

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### IV. 1 Struktur Hidrolika Sungai

Perhitungan struktur hidrolika sungai pada segmen yang ditinjau serta wilayah hulu dan hilir segmen diselesaikan dengan menerapkan persamaan-persamaan berikut :

1. Persamaan kontinuitas
2. Hukum kekekalan massa
3. *Reynold number*

Telah diketahui di atas bahwa berdasarkan pengujian telah didapatkan data kecepatan aliran dari air sungai yang mengalir di lokasi pengujian. Dari hasil tersebut, apabila kecepatan dikalikan dengan luasan masing-masing bidang potongan melintang tiap titik pengujian maka didapat debit aliran di tiap titik. Nilai debit tersebut diupayakan saling mendekati agar sesuai dengan asumsi awal yakni *steady state*. Pada kondisi ini, debit di tiap titik diasumsikan sama, oleh karenanya berdasarkan persamaan kontinuitas :

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 \\ A_1 \cdot V_1 &= A_2 \cdot V_2 \end{aligned}$$

Maka, dengan mengetahui dimensi melintang sungai, kecepatan di tiap titik akan diketahui. Bila diasumsikan debit awal yang dimiliki adalah debit hulu sebagai titik awal dari peninjauan, maka berdasarkan pengujian lapangan, debit hulu adalah :

- $v_{\text{hulu}} = 0,483529 \text{ m/s}$
- $A_{\text{hulu}} = 2,96375 \text{ m}^2$
- $Q_{\text{hulu}} = v_{\text{hulu}} \cdot A_{\text{hulu}}$   
 $= 0,483529 \cdot 2,96375$   
 $= 1,43306 \text{ m}^3/\text{s}$

Bila debit ini menjadi dasar perhitungan kecepatan titik lainnya di setiap titik di lokasi pengujian, maka berdasarkan persamaan kontinuitas, kecepatan aliran di titik kontraksi adalah :

$$\begin{aligned} Q_{\text{hulu}} &= Q_{\text{segmen}} \\ A_{\text{hulu}} \cdot v_{\text{hulu}} &= A_{\text{segmen}} \cdot v_{\text{segmen}} \\ 2,96375 \cdot 0,483529 &= 2,23875 \cdot v_{\text{segmen}} \\ v_{\text{segmen}} &= 0,640116 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Sesuai dengan persyaratan awal, apabila terjadi kontraksi di segmen dengan kecepatan  $v \geq 0,6$  m/s, maka aliran air akan semakin turbulen dan mampu membawa partikel dalam alirannya sehingga akan meminimalkan sedimentasi. Hasil perhitungan dengan persamaan kontinuitas ini disandingkan dengan hasil pengujian. Hasil teori menyebutkan kecepatan aliran 0,640116 m/s, sementara hasil pengujian hanya 0,58076 m/s. Perbedaan antara teori dengan kondisi *real* di lapangan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor utama yang paling mempengaruhi adalah tidak ratanya bentuk permukaan saluran dan gesekan akibat kekasaran material saluran. Akibat hal ini, aliran akan melalui hambatan. Sesuai dengan prinsip Manning, hambatan yang ditemui oleh aliran permukaan memiliki koefisien kekasaran yang menyebabkan berkurangnya kecepatan.

Oleh karena itu, perlu dicari kecepatan aliran berdasarkan dengan persamaan Manning (persamaan 2 Bab II):

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Dimana :  $n = 0,025 \rightarrow$  tipikal tanah asli

$$R = 0,370261 \text{ m}$$

$$S = 8\% \rightarrow \text{tipikal untuk daerah depok lereng landai (8 - 15\%)}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,025} \cdot (0,370261)^{2/3} \cdot (0,08)^{1/2} \\ &= 0,58337 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow v_{\text{lapangan}} = 0,58076 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Hasil kecepatan yang didapat dengan persamaan Manning memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan pengujian lapangan. Oleh karenanya, dengan memperhitungkan faktor kekasaran material, hasil pengujian yang didapat telah mewakili kecepatan aliran yang sebenarnya di lapangan.

Berdasarkan teori, apabila kecepatan aliran  $v \geq 0,6$  m/s, aliran mampu membawa partikel sehingga TSS bertambah dan sedimentasi berkurang. Sementara kondisi lapangan menyebutkan kecepatan di segmen  $v < 0,6$  m/s, oleh karenanya perlu dianalisis pengaruh kecepatan terhadap laju sedimentasi yang terjadi di sepanjang segmen serta pengaruhnya terhadap sedimentasi di hilir segmen.

Setelah didapat kecepatan, langkah selanjutnya adalah mencari nilai bilangan Reynold untuk tiap titik yang ditinjau. Nilai Re mengindikasikan jenis aliran. Untuk saluran terbuka :

1. Aliran dikatakan laminar jika  $Re < 2000$
2. Aliran dikatakan turbulen jika  $Re \geq 2000$

Nilai Re didapat dengan persamaan (3) dari Bab II :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Keterangan : Re = Reynold number

$\nu$  = viskositas ( $m^2/s$ )

D = kedalaman karakteristik (m)

$v$  = kecepatan rata-rata aliran (m/s)

Untuk penelitian ini, nilai Re untuk masing-masing titik adalah sebagai berikut:

$$\phi \text{ Trata-rata} = 30^\circ C$$

$$\phi \quad \nu = 0.89332 \text{ E-6 } m^2/s$$

Hasil tabulasi data Nilai Re penelitian :

**Tabel IV.1 Rekapitulasi Data Debit Aliran**

Titik	Hulu	Segmen	Hilir
At =	2.96375 m <sup>2</sup>	2.23875 m <sup>2</sup>	2.5925 m <sup>2</sup>
vt =	0.483529 m/s	0.580752 m/s	0.497169 m/s
Q = At.vt	1.43306 m <sup>3</sup> /s	1.300159 m <sup>3</sup> /s	1.28891 m <sup>3</sup> /s
P	8.15 m	6.65 m	8.13 m
D	0.36365 m	0.336654 m	0.318881 m
<b>Re</b>	<b>196833.9</b>	<b>218860.7</b>	<b>177470</b>

Hasil perhitungan menyebutkan nilai Re di hulu lebih kecil dibanding Re di segmen, hal ini mengindikasikan bahwa terjadi peningkatan antara aliran di hulu dengan aliran di segmen. Kondisi ini sesuai dengan prediksi awal yang menyebutkan apabila terjadi kecepatan aliran maka akan berpengaruh kepada peningkatan Nilai Re. Peningkatan Nilai Re mengindikasikan bahwa aliran yang terjadi semakin turbulen. Pada Sub Bab selanjutnya akan dibahas pengaruh peningkatan turbulensi terhadap kualitas fisik air sungai, terutama konsentrasi DO dan TSS serta pengaruhnya terhadap kemampuan sungai dalam melakukan *self purification*.

Dari titik segmen aliran menuju titik hilir. Berdasarkan perhitungan terjadi penurunan Nilai Re di hilir. Hal ini dipengaruhi oleh fenomena *enlargement* di muka hilir. Konsekuensi dari *enlargement* adalah penurunan kecepatan yang berindikasi pada berkurangnya turbulensi di titik *enlargement* tersebut. Titik pertemuan antara akhir kontraksi dengan awal *enlargement* menunjukkan penurunan kecepatan yang cukup signifikan. Berdasarkan pengujian, kecepatan dari arah segmen  $\pm 0,58$  m/s sedangkan kecepatan rata-rata di hilir  $\pm 0,49$  m/s, maka terjadi penurunan kecepatan hingga 0,9 m/s. Penurunan kecepatan berdampak pada berkurangnya kemampuan aliran dalam mengikat/membawa partikel diskrit sehingga di hilir segmen laju sedimentasi akan lebih besar dibanding lokasi lainnya. Hal ini akan ditandai dengan berkurangnya konsentrasi TSS di titik hilir. Penjelasan lebih lanjut tentang hal ini akan dibahas pada sub bab selanjutnya.

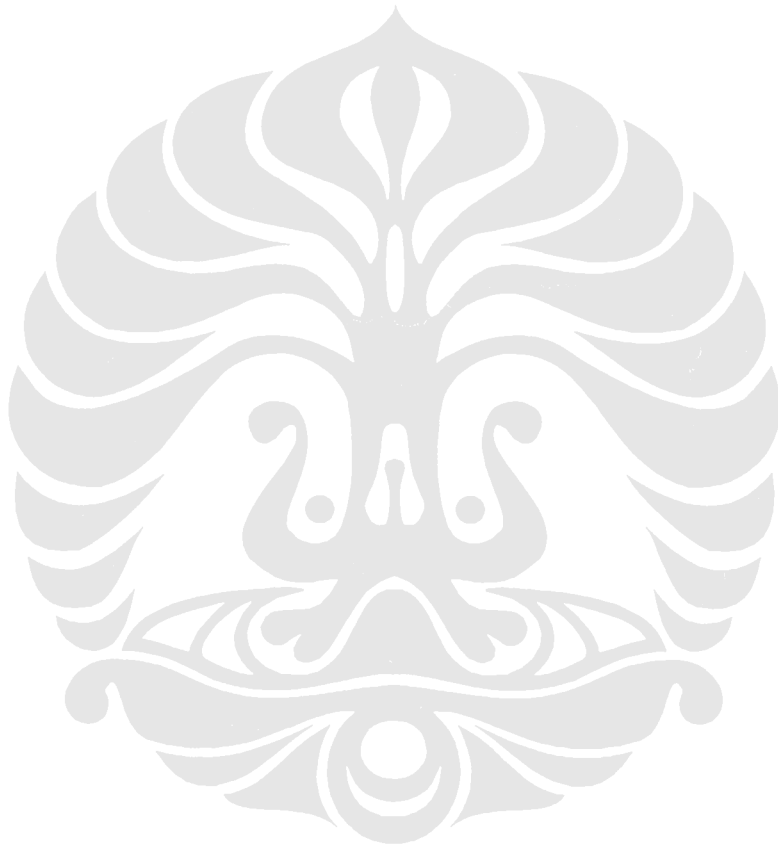
## IV. 2 Konsentrasi *Dissolve Oxygen* (DO) Air Sungai

Kualitas fisik air sungai yang ditinjau pada penelitian ini adalah konsentrasi *Dissolve Oxygen* (DO) pada saat  $t = 0$ , atau dikenal dengan  $OT_0$  (Oksigen terlarut saat  $t = 0$ ). Konsentrasi DO menunjukkan tingkat kesegaran air dari lokasi yang diujikan. Pada penelitian ini yang menjadi objek kajian adalah Sungai Sugutamu yang berlokasi di Perumahan Lembah Griya Depok, Kota Depok. Data terkait pengujian DO untuk Sungai Sugutamu masih sangat minimal dalam kuantitas, sementara untuk spesifik lokasi Perumahan Lembah Griya belum ada sama sekali. Menurut Kota Depok tahun 2005, konsentrasi DO Sungai Sugutamu berada pada rentang 2 – 4 mg/L. Dengan demikian kualitas air Sungai Sugutamu berdasarkan parameter DO tergolong tercemar sedang (Lee at al, 1978). Sumber pencemar sebagian besar berasal dari buangan rumah tangga (domestik) maupun industri. Industri yang dijumpai di sepanjang aliran Sungai Sugutamu cukup bervariasi dan berpotensi menambah beban pencemar ke dalam sungai. Diantaranya adalah pabrik tahu, pabrik payung, industri mebel, dan lain-lain. Dilihat dari variasi industri yang ada, limbah yang dihasilkan juga bervariasi. Dengan demikian beban pencemar yang masuk ke dalam sungai juga akan bervariasi.

Kandungan pencemar dalam air sungai akan berpengaruh pada kesegaran air sungai. Kesegaran air ini ditandai dengan konsentrasi Oksigen terlarut (DO) dari sungai tersebut. Konsentrasi DO dipengaruhi oleh interaksi parameter fisik, kimia, dan biologi yang terkandung dalam air sungai (Eaton, Clescery, Greenberg,ed., 1995). Faktor – faktor tersebut diantaranya adalah :

- Turbidity\*
- Debit\*
- Temperatur\*
- COD
- NO<sub>2</sub>-N
- NH<sub>4</sub>-N
- PO<sub>4</sub>
- Deterjen
- Minyak/Lemak
- Fenol
- Fecal Coli
- TSS
- TDS
- Fe
- Mn
- Cd
- Cr
- Ni

- Zn
- Pb



Keterangan :

\* merupakan parameter fisik

Interaksi parameter – parameter tersebut dapat bernilai positif maupun negatif terhadap konsentrasi DO. Parameter yang bernilai positif akan meningkatkan konsentrasi DO. Kelompok parameter yang berpengaruh positif umumnya adalah zat yang bersifat toksik, baik yang terlarut maupun tidak terlarut, yang dapat mengurangi, bahkan mencegah pertumbuhan bakteri. Sehingga pada kondisi tersebut, proses biodegradasi organik oleh bakteri yang menggunakan oksigen bisa terhambat. Parameter tersebut adalah zat toksik logam berat, Minyak/Lemak dan Fenol. Kelompok parameter yang berpengaruh negatif terhadap oksigen terlarut adalah parameter yang menghambat proses reaerasi dari udara dan parameter yang menjadi pengguna oksigen untuk proses biodegradasi. Parameter tersebut adalah CBOD (BOD dan sebagian COD), NBOD (NH<sub>3</sub> dan NO<sub>2</sub>) dan Bakteri. Parameter *turbidity* berpengaruh positif maupun negatif, karena pada parameter ini selain terkandung partikel tersuspensi yang dapat menghambat proses reaerasi, pada partikel tersuspensi tersebut terkandung juga zat toksik misalnya logam berat yang dapat menghambat terjadinya proses biodegradasi.

Pada penelitian ini hanya akan dilihat pengaruh parameter fisik dalam proses aerasi, sementara fotosintesis tidak dikaji lebih lanjut. Karena pada penelitian ini, fokus penelitian dititikberatkan pada pengaruh perubahan dimensi penampang terhadap konsentrasi DO. Sementara kontribusi fotosintesis terhadap konsentrasi DO dianggap sudah terakumulasi dengan mempertimbangkan faktor temperatur.

Pengaruh parameter fisik dilatarbelakangi oleh fenomena kontraksi penampang yang terjadi di lokasi penelitian. Perubahan dimensi penampang akan berpengaruh pada perubahan struktur hidrolika saluran, terutama kecepatan. Dengan mengasumsikan bahwa aliran bersifat *steady*, debit di tiap titik di sepanjang saluran bernilai konstan. Akibatnya pada saluran yang memiliki lebar penampang lebih kecil dari lebar penampang sebenarnya (penampang yang

mengalami kontraksi), kecepatan pada titik tersebut akan lebih besar dibanding titik lainnya. Hal ini didasari oleh persamaan kontinuitas yakni :

$$Q_{\text{hulu}} = Q_{\text{segmen}}$$

$$A_{\text{hulu}} \cdot v_{\text{hulu}} = A_{\text{segmen}} \cdot v_{\text{segmen}}$$

Penambahan kecepatan menyebabkan aliran air pada titik tersebut akan semakin turbulen. Fenomena turbulensi ini digambarkan dengan pergolakan air yang lebih tidak stabil dibanding titik hulu. Akibat pergolakan tersebut terjadi peningkatan temperatur di sekitar titik kontraksi. Peningkatan temperatur berpengaruh pada nilai viskositas aliran. Secara teoritis, peningkatan turbulensi aliran dapat digambarkan melalui bilangan Reynold. Semakin besar nilai bilangan Reynold-nya, maka semakin turbulen aliran yang terjadi. Melalui pengujian lapangan didapat nilai bilangan Reynold untuk tiap titik pengujian adalah sebagai berikut :

**Tabel IV.2 Data Hidrolika Lokasi Pengujian**

Lokasi	Hulu	Segmen	Hilir
At =	2.96375 m <sup>2</sup>	2.23875 m <sup>2</sup>	2.5925 m <sup>2</sup>
vt =	0.483529 m/s	0.580752222 m/s	0.4971686 m/s
Q = At.vt	1.43306 m <sup>3</sup> /s	1.300159038 m <sup>3</sup> /s	1.2889096 m <sup>3</sup> /s
Re	196833.9	240708.5846	177469.97

Berdasarkan hasil pengujian di atas telah dapat dibuktikan bahwa kontraksi penampang akan meningkatkan turbulensi aliran pada titik tersebut. Dapat dilihat di atas bahwa pada titik hulu nilai Reynold-nya sebesar 196.833,9 sementara untuk titik kontraksi meningkat menjadi 240.708,5846.

Peningkatan turbulen akan berakibat pada meningkatnya *turbidity*/kekeruhan air yang mengalir pada saluran tersebut. Berdasarkan teori, *turbidity* berpengaruh positif terhadap konsentrasi DO. Oleh sebab itu, peningkatan *turbidity* akan turut meningkatkan konsentrasi DO di titik tersebut. Selain peningkatan *turbidity*, semakin turbulennya aliran akan meningkatkan temperatur di titik tersebut. Temperatur juga bernilai positif terhadap konsentrasi DO, oleh



karenanya peningkatan temperatur akan turut meningkatkan konsentrasi DO di titik pengujian.

Sebagai akibat dari peningkatan temperatur dan *turbidity*, pada titik kontraksi akan terjadi proses aerasi. Dari proses ini, air menjadi tidak stabil. Pergerakan air yang demikian akan menciptakan proses mixing antara udara bebas dengan molekul air. Oksigen yang terkandung dalam udara bebas akhirnya berdifusi dan berubah menjadi oksigen terlarut dalam air. Dengan demikian, terjadilah peningkatan konsentrasi DO dibanding titik hulu akibat proses aerasi. Prediksi terhadap peningkatan konsentrasi DO telah dibuktikan melalui pengujian lapangan yang dilakukan pada aliran air Sungai Sugutamu di Perumahan Lembah Griya Depok, Kota Depok. Berikut tabel yang menunjukkan peningkatan konsentrasi DO di lokasi pengujian :

**Tabel IV.3 Data Pengujian Kualitas DO  
Pengukuran Pendahuluan**

Pengukuran Jam 09.00			Pengukuran Jam 11.00		
S (m)	DO (mg/L)	T (°C)	S (m)	DO (mg/L)	T (°C)
0	2.64	29.7	0	2.72	30.6
20	2.58	29.8	20	2.65	30.7
50	3.29	30	50	3.42	31.0
80	3.17	30	80	3.29	31.0
100	2.99	30.1	100	3.2	30.9
150	2.85	30	150	3.05	31.0
200	2.77	29.9	200	2.92	30.9
230	2.69	30.1	230	2.86	31.0
T rata2		30.0	T rata2		30.9

**Pengukuran Hari Pertama**

**Pengukuran Jam 08.00**

S (m)	DO (mg/L)	T (°C)
-------	-----------	--------

**Pengukuran Jam 10.00**

S (m)	DO (mg/L)	T (°C)
-------	-----------	--------

**Pengukuran Jam 12.00**

S (m)	DO (mg/L)	T (°C)
-------	-----------	--------

0	2.59	28.8
20	2.56	29.0
50	3.08	29.1
80	2.99	29.0
100	2.89	29.1
150	2.78	29.1
200	2.69	29.2
230	2.63	29.2
T rata2		29.1

0	2.69	30.2
20	2.66	30
50	3.24	30.5
80	3.14	30.2
100	3.13	30.2
150	2.98	30.5
200	2.87	30.4
230	2.77	30.4
T rata2		30.3

0	2.76	31.2
20	2.72	31.3
50	3.39	31.5
80	3.32	31.5
100	3.28	31.3
150	3.11	31.4
200	3.02	31.3
230	2.92	31.4
T rata2		31.4

### Pengukuran Hari Kedua

#### Pengukuran Jam 08.00

S (m)	DO (mg/L)	T (°c)
0	2.57	29.1
20	2.55	29.2
50	3.13	29.4
80	2.93	29.4
100	2.85	29.3
150	2.76	29.2
200	2.69	29.4
230	2.61	29.3
T rata2		29.3

#### Pengukuran Jam 10.00

S (m)	DO (mg/L)	T (°c)
0	2.68	30.3
20	2.62	30.3
50	3.24	30.5
80	3.12	30.4
100	3.04	30.4
150	2.96	30.5
200	2.88	30.5
230	2.76	30.4
T rata2		30.5

### Pengukuran Hari Ketiga

#### Pengukuran Jam 09.00

S (m)	DO (mg/L)	T (°c)
0	2.63	29.6
20	2.59	29.8
50	3.3	29.9
80	3.15	29.8
100	3	29.9
150	2.91	29.9
200	2.8	30
230	2.72	30.1
T rata2		29.9

#### Pengukuran Jam 11.00

S (m)	DO (mg/L)	T (°c)
0	2.75	30.7
20	2.68	30.6
50	3.32	31.1
80	3.19	30.8
100	3.06	30.9
150	2.95	31.0
200	2.88	31.1
230	2.8	31.0
T rata2		30.9

Berikut Tabel Rekapitulasi data keseluruhan :

**Tabel IV.4 Rekapitulasi Data Pengujian DO**

Jam/Jarak	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00
0 m	2.59	2.65	2.69	2.72	2.76

	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
20 m	2.56 mg/L	2.62 mg/L	2.66 mg/L	2.68 mg/L	2.72 mg/L
50 m	3.08 mg/L	3.15 mg/L	3.24 mg/L	3.31 mg/L	3.39 mg/L
80 m	2.99 mg/L	3.06 mg/L	3.14 mg/L	3.21 mg/L	3.32 mg/L
100 m	2.89 mg/L	2.99 mg/L	3.13 mg/L	3.2 mg/L	3.28 mg/L
150 m	2.78 mg/L	2.85 mg/L	2.98 mg/L	3.05 mg/L	3.11 mg/L
200 m	2.69 mg/L	2.79 mg/L	2.87 mg/L	2.91 mg/L	3.02 mg/L
230 m	2.63 mg/L	2.72 mg/L	2.77 mg/L	2.85 mg/L	2.92 mg/L

Dari data pengujian lapangan berikut, dicari parameter apa saja yang mempengaruhi perubahan konsentrasi DO sungai. Untuk mendapatkan parameter yang berpengaruh dilakukan pengujian secara statistik dengan menggunakan program SPSS 13. Dengan program tersebut dapat diketahui parameter yang saling berkorelasi satu sama lain sehingga dapat disimpulkan parameter mana yang paling berpengaruh terhadap perubahan konsentrasi DO.

Dalam pengujian kali ini, parameter – parameter yang diujikan adalah :

1. Konsentrasi DO
2. Jarak Pengukuran
3. Waktu Pengukuran
4. Temperatur

Parameter – parameter tersebut kemudian dijadikan input data, dalam pengujian ini terdapat 40 variasi input data yang didapat dari pengujian. Dengan menggunakan analisis bi-variate didapat hasil seperti tabel berikut :

**Tabel IV.5 Bi-Variate Correlations**

		DO	Jarak	Waktu Ukur	Temperatur
DO	<i>Pearson Correlation</i>	1	-.098	.438(**)	.508(**)
	<i>Sig. (1-tailed)</i>		.274	.002	.000

	<i>N</i>	40	40	40	40
Jarak	<i>Pearson Correlation</i>	-.098	1	.000	-.104
	<i>Sig. (1-tailed)</i>	.274		.500	.261
	<i>N</i>	40	40	40	40
Waktu_Ukur	<i>Pearson Correlation</i>	.438(**)	.000	1	.976(**)
	<i>Sig. (1-tailed)</i>	.002	.500		.000
	<i>N</i>	40	40	40	40
Temperatur	<i>Pearson Correlation</i>	.508(**)	-.104	.976(**)	1
	<i>Sig. (1-tailed)</i>	.000	.261	.000	
	<i>N</i>	40	40	40	40

\*\* *Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed)*

Dari hasil pengujian dengan program SPSS 13 ini diketahui bahwa temperatur memiliki pengaruh paling dominan terhadap perubahan konsentrasi DO. Besar pengaruh yang diberikan adalah positif 50,8% dengan tingkat kepercayaan 90%. Sementara itu waktu pengukuran berpengaruh positif 43,8% terhadap perubahan DO dengan tingkat kepercayaan 90%. Sementara jarak pengukuran tidak berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan DO namun memberikan pengaruh negatif terhadap perubahan DO..

Selain berpengaruh terhadap DO, waktu pengukuran sangat dominan mempengaruhi temperatur. Dapat dilihat pada tabel bahwa tingkat korelasi antara temperatur dan waktu pengukuran mencapai 97,6%. Sebagai variabel yang ditentukan, maka waktu pengukuran adalah parameter yang menentukan perubahan konsentrasi DO. Dengan menentukan waktu pengukuran, maka akan mempengaruhi temperatur, sedangkan temperatur akan mempengaruhi perubahan konsentrasi DO.

Waktu pengukuran ditetapkan dengan rentang waktu satu jam. Dengan demikian bila diasumsikan pengambilan sampel pada jam 08.00, maka dari jam 08.00 menuju jam 09.00 terjadi peningkatan suhu. Peningkatan suhu ini berasal dari pemanasan dari sinar matahari. Dengan intensitas penyinaran yang semakin lama, temperatur air sungai akan mengalami peningkatan. Peningkatan ini mempengaruhi konsentrasi DO air sungai. Karena temperatur berpengaruh positif

terhadap konsentrasi DO, maka terjadilah peningkatan konsentrasi DO air sungai. Sehingga konsentrasi DO pada jam 09.00 akan memberikan nilai yang lebih besar dibanding pengukuran pada jam 08.00. Berikut adalah grafik yang menggambarkan konsentrasi DO berdasarkan waktu pengukuran :



#### **Grafik IV.1. Konsentrasi DO Berdasarkan Waktu Pengukuran**

Dapat dilihat pada grafik bagaimana rentang waktu pengukuran mempengaruhi konsentrasi DO. Semakin siang waktu pengukuran, konsentrasi juga semakin meningkat. Sehingga pada akhirnya diperoleh kesimpulan bahwa konsentrasi DO paling rendah pada waktu pengukuran jam 08.00, kemudian diikuti dengan jam 09.00, jam 10.00, jam 11.00, dan paling besar pada jam 12.00. Sementara itu, titik pengukuran juga mempengaruhi besar konsentrasi DO. Pada titik hulu, yakni 0 meter dan 20 meter berada pada kisaran 2,56 – 2,76 mg/L. Konsentrasi ini meningkat secara tajam pada titik kontraksi. Pada titik ini konsentrasi berada pada level di atas 3 mg/L.

Parameter Temperatur disimpulkan sebagai parameter dominan penentu perubahan konsentrasi DO. Oleh karena itu dapat ditentukan hubungan antara

Temperatur dan konsentrasi DO secara regresi. Persamaan tersebut didapat dari data pengujian lapangan. Berdasarkan pengujian lapangan diketahui konsentrasi DO berdasarkan waktu dan jarak pengukuran. Dari data tersebut ditentukan data mana yang memiliki akurasi paling tinggi dilihat dari nilai  $R^2$ -nya.

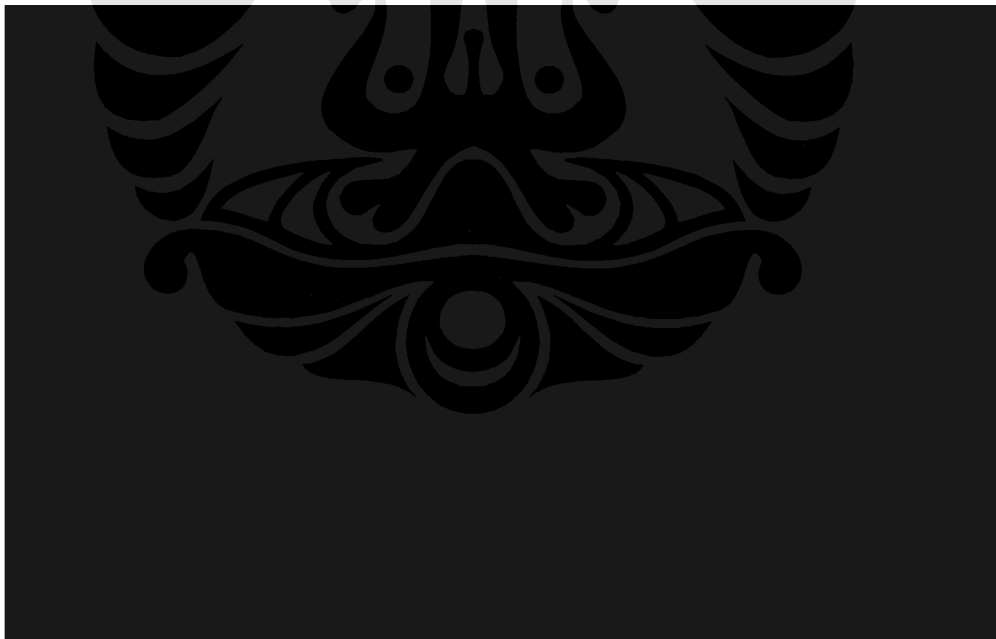
Berikut adalah grafik data pengukuran berdasarkan titik pengujian dan variasi waktu pengukuran :



**Grafik IV.2 Konsentrasi DO pada S = 0 meter**



**Grafik IV.3 Konsentrasi DO pada S = 20 meter**



**Grafik IV.4 Konsentrasi DO pada S = 50 meter**



**Grafik IV.5 Konsentrasi DO pada S = 80 meter**



**Grafik IV.6 Konsentrasi DO pada S = 100 meter**





**Grafik IV.7 Konsentrasi DO pada S = 150 meter**



**Grafik IV.8 Konsentrasi DO pada S = 200 meter**



**Grafik IV.9 Konsentrasi DO pada S = 230 meter**

Berdasarkan grafik – grafik di atas, diketahui bahwa data pada titik pengujian 50 meter dari *base line* memiliki tingkat akurasi paling besar dibanding data lainnya, yakni 99,8%. Sehingga untuk menggambarkan korelasi antara temperatur terhadap konsentrasi DO melalui persamaan akan digunakan data pada titik tersebut.

Dari titik pengujian yang dimaksud ( $S = 50$  meter  $\rightarrow$  titik kontraksi), diketahui data sebagai berikut :

**Tabel IV.6 Data Pengujian DO pada S = 50 meter**

Jam Pengukuran	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00
DO (mg/L)	3.08	3.15	3.24	3.31	3.39
T (°c)	29.1	30	30.5	31	31.5

Berdasarkan data tersebut dibuat grafik dengan ketentuan temperatur sebagai axis dan konsentrasi DO sebagai ordinat. Dengan membuat batasan nilai axis (parameter temperatur) yang berlaku yakni antara  $28^{\circ}\text{C}$  -  $32^{\circ}\text{C}$  maka hubungan antara konsentrasi DO dengan temperatur dapat ditentukan secara

linear. Batasan nilai axis ini disesuaikan dengan temperatur berdasarkan pengukuran. Dari hubungan tersebut didapat persamaan linear sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

Dimana:  $y$  = besar konsentrasi DO (mg/L)

$x$  = besar temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )

$a$  = faktor regresi

$b$  = faktor kesalahan

Berikut adalah grafik yang menyatakan hubungan tersebut :



**Grafik IV.10 Korelasi Temperatur dan Konsentrasi DO**

Berdasarkan grafik diatas, maka didapat persamaan linear yang menyatakan pengaruh temperatur terhadap perubahan konsentrasi DO di suatu titik yang mengalami kontraksi penampang adalah :

$$y = 0,131x + 0,773$$

Dengan demikian, apabila diketahui temperatur di titik kontraksi sebagai  $x$  °C dengan range temperatur adalah 28 - 32°C, maka dengan memasukan nilai  $x$  ke dalam persamaan, akan didapat konsentrasi DO sebagai  $y$  mg/L.

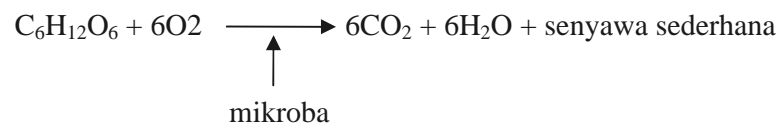
Selain pembatasan pada temperature, persamaan ini tidak berlaku di sepanjang segmen yang menyempit. Berdasarkan prinsip *Parshall Flume*, kontraksi yang terjadi secara tiba-tiba dengan titik kontraksi yang jauh lebih kecil dibanding keseluruhan panjang segmen yang menyempit. Dengan demikian, persamaan ini hanya akan berlaku untuk terbatas hanya sepanjang peralihan antara hulu segmen dengan segmen yang menyempit.

Adanya peningkatan konsentrasi ini telah membuktikan hipotesa yang menyebutkan bahwa konsentrasi DO akan meningkat akibat adanya perubahan dimensi penampang. Dengan parameter yang mempengaruhi antara lain perubahan kecepatan, *turbidity*, dan temperatur sebagai parameter fisik. Sementara itu, pada titik setelah titik kontraksi, kecepatan mulai mendekati konstan, sehingga terjadi penurunan konsentrasi DO. Pada akhirnya, saat aliran memasuki titik hilir dimana terjadi fenomena *enlargement*, konsentrasi DO menurun seiring dengan penurunan kecepatan. Kendati menurun, namun berdasarkan pengujian di lapangan, konsentrasi DO di titik hilir masih lebih tinggi dibanding titik hulu, yakni berada pada kisaran 2,63 – 2,92 mg/L. Berikut adalah grafik yang menunjukkan perubahan konsentrasi DO akibat variasi jarak di lokasi pengujian :



**Grafik IV.11 Konsentrasi DO Berdasarkan Jarak Pengukuran**

Dengan demikian, maka secara umum telah terjadi perbaikan kualitas air dimana tingkat kesegaran air di daerah hilir segmen kontraksi meningkat dibanding kesegaran air di daerah hulu segmen kontraksi. Kendati *range* tingkat kesegaran airnya masih berada pada kualifikasi pencemaran air yang sama (DO = 2 – 4 mg/L → tercemar sedang), namun peningkatan konsentrasi DO ini cukup berpengaruh sebagai suplai oksigen yang digunakan oleh badan air dalam melakukan *self purification*. Dengan adanya peningkatan oksigen yang terlarut dalam air, semakin banyak senyawa kompleks yang terkandung dalam air yang berinteraksi membentuk koloid dan pada akhirnya menurunkan tingkat pencemaran. Salah satu interaksi yang terjadi misalnya :



Pada interkasi antara senyawa kompleks dan oksigen akan menghasilkan karbon dioksida, molekul air, dan senyawa sederhana. Namun *self purification* yang terjadi hanya mampu mengubah senyawa yang bersifat organik. Hal ini terjadi karena dalam interkasi ini, mikroba menjadi pengurai senyawa kompleks. Mikroba hanya mampu menguraikan senyawa yang bersifat organik dan berada pada kondisi aerob. Sementara senyawa anorganik akan saling berikatan secara kimiawi. Hasil dari interaksi senyawa organik dengan oksigen berupa senyawa sederhana yang terkandung dalam aliran air. Kandungan senyawa sederhana ini tidak dapat diuraikan lebih lanjut, namun untuk mengetahui konsentrasi senyawa sederhana pada aliran air sungai dapat diketahui melalui pengujian *Total Suspended Solid* (TSS).

#### **IV. 3 Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) Air Sungai**

Parameter kualitas air kedua yang diteliti pada penelitian ini adalah *Total Suspended Solid* (TSS) atau kandungan padatan tersuspensi dalam air sungai. Pengujian terhadap TSS dilakukan karena TSS dipengaruhi oleh perubahan dimensi penampang dan juga dipengaruhi oleh konsentrasi DO dari aliran air sungai yang diteliti.

Pengaruh perubahan dimensi penampang pada penelitian ini akibat adanya kontraksi penampang di bagian S.Sugutamu. Dimensi penampang hulu yang lebih lebar kemudian mengalami kontraksi menjadi 75% dari lebarnya dan berakhir dengan dimensi yang sama akan berakibat pada berubahnya struktur hidrolika penampang. Telah diketahui di atas bahwa perubahan dimensi penampang berakibat pada meningkatnya kecepatan di titik kontraksi. Perubahan kecepatan diikuti oleh semakin turbulennya aliran. Turbulensi aliran berindikasi pada meningkatnya *turbidity* air sungai. *Turbidity* inilah yang merepresentasikan adanya perubahan TSS di lokasi tersebut. Berdasarkan teori, semakin keruh air sungai, maka konsentrasi TSS dalam air tersebut juga semakin besar. Sedangkan semakin jernih air sungai, maka konsentrasi TSS juga semakin sedikit. Kandungan dalam TSS diantaranya padatan yang berasal dari beban pencemar, gerusan material pembentuk sungai, ataupun senyawa sederhana hasil interaksi dalam *self purification*.

Pengujian TSS pada S.Sugutamu di Perumahan Lembah Griya Depok menunjukkan hasil sebagai berikut :

**Tabel IV.7 Rekapitulasi Data Pengujian TSS**

Hari Lokasi	TSS hari Pertama	TSS hari Kedua	TSS hari Ketiga	TSS hari Keempat	TSS Rata- rata
Hulu x = 0 m	497 mg/L	512 mg/L	503 mg/L	515 mg/L	506.75 mg/L
Segmen x = 50 m	609 mg/L	622 mg/L	618 mg/L	633 mg/L	620.5 mg/L
Hilir x = 230m	435 mg/L	425 mg/L	467 mg/L	438 mg/L	441.25 mg/L

Berdasarkan pengujian, pada titik hulu konsentrasi TSS rata – rata sebesar 506,75 mg/L. Konsentrasi ini berasal dari aliran pada titik yang lebih hulu dari lokasi tersebut dan diakumulasikan dengan beban pencemar yang berasal dari buangan rumah tangga. Pada titik hulu pengujian, saluran berbatasan langsung dengan rumah warga. Buangan limbah cair dari rumah tangga ini dialirkan langsung ke badan sungai. Karakteristik limbah yang dihasilkan cenderung lebih kental dibanding viskositas air sungai. Viskositas limbah cair ini dipengaruhi oleh padatan yang terkandung di dalamnya. Oleh karenanya, saat limbah cair dialirkan ke sungai dan bercampur dengan aliran air sungai, padatan yang terkandung dalam air akan terakumulasi menjadi lebih besar dari sebelumnya.

Pada penelitian ini, kasus yang terjadi adalah aliran menemui titik yang mengalami kontraksi penampang sehingga memiliki kecepatan yang lebih cepat dibanding hulunya. Peningkatan kecepatan yang terjadi dari 0,48 m/s menjadi 0,58 m/s. Kecepatan di titik kontraksi mendekati 0,6 m/s dimana pada kecepatan tersebut, aliran air mampu membawa partikel diskrit sehingga terjadi peningkatan konsentrasi TSS. Terlebih lagi saluran ini terbentuk dengan material di dasar saluran adalah tanah asli dan di sisi saluran adalah batu kali. Oleh karenanya peningkatan TSS di titik kontraksi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni :

1. Akumulasi TSS dari daerah hulu belum berubah menjadi sedimen karena jarak pengukuran hanya 50 meter.

2. Terjadi gerusan material pembentuk badan sungai di titik kontraksi akibat peningkatan kecepatan.
3. Terjadi interaksi senyawa kompleks akibat peningkatan konsentrasi oksigen terlarut di titik kontraksi. Peningkatan oksigen terlarut ini dibuktikan berdasarkan pengukuran konsentrasi DO yang telah dilakukan sebelumnya. Dengan tersedianya oksigen yang lebih banyak maka senyawa kompleks yang berinteraksi juga lebih banyak. Akibatnya akan terbentuk koloid berupa padatan dalam air dan menambah konsentrasi TSS pada aliran tersebut.

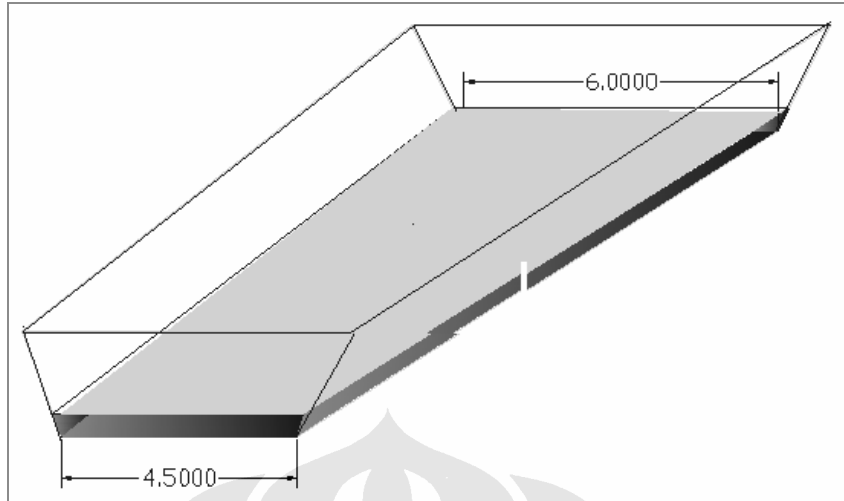
Peningkatan konsentrasi TSS di titik kontraksi berdasarkan pengujian ditunjukkan dengan berubahnya konsentrasi TSS rata – rata menjadi 620,5 mg/L dibanding konsentrasi awal rata – rata 506,75 mg/L.

TSS yang terkandung dalam aliran air sungai kemudian mengalir seiring dengan aliran airnya menuju hilir. Berdasarkan data pengujian, pada titik hilir terjadi penurunan konsentrasi TSS rata – rata menjadi 441,25 mg/L. Konsentrasi ini lebih kecil dibanding titik kontraksi maupun titik hulu. Dibanding hulu terjadi penurunan konsentrasi hingga 65,5 mg/L, sementara dibanding titik kontraksi terjadi penurunan konsentrasi hingga 179,25 mg/L.

Penurunan konsentrasi TSS di titik hilir disebabkan terutama oleh menurunnya kecepatan dibanding titik kontraksi dari 0,58 m/s menjadi 0,49 m/s. Bila dibandingkan dengan kemampuan aliran mengangkut partikel diskrit yakni pada  $v = 0,6$  m/s, maka dengan kecepatan hanya 0,49 m/s padatan dalam ukuran diskrit cenderung untuk mengendap dibanding terangkut aliran. Oleh karenanya pada titik hilir, laju sedimentasi akan lebih besar dibanding titik lain di sepanjang lokasi pengujian.

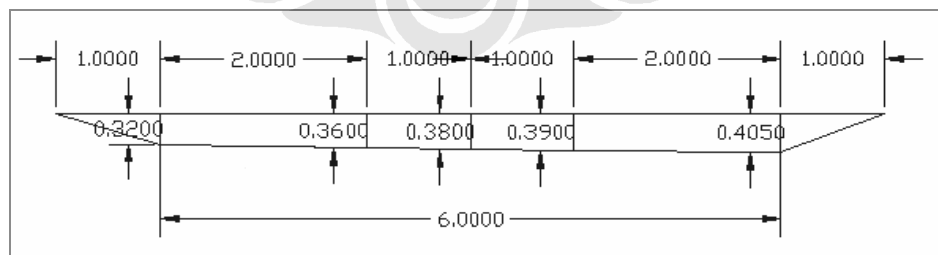
Selain itu, akibat adanya fenomena *enlargement* yang terjadi di titik akhir kontraksi dan menjadi titik awal hilir segmen terjadi penyebaran aliran dari lokasi yang lebih sempit ke lokasi yang lebih lebar.





**Gb. IV.1 Penampang yang Mengalami *Enlargement***

Pada aliran yang demikian, air dari lokasi yang lebih sempit menyesuaikan diri dengan kondisi *enlargement* tersebut. Aliran yang berada di tengah menyebar ke samping dan aliran yang bergesekan dengan dinding penampang juga melebar mengikuti bentuk penampang di depannya. Karena kecepatan menurun, kemampuan mengangkut partikel juga menurun. Akibat kontur lokasi yang menurun ke arah kanan, maka kecepatan air di sebelah kanan cenderung lebih cepat dibanding sebelah kiri. Pengaruh dari kondisi geografis dan hidrolis yang demikian mengakibatkan pada titik *enlargement* terjadi sedimentasi ke arah kiri bidang penampang sungai. Berikut data pengujian lapangan tinggi muka air di titik *enlargement*.



**Gb. IV.2 Potongan Melintang & Tinggi Muka Air Titik *Enlargement***

Melalui gambar dapat dilihat bahwa tinggi muka air berbeda untuk tiap titik pengukuran. Semakin ke kanan, kedalaman air semakin besar diukur dari

permukaan. Melalui pengujian dibuktikan bahwa laju sedimentasi yang terjadi pada titik ini lebih besar dibanding titik – titik lainnya sepanjang lokasi pengujian. Kondisi di lapangan bahkan menunjukkan pada sisi kiri badan sungai terdapat akumulasi sedimen seperti pada gambar berikut :



**Gb. IV.3 Sedimentasi di Hilir Segmen**

Pengaruh dari kondisi tersebut bagi sungai berakibat pada menurunnya konsentrasi TSS dalam aliran. Apabila kecepatan di lokasi lebih hilir dari titik *enlargement* ini lebih kecil dibanding titik hilir pengujian, maka konsentrasi TSS akan semakin kecil dan laju sedimentasi akan lebih besar. Sedimen yang terendapkan akan mengurangi kekeruhan air. Karenanya kekeruhan akan menurun sehingga air yang mengalir dapat lebih jernih. Pada air yang lebih jernih, kemungkinan memiliki kualitas yang lebih baik dibanding daerah hulu yang memiliki kekeruhan lebih tinggi. Perbaikan kualitas ini dapat dilihat pada parameter biologis dan kimiawi dari air sungai. Namun penelitian ini belum mengarah pada pengujian tersebut sehingga perbaikan kualitas air di hilir segmen baru bisa dilihat pada menurunnya konsentrasi TSS di hilir akibat meningkatnya laju endapan.