k-\frac{1}{2}} T^* - \frac{1}{\rho_w c_p} (q_{k-\frac{1}{2}} - q_{k+\frac{1}{2}}) \Delta$$

M_{xk} dan M_{yk} = kecepatan arus air vertikal terintegrasi pada arah x dan y (m^2/det) ; K_x dan K_y = difusivitas panas Eddy (m^2/det) ; K_z = koefisien pengadukan panas vertikal (m/det) ; q_0 = kuantitas isolasi pada permukaan air tanpa pemantulan permukaan ($\text{J}/\text{m}^2.\text{det}$) ; $q_{k+\frac{1}{2}}$ = kuantitas isolasi pada lapisan antara ke k dan ke $k+1$ ($\text{J}/\text{m}^2.\text{det}$) ; q_e = kehilangan panas di permukaan air danau karena evaporasi ($\text{J}/\text{m}^2.\text{det}$) ; q_c = kehilangan panas permukaan air waduk karena konduksi thermal ($\text{J}/\text{m}^2.\text{det}$) ; q_r = kehilangan panas permukaan air waduk karena radiasi panas ($\text{J}/\text{m}^2.\text{det}$) ; T_{in} = suhu air masuk ke danau ($^{\circ}\text{K}$) ; ρ_w = kepadatan air (kg/m^3) ; c_p = panas spesifik air ($\text{J}/\text{kg}.\text{K}$) ; $w_{k+\frac{1}{2}} > 0$ maka $T^* = T_{k+1}$ dan $w_{k+\frac{1}{2}} < 0$ maka $T^* = T_k$

Penyelesaian persamaan-persamaan tersebut di atas direncanakan dengan metode beda hingga (finite difference), dimana skema numeriknya digunakan metode 'Alternating Direction Implicit (ADI). Untuk mendapatkan penyelesaian

mantap dan menghindari 'floating error', maka tahapan waktu (time step) perhitungan diperkirakan dengan rumus $\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{\max}}}$, dimana Δt = tahap

waktu perhitungan (detik), Δx = panjang interval segmen (m), g = percepatan gravitasi (m/det^2), $h_{\max}$ = kedalaman maksimum waduk (m). Kondisi pembatas (boundary condition) untuk penyelesaian persamaan-persamaan diatas adalah segmen-segmen badan air waduk yang diperoleh dari peta batimetri waduk, dan debit suhu air masuk dan keluar waduk.

Sedangkan penyelesaian perhitungan direncanakan dengan pemrogram komputer bahasa Fortran pada komputer PC merk Mugen 7000, dengan spesifikasi; Pentium III, 500 Hz, Ram 128 MB.

Tabel Data analisa sampel air Sungai Citarum (sampling Mei 2001)

KODE	Fe II mg/L	Fe III mg/L	P-PO ₄ mg/L	TP mg/L	TN mg/L	N-NH ₄ mg/L	N-NO ₂ mg/L	N-NO ₃ mg/L	BOD ₅ mg/L	COD Cr mg/L	TOC mg/L
Mata Air S. Cit. Gn. Wayang	<0,001	0,092	0,027	0,063	1,129	0,175	0,003	4,709	51,41	35,031	9,532
St. B1	<0,001	0,005	0,063	0,110	2,838	0,134	0,016	0,679	33,26	16,647	1,760
St.1 Sungai Citarum	0,001	0,374	0,068	0,274	2,653	0,103	0,010	2,434	51,55	28,346	<0,004
St.2 Sungai Citarum	0,001	0,304	0,055	0,171	1,974	0,062	0,009	1,844	20,82	23,332	<0,004
St.3 Sungai Citarum	0,001	0,104	0,030	0,142	2,308	0,422	0,010	0,942	63,95	19,990	<0,004
St.3 A1 Ruas S. Citarum	0,033	0,207	0,115	0,151	2,216	0,494	0,015	0,874	98,40	51,744	<0,004
St.3 A2 Ruas S. Citarum	0,002	0,083	0,019	0,115	1,321	0,173	0,012	0,661	48,70	30,017	<0,004
St.3 B1 Ruas S. Citarum	<0,001	0,123	0,031	0,196	2,457	0,771	0,049	0,752	39,25	31,689	<0,004
St.3 C1 Ruas S. Citarum	<0,001	0,026	0,062	0,187	3,860	2,401	0,066	0,827	38,35	45,0	<0,004
St.3 D1 Ruas S. Citarum	<0,001	0,027	0,102	0,249	5,237	2,983	0,148	1,007	75,01	46,759	<0,004
St.3 E1 Ruas S. Citarum	0,006	0,009	0,600	0,941	11,343	11,052	0,015	0,122	69,25	56,730	2,030
St.4 Sungai Citarum	0,007	0,264	0,052	0,177	2,852	1,120	0,021	0,863	25,58	26,58	14,000
St.4 A1 Ruas S. Citarum	0,003	0,005	0,285	0,623	6,343	4,876	0,139	0,798	40,92	20,875	<0,004
St.4 A2 Ruas S. Citarum	<0,001	0,015	0,070	0,249	3,499	0,298	0,102	2,617	140,71	47,761	<0,004
St.4 A3 Ruas S. Citarum	<0,001	0,012	0,018	0,096	1,310	0,108	0,003	1,064	98,47	22,514	<0,004
St.5 Sungai Citarum	<0,001	0,050	0,043	0,120	2,854	0,826	0,014	0,863	150,02	22,553	<0,004
St.6 Sungai Citarum	<0,001	0,071	0,040	0,161	2,973	1,466	0,017	1,014	63,94	10,977	<0,004
St.7 Sungai Citarum	0,003	0,029	0,045	0,152	5,234	1,061	0,015	0,924	96,67	60,15	0,060
St.7 A	0,005	0,007	0,021	0,097	2,429	0,262	0,029	1,431	85,72	40,744	1,293
St.8 Sungai Citarum	<0,001	0,037	0,023	0,242	2,514	0,978	0,036	1,193	99,40	1,977	<0,004
St.12	<0,001	0,216	0,039	0,059	1,406	1,066	0,012	0,169	168,79	12,630	14,350
St.12a	0,002	0,003	0,039	0,066	3,124	1,094	0,011	0,915	164,1	10,977	<0,004
St.12b	0,004	0,238	0,071	0,075	1,555	0,106	0,006	0,17	112,55	27,514	
St.13	0,002	0,044	0,031	0,059	0,941	0,100	0,001	0,751	135,94	15,938	
St.13a	<0,001	0,084	0,036	0,059	1,679	0,402	0,017	0,884	136,58	37,437	
St.13b	0,005	0,016	0,098	0,101	1,605	0,108	0,012	1,082	150,02	10,977	

Tabel Data analisa sampel air Waduk Saguling (sampling Juni 2001)

KODE	Fe II mg/L	Fe III mg/L	P-PO ₄ mg/L	TP mg/L	TN mg/L	N-NH ₄ mg/L	N-NO ₂ mg/L	N-NO ₃ mg/L	BOD ₅ mg/L	COD _{cr} mg/L	TOC mg/L
St. 1 permukaan	<0,001	0,006	0,028	0,339	1,454	0,929	0,114	<0,1	2,89	10,977	
St. 1,5 m	0,003	0,005	0,057	0,903	1,731	1,151	0,115	0,090	13,05	<2	
St. 1 dasar	<0,001	0,010	0,063	0,339	2,089	1,448	0,126	<0,1	8,70	34,129	
St. 2 permukaan	<0,001	0,002	0,020	0,257	0,508	0,300	0,008	<0,1	3,62	<2	
St. 2 5 m	0,005	0,004	0,026	0,374	0,913	0,973	0,020	<0,1	2,18	7,669	
St. 2 dasar	0,002	0,006	0,018	0,063	1,032	0,946	0,007	<0,1	9,06	<2	
St. 3 permukaan	<0,001	0,007	0,020	0,240	1,030	0,414	0,007	<0,1	4,34	29,168	
St. 3 5 m	0,002	0,007	0,028	0,142	1,701	1,313	0,017	<0,1	2,89	<2	
St. 3 dasar	<0,001	0,017	0,144	0,607	2,713	1,577	0,097	<0,1	15,23	<2	
St. 4 permukaan	<0,001	0,063	0,022	0,054	0,522	0,285	0,006	<0,1	4,34	14,284	
St. 4 5 m	0,004	0,026	0,031	0,083	1,379	1,062	0,025	<0,1	4,34	<2	
St. 4 dasar	0,004	0,018	0,094	0,184	1,919	1,770	0,036	<0,1	3,12	<2	
St. 5 permukaan	<0,001	0,010	0,016	0,257	0,678	0,385	0,005	<0,1	2,02	<2	
St. 5 5 m	<0,001	0,021	0,020	0,047	1,194	0,688	0,013	<0,1	4,427	<2	
St. 5 dasar	0,003	0,023	0,026	0,368	1,014	0,057	0,046	0,073	1,415	25,86	
St. 6 permukaan	<0,001	0,009	0,016	0,056	0,667	0,334	0,001	<0,1	2,776	<2	
St. 6 5 m	<0,001	0,008	0,026	0,098	0,843	0,607	0,001	<0,1	0,410	<2	
St. 6 0,2 dasar	<0,001	0,019	0,020	0,253	1,046	0,049	0,048	0,026	2,752	9,323	
St. 7 permukaan	<0,001	0,006	0,018	0,213	0,200	0,183	0,004	<0,1	4,116	10,977	
St. 7 5 m	<0,001	0,009	0,024	0,244	1,229	1,298	0,003	<0,1	6,960	6,016	
St. 7 0,2 dasar	<0,001	0,009	0,078	0,127	1,213	1,872	0,004	<0,1	0,565	<2	
St. 9 permukaan	<0,001	0,012	0,018	0,036	0,717	0,374	0,001	<0,1	0,848	7,669	
St. 9 5 m	<0,001	0,012	0,020	0,067	1,001	0,412	<0,02	<0,1	5,462	2,708	
St. 9 dasar	0,002	0,007	0,037	0,087	1,382	0,468	0,112	<0,1	3,890	2,707	

Tabel Data Analisa sampel Waduk Jatiluhur (Sampling Juni 2001)

KODE	Fe II mg/L	Fe III mg/L	P-PO ₄ mg/L	TP mg/L	TN mg/L	N-NH ₄ mg/L	N-NO ₂ mg/L	N-NO ₃ mg/L	BOD ₅ mg/L	COD Cr mg/L	TOC mg/L
Jatiluhur 0 1 m	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Jatiluhur 0 5 m	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Jatiluhur 1 0 m	<0,001	0,0016	0,037	0,061	1,354	0,008	0,004	0,640	6,135	10,080	
Jatiluhur 1 5 m	<0,001	0,0019	0,035	0,053	1,144	0,157	0,001	0,486	6,969	17,609	
Jatiluhur 1 dasar	<0,001	0,0064	0,033	0,123	0,802	0,102	0,001	0,447	5,104	7,826	
Jatiluhur 2 0 m	<0,001	0,0021	0,033	0,048	1,021	0,161	0,245	0,454	10,994	20,870	
Jatiluhur 2 5 m	<0,001	0,0012	0,031	0,048		0,048	0,002	0,349	7,313	23,043	
Jatiluhur 2 dasar	<0,001	0,0051	0,029	0,078	1,119	0,033	0,002	0,435	5,939	11,087	
Jatiluhur 3 0 m	<0,001	0,00008	0,031	0,066	0,875	0,120	<0,001	0,044	6,223	44,783	
Jatiluhur 3 5 m	<0,001	0,0002	0,033	0,036	1,203	0,001	0,068	0,466	29,350	5,652	
Jatiluhur 3 dasar	<0,0002	0,0015	0,027	0,056	1,889	0,063	0,001	0,420	8,935	11,087	
Jatiluhur 4 0 m	<0,0002	0,0002	<0,010	0,026	0,701	0,018	0,001	<0,02	3,738	11,087	
Jatiluhur 4 5 m	<0,0002	0,0002	<0,010	0,026	0,806	0,015	0,001	0,033	6,518	16,522	
Jatiluhur 4 dasar	<0,0002	0,0013	<0,010	0,058	0,259	0,148	<0,001	<0,02	12,889	7,826	
Jatiluhur 5 0 m	<0,0002	0,0004	<0,010	0,013	1,155	0,124	0,002	0,021	3,111	6,739	
Jatiluhur 5 5 m	<0,0002	0,00028	<0,010	<0,010	1,305	0,022	<0,001	0,101	2,444	13,261	
Jatiluhur 5 dasar	<0,0002	0,0131	<0,010	0,058	1,772	0,324	0,001	0,093	8,872	15,435	
Jatiluhur 6 0 m	<0,0002	0,0002	<0,010	0,011	0,138	0,036	<0,001	0,067	6,127	10,000	
Jatiluhur 6 5 m	<0,0002	<0,0002	<0,010	0,123	0,542	0,153	<0,001	<0,02	9,090	71,957	
Jatiluhur 6 dasar	<0,0002	<0,0002	0,097	0,137	1,110	0,171	0,001	<0,02	7,668	7,826	
Jatiluhur 7 0 m	<0,0008	<0,0002	<0,010	0,018	1,066	0,031	<0,001	0,037	8,679	7,826	
Jatiluhur 7 5 m	<0,0002	0,0069	<0,010	0,016	0,639	0,017	<0,001	0,135	13,481	17,609	
Jatiluhur 7 dasar	<0,0002	0,0089	<0,010	0,121	1,799	0,333	0,006	0,105	10,356	10,000	

Jatiluhur 8 0 m	<0,0002	0,0021	<0,010	0,021	0,828	0,014	<0,001	0,040	1,325	13,261	
Jatiluhur 8 5 m	<0,0002	<0,0002	<0,010	0,021	0,595	0,067	<0,001	0,078	2,110	37,174	
Jatiluhur 8 dasar	<0,0002	0,0057	0,054	0,170	1,144	0,138	0,002	0,018	10,454	15,435	
Jatiluhur 9 0 m	<0,0002	<0,0002	<0,010	0,011	0,390	0,301	<0,001	<0,02	1,767	11,087	
Jatiluhur 9 5 m	<0,0002	<0,0002	<0,010	0,023	0,622	0,020	<0,001	<0,02	1,914	11,087	
Jatiluhur 9 dasar	<0,0002	<0,0002	0,040	0,125	0,962	0,087	0,001	0,014	5,350	43,696	
Jatiluhur 10 0 m	0,0067	0,0007	<0,010	0,023	1,073	0,042	<0,001	0,033	5,105	11,087	
Jatiluhur 10 5 m	<0,0002	0,0002	<0,010	0,041	1,642	0,028	<0,001	0,074	8,735	8,913	
Jatiluhur 10 dasar	<0,0002	<0,0002	0,060	0,123	1,447	0,046	0,001	0,978	16,822	6,739	

KODE	Fe II mg/L	Fe III mg/L	P-PO ₄ mg/L	TP mg/L	TN mg/L	N-NH ₄ mg/L	N-NO ₂ mg/L	N-NO ₃ mg/L	BOD ₅ mg/L	COD _c mg/L	TOC mg/L
Cirata 2 0 m	<0,0002	0,0002	<0,010	0,018	1,275	0,357	0,002	0,059	2,213	10,000	
Cirata 2 5 m	<0,0002	<0,0002	<0,010	0,026	1,413	0,093	<0,001	0,078	3,338	16,522	
Cirata 2 dasar	<0,0002	0,0034	<0,010	0,013	0,417	0,082	0,001	0,128	6,969	36,087	
Cirata 3 0 m	<0,0002	0,0012	<0,010	0,026	0,925	0,127	0,002	0,085	3,583	41,522	
Cirata 3 5 m	<0,0002	<0,0002	<0,010	0,036	0,310	0,069	0,002	0,048	1,325	32,826	
Cirata 3 dasar	<0,0002	0,0374	0,060	0,157	0,441	0,204	0,002	0,018	8,735	10,000	
Cirata 4 0 m	<0,0002	0,0025	<0,010	0,023	0,296	0,041	0,002	0,029	3,387	31,739	
Cirata 4 5 m	<0,0002	0,0016	0,015	0,041	0,787	0,053	0,001	<0,02	5,938	31,739	
Cirata 4 dasar	<0,0002	0,0058	0,101	0,2	1,739	0,521	<0,001	<0,02	8,735	10,000	
Cirata 5 0 m	<0,0002	0,0396	<0,010	0,034	0,229	0,183	<0,001	<0,02	2,258	20,870	
Cirata 5 5 m	0,0002	0,0195	<0,010	0,033	1,443	0,112	0,001	0,027	6,822	14,348	
Cirata 5 dasar	0,015	0,0738	0,025	0,18	0,824	0,129	0,016	0,138	10,011	133,913	
Cirata 6 0 m	<0,0002	0,0014	<0,010	0,046	0,945	0,086	0,001	0,018	0,491	18,696	
Cirata 6 5 m	<0,0002	0,0301	0,011	0,036	1,591	0,185	0,006	0,183	1,914	23,043	
Cirata 6 dasar	<0,0002	0,0018	0,044	0,137	1,971	0,369	0,003	0,492	6,824	125,217	
Cirata 7 0 m	<0,0002	0,0012	<0,010	0,053	0,562	0,405	0,003	0,016	0,196	15,435	
Cirata 7 5 m	<0,0002	0,0015	<0,010	0,046	0,881	0,226	0,001	0,074	0,982	18,696	

Cirata 7 dasar	<0,0002	0,0086	0,103	0,247	0,531	0,283	0,004	0,120	2,111	17,609	
Cirata 8 0 m	<0,0002	0,0061	<0,010	0,043	0,538	0,176	0,002	0,040	0,785	26,304	
Cirata 8 5 m	<0,0002	0,0753	<0,010	0,031	2,348	0,083	0,001	0,187	0,834	14,348	
Cirata 8 dasar	<0,0002	<0,0002	0,031	0,105	2,150	0,076	0,012	1,027	10,356	49,130	
Cirata 9 0 m	0,0068	0,0003	<0,010	0,036	0,992	0,080	0,002	0,070	2,160	21,957	
Cirata 9 5 m	<0,0002	0,0113	<0,010	0,063	1,860	0,126	0,003	0,204	10,356	31,739	
Cirata 9 dasar	<0,0002	<0,0002	0,054	0,133	1,531	0,261	0,032	0,376	1,423	36,087	
Cirata 10 0 m	<0,0002	<0,0002	0,062	0,080	0,457	0,176	0,009	0,177	1,963	5,652	
Cirata 10 5 m	<0,0002	0,0361	0,031	0,080	0,709	0,117	0,073	0,177	0,196	6,738	
Cirata 10 dasar	0,00056	<0,0002	0,091	0,177	0,542	0,184	0,002	0,012	1,914	13,261	
Cirata 11 0 m	<0,0002	0,0002	<0,010	0,036	1,148	0,065	0,001	0,135	0,319	12,174	
Cirata 11 5 m	<0,0002	0,0080	0,025	0,046	2,462	0,118	0,017	0,037	1,325	11,087	
Cirata 11 dasar	<0,0002	<0,0002	<0,010	0,021	1,542	0,116	0,001	0,253	2,454	8,913	
Cikalang HJN	0,00050	0,0036	<0,010	0,016	0,579	0,001	0,006	0,139	*	4,565	
H.I. PWK	<0,002	0,0036	0,019	0,048	*	0,441	0,013	*	*	*	