

## KESAN ANGIN TERHADAP KANDUNGAN OKSIGEN DI DALAM KOLAM YANG TERCEMAR MENGGUNAKAN PERISIAN EFDC EXPLORER.

Nor Maizan Abu Bakar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Ungku Omar  
[maizam@puo.edu.my](mailto:maizam@puo.edu.my)  
[maizan81@gmail.com](mailto:maizan81@gmail.com)

### ABSTRACT

Kajian ini dijalankan untuk menganalisis kesan angin terhadap kandungan oksigen terlarut di dalam kolam yang tercemar menggunakan kadar pengudaraan semula ( $k_2$ ) yang berbeza-beza. Kajian ini juga dibuat untuk menganalisis hubungan antara kedalaman kolam dan oksigen terlarut apabila tiada kesan angin dan dengan kesan angin. Kawasan kajian adalah kolam takungan Nanyang, Wahyu dan Delima yang terletak di Selayang, Selangor. Melalui pemerhatian fizikal, didapati bahawa ketiga-tiga kolam ini tercemar. Ini dapat dilihat dari keadaan air kolam (warna hijau gelap), sampah sarap terapung di permukaan dan bau busuk. Angin adalah salah satu faktor yang penting dalam mempengaruhi tahap campuran oksigen di dalam air. Penyebaran oksigen dari atmosfera ke dalam air yang berlaku secara langsung pada keadaan air tenang (bertakung) atau dengan pergolakan air yang disebabkan oleh angin. Pada keadaan air tenang resapan oksigen berlaku apabila tekanan udara yang lebih tinggi daripada tekanan air di permukaan. Tetapi dengan kehadiran angin, pergolakan berlaku di permukaan dan ini akan menyebabkan penyebaran oksigen ke dalam air akan berlaku lebih cepat. Perisian EFDC telah digunakan untuk memodelkan kolam Nanyang, Wahyu dan Delima bagi proses simulasi hidrodinamik dan proses simulasi kualiti air. Terdapat dua parameter utama yang telah dianalisis iaitu oksigen terlarut dan kesan angin. Hasil daripada simulasi yang dijalankan profil taburan oksigen di permukaan dan graf kedalaman melawan kandungan oksigen diplot untuk menunjukkan trend. Analisis menunjukkan kehadiran angin dapat membantu meningkatkan proses pengudaraan sekaligus membantu meningkatkan tahap kandungan oksigen terlarut.

**Keywords:** oksigen terlarut, perisian EFDC, pengudaraan, kualiti air, kesan angin

## 1. Pengenalan

Dalam dinamik bendalir, gelombang angin yang dihasilkan adalah gelombang permukaan yang berlaku pada permukaan bebas lautan, laut, tasik, sungai, dan terusan atau di lopak kecil dan kolam. Ianya biasanya disebabkan oleh angin bertiup atas hamparan yang cukup luas diatas permukaan cecair. Oksigen terlarut adalah gas oksigen yang larut dalam air. Jumlah oksigen terlarut (DO) yang terdapat di dalam air boleh berubah-ubah disebabkan oleh beberapa faktor seperti suhu air, tahap pencemaran dan sama ada kadar aliran air adalah lambat atau cepat (Kumar, 2003). Oksigen terlarut semula jadi memasuki air dari atmosfera dan akan terus memasuki air sehingga ia menjadi tepu. Apabila tumbuhan akuatik dan alga yang terdedah kepada cahaya matahari mereka menghasilkan oksigen sebagai produk sisa fotosintesis. (Kassim et. al, 1994)

Struktur seperti sungai, air terjun dan jeram akan memberi kesan oksigen terlarut yang berbeza (Zhen, 2008). Kawasan seperti ini airnya sentiasa bergolak yang menyebabkan oksigen lebih banyak diserap ke dalam air. Selain daripada itu, pergolakan di permukaan badan air yang disebabkan oleh angin cenderung untuk meningkatkan tahap oksigen terlarut. Pengudaraan buatan seperti meletakkan batu gelembung di dalam akuarium akan membantu meningkatkan tahap kandungan oksigen terlarut secara mendadak (CWNE,2011).

Kolam Nanyang, Wahyu, dan Delima adalah kolam buatan manusia yang di bina sebagai kawasan tadahan. Kolam tadahan ini terletak di Selayang dalam daerah Gombak, Selangor. Ketiga tiga kolam ini dikelilingi dengan kawasan penempatan dan kawasan perindustrian. Keluasannya ialah 68.120 hektar. Kawasan ini diliputi oleh rumput dan diletakkan geotextiles untuk perlindungan cerun. Air di dalam kolam ini tercemar berpunca daripada pelbagai sumber yang berbeza-beza termasuk pembinaan, perindustrian dan kilang, sampah sarap, air sisa dari tapak pelupusan serta kawasan perumahan. Kebanyakan sumber pencemar ini dirawat dan mengalir terus ke dalam kolam dengan kualiti air di kelas 4/5.

Ketiga tiga kawasan ini menghadapi masalah air kolam yang tercemar. Ini Dapat dilihat daripada warna air yang kelihatan hijau kegelapan, sampah sarap yang terapung di permukaan kolam, buih yang terhasil di permukaan kolam, rumput rampai dan semak samuk di permukaan kolam dan bau busuk. Kadaan air berwarna hijau gelap, ini menunjukkan bahawa air adalah tercemar.

Berdasarkan kajian yang lepas, angin turut menyumbang kepada punca pencemaran air didalam ketiga-tiga kolam ini. Ketidakhadiran angin menyebabkan peredaran dan pengudaran air didalam kolam menjadi tidak sempurna. Ini mengakibatkan nilai oksigen terlarut didalam kolam akan semakin menurun dan kualiti air akan menjadi semakin tercemar.

Salah satu cara untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut ialah percampuran. Angin akan bertindak sebagai daya yang menjana pergerakan permukaan air (percampuran). Fungsi percampuran adalah untuk meminimumkan litar pintas hidraulik dan pembentukan kawasan genang serta memastikan BOD, alga dan oksigen mempunyai agihan tegak. Percampuran juga berfungsi untuk menghantar oksigen sehingga kelapisan bawah kolam. Angin juga akan mewujudkan berlakunya keadaan aerobik.

Kajian ini dijalankan dengan melakukan data analisis bagi parameter kualiti air yang dipilih serta angin untuk mencapai beberapa objektif. Objektif didalam kajian ini ialah:

- i. Mengkaji kesan angin terhadap taburan oksigen pada permukaan kolam dengan menggunakan perisian EFDC.
- ii. Mengkaji hubungan antara kesan angin dan kedalaman kolam terhadap peredaran oksigen secara menegak didalam kolam berdasarkan bilangan hari menggunakan perisian EFDC.

## **2. Metodologi**

Secara umumnya, terdapat dua tujuan utama dalam proses simulasi model ini. Kedua dua tujuan ini mengfokuskan kepada hubungan anatara angin dan taburan oksigen di permukaan air serta di dalam air. Terdapat banyak pendekatan yang perlu diambil bagi mencapai objektif kajian ini. Selain daripada kajian literatur, pemantauan di tapak kajian, penggunaan perisian EFDC adalah penting untuk mendapatkan keputusan analisis yang lebih tepat.

### **2.2. Pemerhatian terhadap tahap pencemaran air di kolam iaitu pengamatan secara fizikal.**

Daripada pemerhatian di dapati pada kolam Nanyang, airnya berwarna hijau kegelapan sehingga air tadi mengalir masuk ke kolam Wahyu tiada perubahan warna yang berlaku. Tetapi warna air didapati sedikit berubah kepada warna hijau yang sedikit cerah, ketika di kolam Delima sehinggalah keluar dari kolam Delima. Keadaan permukaan kolam Nanyang adalah yang paling teruk. Sampah sarap terapung dipermukaan kolam dan ditumbuhi dengan semak samun. Selain daripada itu, kawasan kolam ini juga berbau busuk.

### **2.3. Mengumpul data dan maklumat berkaitan kajian.**

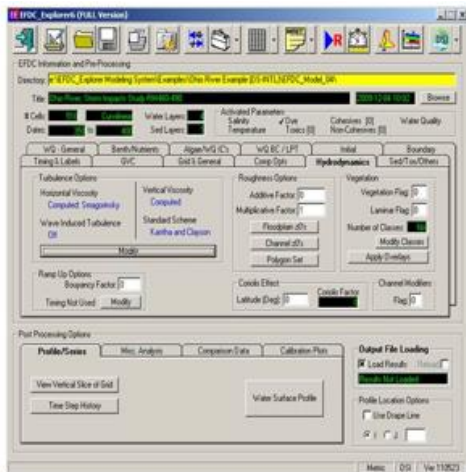
Pengumpulan data dijalankan dua kali iaitu pada bulan Januari dan bulan April 2011. Data bagi kualiti air samaada untuk permukaan ataupun berdasarkan kedalam bagi beberapa stesen pensampelan dilakukan oleh Universiti Teknologi Mara dan Universiti Teknologi Malaysia. Sampel air diambil dan diuji di makmal untuk menentukan kualiti air. Semua parameter untuk mengukur kualiti air diperlukan dalam kajian ini iaitu data DO, BOD, COD, TSS, PH, NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub> dan juga suhu.

Data yang paling penting adalah data angin. Data angin adalah data yang utama di dalam mensimulasikan model hidrodinamik ini. Secara umum pengaruh angin kepada halaju aliran adalah besar. Kesan angin bukan sahaja boleh menyebabkan aliran semasa, tetapi juga menjana gelombang permukaan dengan ketinggian gelombang sehingga beberapa meter. Data angin yang diambil adalah sepanjang bulan April 2011 yang diperolehi daripada Jabatan Alam sekitar

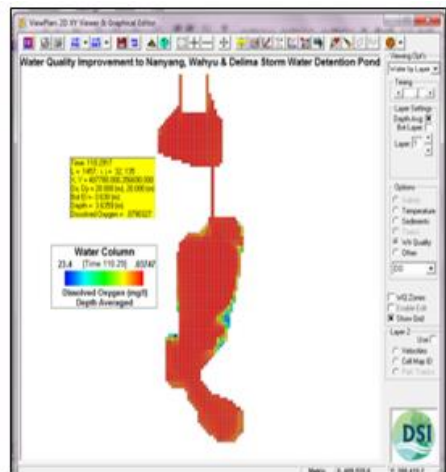
### **2.4. Menggunakan perisian EFDC**

Kesemua data akan dianalisa untuk menghasilkan segala keputusan yang dikehendaki. Perisian EFDC adalah perisian komputer yang dibangunkan untuk pemprosesan *Environmental Fluid Dynamic Code (EFDC)*. Program ini dibangunkan oleh satu syarikat kejuruteraan iaitu *Dynamic Solutions-International (DS-Intl)*. EFDC pada asalnya dibangunkan di Institut Sains Marin Virginia (Hamrick, 1996). Ia adalah perisian sumber terbuka dan digunakan secara meluas. Antara fungsi pengguna EFDC ialah untuk mengkaji pergerakan endapan, pergerakan toksik, kualiti permodelan air, Kesan gelombang serta angin dan pengesanan larian zarah.

EFDC telah dikemaskini, dengan memasukkan modul mengenai pergerakan angin, kesan gelombang, ketinggian ombak dan arah angin. Perisian EFDC ini mempunyai beberapa pilihan untuk menjana kesan gelombang dengan mudah menggunakan *Windwave Generation Interface*. Untuk kajian ini, EFDC akan digunakan untuk mengkaji kesan gelombang dan angin sahaja. Semua data data yang diperlukan untuk menjana perisian ini akan didapatkan. Rajah 1 menunjukkan paparan utama perisian EFDC. Rajah 2 menunjukkan contoh pelan yang akan terhasil. Jenis pelan yang akan terhasil bergantung kepada data-data yang dimasukkan dan parameter yang dipilih oleh pengguna.



Rajah 1. Paparan utama perisian EFDC



Rajah 2. Contoh paparan pelan yang dihasilkan.

### 3. Keputusan

#### 3.1. Kesan angin terhadap taburan oksigen pada permukaan kolam dengan menggunakan perisian EFDC.

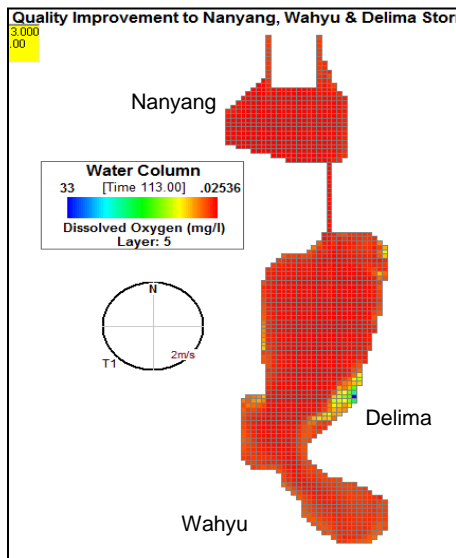
##### 3.1.1. Profil taburan oksigen terlarut di permukaan.

Beberapa simulasi kualiti air dijalankan untuk melihat kesan angin terhadap taburan oksigen pada permukaan dan secara menegak. Simulasi dilakukan dengan menggunakan nilai kadar pengudaraan semula ( $k_2$ ) yang berbeza-beza seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1.

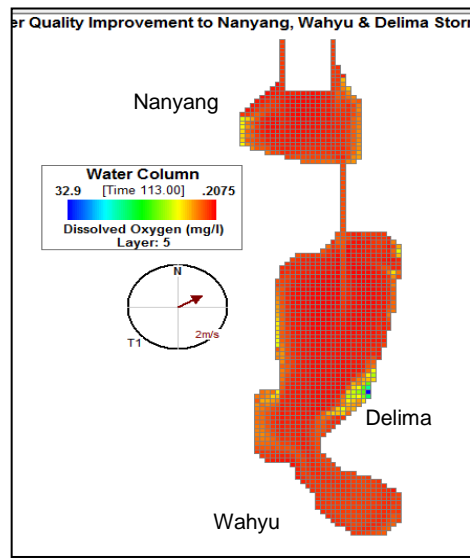
Jadual 1. Kadar pengudaraan semula ( $k_2$ )

No simulasi	Kadar pengudaraan semula ( $k_2$ /hari)	Kesan angin
1	0.2	Tidak
2	0.2	Ya
3	1.0	Tidak
4	1.0	Ya
5	2.0	Tidak
6	2.0	Ya

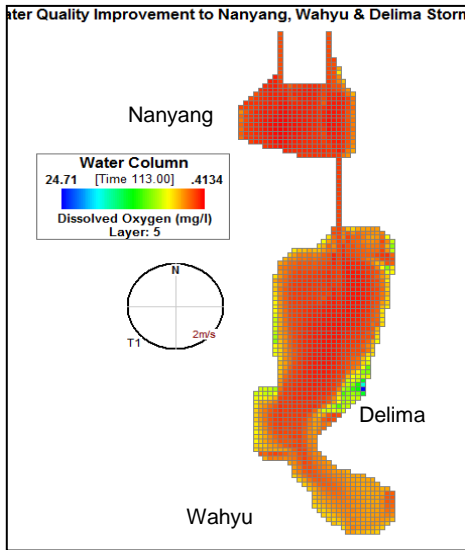
Analisis dijalankan untuk ketiga tiga kolam dengan menggunakan kesemua data yang telah dikumpulkan. Analisis dibuat hanya untuk 7 hari, iaitu bermula pada hari ke 107 sehingga ke hari 113. Perubahan taburan oksigen akan dilihat berdasarkan perubahan warna pada gambarajah. Warna biru menunjukkan konsentrasi taburan oksigen yang tinggi manakala warna merah menunjukkan taburan oksigen yang rendah. Rajah 3 hingga rajah 8 menunjukkan hasil simulasi untuk hari yang ke 113.



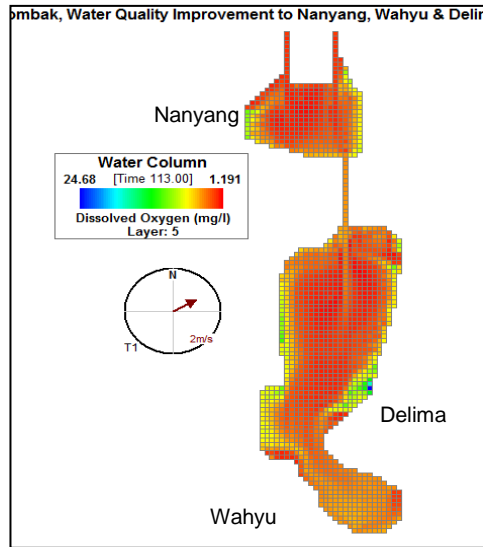
Rajah 3. Taburan Oksigen Terlarut tanpa kesan angin dan  $k_2 = 0.2$ /hari.



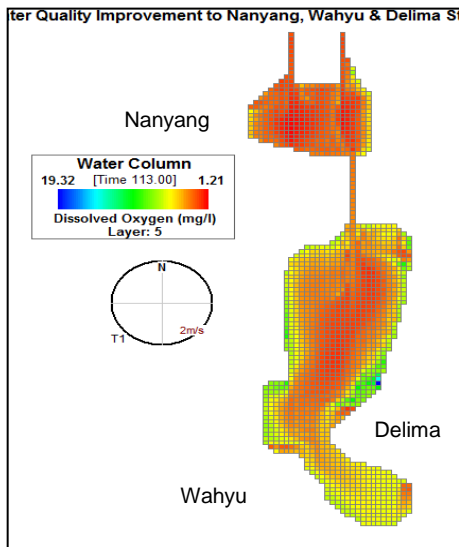
Rajah 4. Taburan Oksigen Terlarut dengan kesan angin dan  $k_2 = 0.2$ /hari.



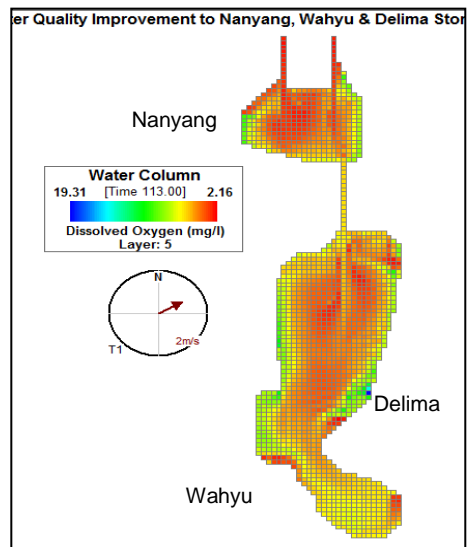
Rajah 5. Taburan Oksigen Terlarut tanpa kesan angin dan  $k_2= 1.0/\text{hari}$ .



Rajah 6. Taburan Oksigen Terlarut dengan kesan angin dan  $k_2= 1.0/\text{hari}$ .



Rajah 7. Taburan Oksigen Terlarut tanpa kesan angin dan  $k_2= 2.0/\text{hari}$ .



Rajah 8. Taburan Oksigen Terlarut dengan kesan angin dan  $k_2= 2.0/\text{hari}$ .

### 3.1.2. Analisis Taburan Oksigen Terlarut.

Masalah kualiti air bagi ketiga-tiga kolam ini sangat serius dan memerlukan satu tindakan segera untuk proses pemulihan. Untuk mendapatkan keputusan analisis kesan angin dan kadar pengudaraan, simulasi model dijalankan. Angin diperlukan untuk mewujudkan pengagulan di dalam air dan perubahan suhu.

Rajah 3 dan Rajah 4 menunjukkan taburan oksigen pada permukaan kolam tanpa kehadiran angin dan dengan kehadiran angin dengan menggunakan kadar pengudaraan semula,  $k_2=0.2/\text{hari}$  seperti yang ditunjukkan pada rajah 3. Dengan adanya kehadiran angin terdapat peningkatan kandungan taburan oksigen pada kolam Nanyang tapi hanya dikawasan yang cetek sahaja iaitu disekitar tepi kolam. Ini menunjukkan kesan angin mempunyai pengaruh yang tinggi pada kawasan yang cetek dan ianya membantu meningkatkan proses pengudaraan bagi kolam tersebut. Bagi kolam Wahyu Dan Delima, dari segi taburan oksigen terlarut, dapat dilihat tiada sebarang perubahan tetapi dari segi nilai kandungan oksigen sebenarnya terdapat peningkatan. Tanpa kehadiran angin nilai minimum oksigen terlarut ialah 0.025 mg/l tetapi dengan kehadiran angin nilai minimum meningkat kepada 0.2 mg/l.

Rajah 5. dan Rajah 6 menunjukkan hasil simulasi taburan oksigen pada hari ke 113 dengan menggunakan nilai  $k_2=1.0/\text{hari}$ . Dengan kehadiran kesan angin didapati taburan oksigen bertambah terutama sekali pada kolam Nanyang tetapi hanya pada sekitar tepi kolam sahaja (kawasan cetek). Bagi kolam Wahyu dan Delima juga berlaku peningkatan taburan oksigen dan taburan mula memasuki ke kawasan tengah kolam (kawasan dalam) Apabila adanya kesan angin, kandungan minimum oksigen terlarut juga meningkat iaitu 0.4 mg/l tanpa kehadiran angin kepada 1.2 mg/l dengan kehadiran angin. Ini membuktikan bahawa dengan nilai  $k_2$  yang lebih besar dan dengan kehadiran angina, akan menyebabkan peredaran udara dan proses penganginan air dalam kolam menjadi lebih baik.

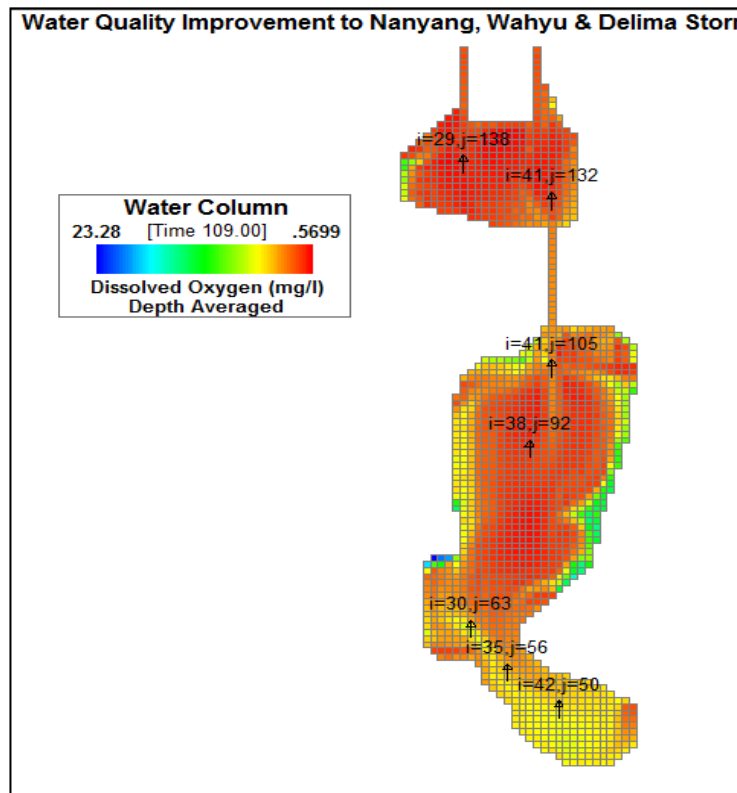
Rajah 7 dan Rajah 8 menunjukkan taburan oksigen tanpa kesan angin dan adanya kesan angin menggunakan nilai  $k_2$  yang lebih besar iaitu  $k_2 = 2.0/ \text{hari}$ . Didapati dengan kehadiran angin dan nilai  $k_2$  yang lebih besar perubahan lebih ketara berlaku pada ketiga tiga kolam. Perubahan yang paling ketara berlaku pada kolam Nanyang yang mana taburan kawasan berwarna hijau meningkat dengan banyak berbanding dengan kehadiran angin menggunakan  $k_2 = 0.2/\text{hari}$  dan  $k_2=1.0/\text{hari}$ . Apabila menggunakan nilai  $k_2$  yang lebih besar nilai minimum oksigen terlarut juga meningkat dengan ketara iaitu 1.21mg/l tanpa kehadiran angin kepada 2.16mg/l dengan kesan angin. Ini menunjukkan tahap peningkatan proses pengudaraan dan penanginan air di dalam sesuatu kawasan tidak di pengaruhi oleh kesan angin semata mata tetapi di pengaruhi juga oleh nilai pengudaraan semula,  $k_2$ .

## 3.2. Hubungan antara kesan angin dan kedalaman kolam terhadap peredaran oksigen secara menegak didalam kolam berdasarkan bilangan hari menggunakan perisian EFDC.

### 3.2.1. Profil kesan angin terhadap hubungan antara oksigen terlarut dan kedalaman kolam.

Analisis dilakukan untuk mengkaji tahap oksigen terlarut tanpa kehadiran angin dan dengan kehadiran angin berdasarkan kedalaman .Hasil simulasi yang ditunjukkan adalah hasil pada hari ke 107, 109, 111 dan 113 dengan menggunakan nilai  $k_2=2.0/\text{hari}$ . Kadar oksigen terlarut dilihat pada tujuh lokasi iaitu dua di kolam Nanyang, tiga di kolam Wahyu dan dua di kolam Delima seperti yang ditunjukkan pada Rajah 9.

Hasil simulasi yang diperolehi ditunjukkan dalam bentuk graf yang di susun kedalam Jadual 2 sehingga ke Jadual 5.



Rajah 9. Lokasi analisis.

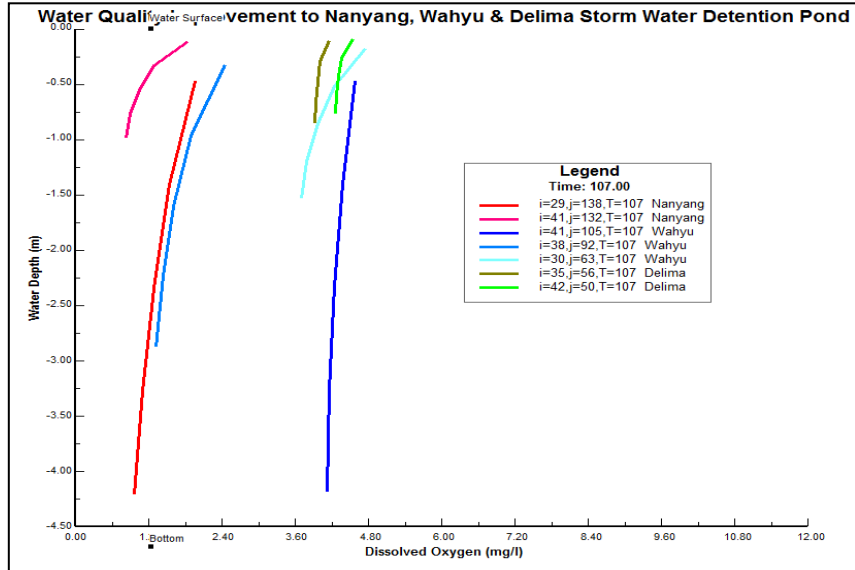


Jadual 2. Graf kedalaman kolam melawan Kandungan Oksigen hari ke 107

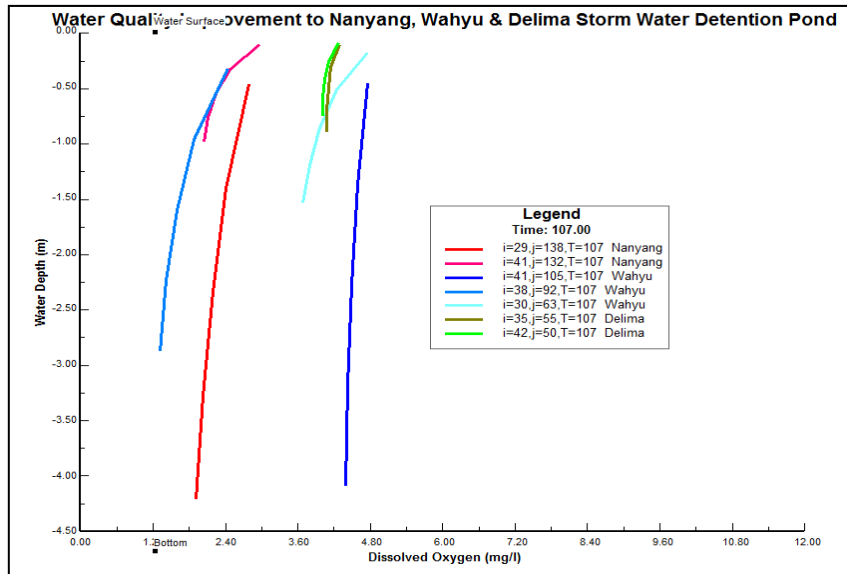
HARI

107

Tiada  
kesan  
angin



Dengan  
kesan  
angin

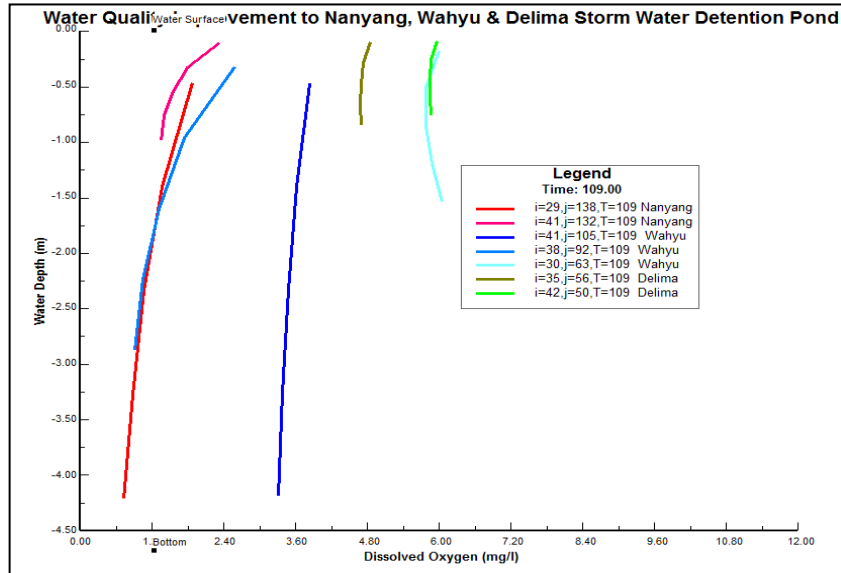


Jadual 3. Graf kedalaman kolam melawan kandungan Oksigen Terlaru hari ke 109

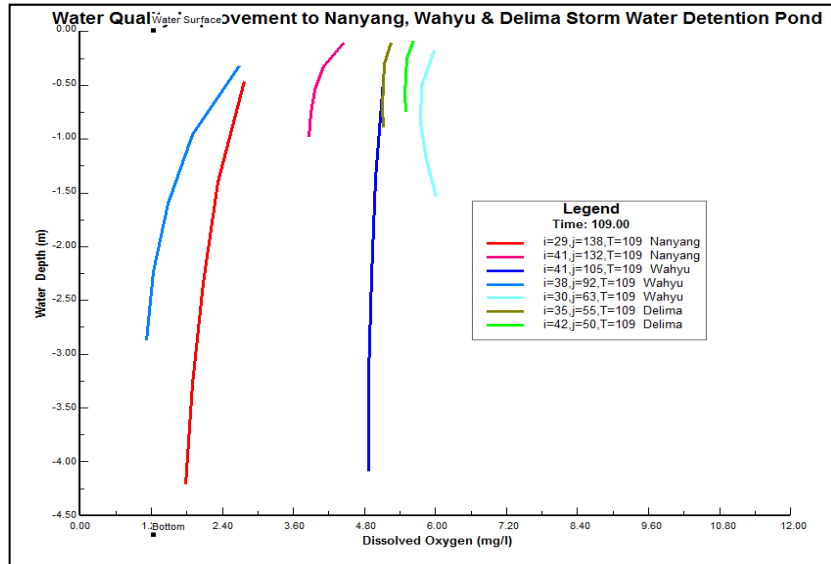
Hari

109

Tiada kesan angin



Dengan kesan angin

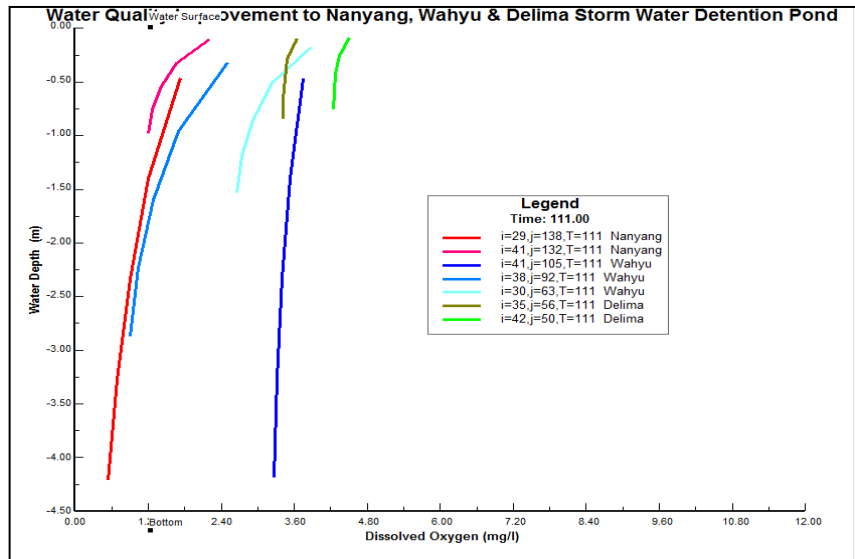


Jadual 4. Graf kedalaman kolam melawan kandungan Oksigen Terlarut hari ke 111

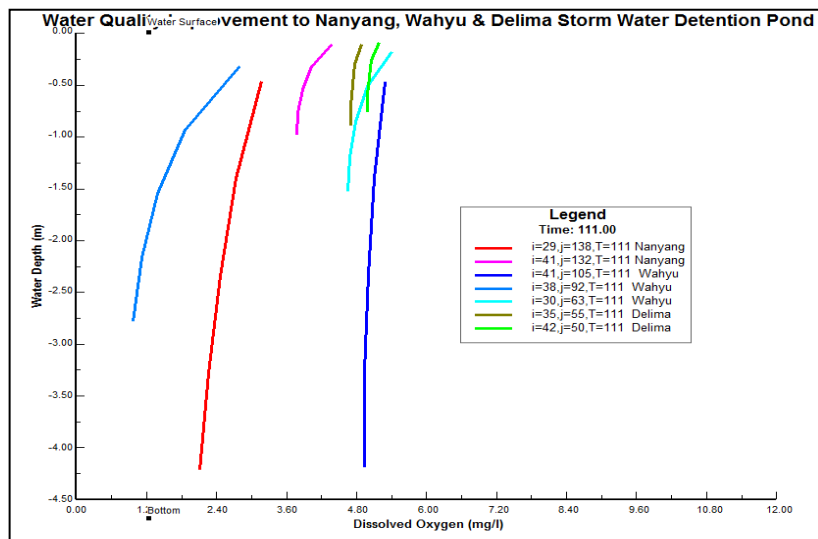
Hari

111

Tiada kesan angin



Dengan kesan angin

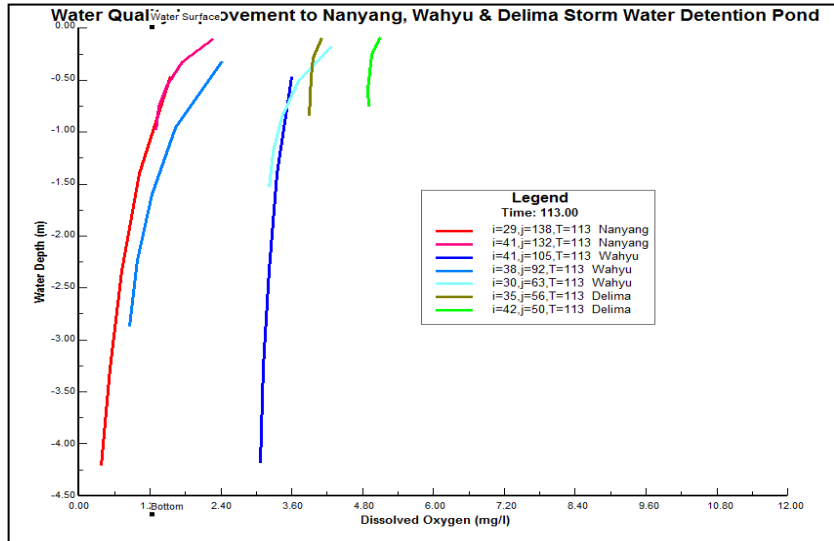


Jadual 5. Graf kedalaman kolam melawan kandungan Oksigen Terlarut hari ke 113

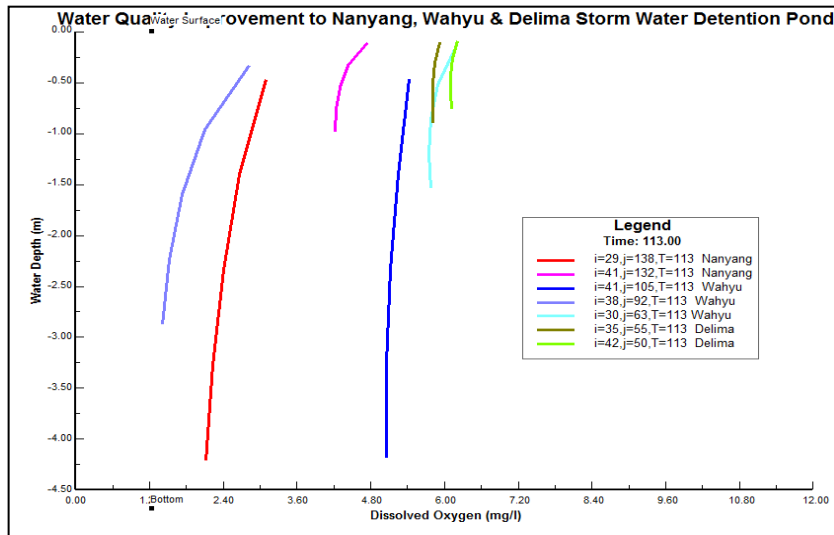
Hari

113

Tiada  
kesan  
angin



Dengan  
kesan  
angin



### **3.2.2. Analisis kesan angin terhadap hubungan antara oksigen terlarut dan kedalaman kolam.**

Hasil daripada analisis didapati, oksigen terlarut terhadap kedalaman kolam tidak banyak berubah dari permukaan kedasar kolam samaada dengan kehadiran angin ataupun tanpa kehadiran angin. Ini boleh dilihat pada bentuk graf yang kebanyakannya begaris lurus dari atas ke bawah. Ini menunjukkan faktor kedalaman tidak memberi kesan kepada tahap oksigen terlarut didalam air.

Walaubagaimanapun, sebernarnya kandungan oksigen terlarut bertambah pada setiap hari tetapi dengan kadar perubahan yang sedikit tanpa kehadiran angin untuk ketiga tiga kolam. Ini mungkin disebabkan adanya cahaya matahari. Dengan adanya kesan angin, tahap peningkatan kandungan oksigen terlarut meningkat secara mendadak pada setiap hari. Ini menunjukkan bahawa kehadiran angin banyak membantu meningkatkan proses pengudaraan dan pencampuran di dalam kolam dan kedalaman tidak mempengaruhi kesan kepada peningkatan oksigen terlarut. Semakin baik proses pencampuran berlaku, semakin banyak oksigen terlarut dapat dihasilkan di dalam kolam dan tahap pencemaran kolam dapat dikurangkan.

## **4. Perbincangan**

Berdasarkan analisa simulasi ke atas model kolam yang telah di bua, simulasi keputusan menunjukkan bahawa kadar pengudaraan semula ( $k_2$ ) dan kesan angin mempengaruhi pengagihan oksigen terlarut di dalam kolam. Dengan adanya kehadiran angin, ianya boleh meningkatkan tahap pengudaraan dalam kolam dan secara tidak langsung peningkatan kualiti air boleh menjadi lebih cepat.

Untuk meningkatkan hasil, kualiti kajian dan meningkatkan lagi kejituan ini pada masa hadapan dicadangkann supaya semua keputusan kajian yang diperolehi daripada hasil simulasi menggunkan perisian EFDC ini bolehlah di bandingkan dengan mana mana kaedah manual ataupun mana-mana formula matematik untuk memastikan keputusan yang di beri adalah keputusan yang tepat. Simulasi ataupun kajian keatas model juga hendaklah dijalankan lebih daripada satu kali supaya dapat menghasilkan keputusan purata yang lebih jitu.

## **5. Kesimpulan**

Berdasarkan kepada keputusan simulasi yang telah dijalankan ke atas beberapa kes model, dapatlah disimpulkan bahawa semua objektif dalam kajian ini telah dicapai.

Hasil daripada analisis yang dijalankan membuktikan bahawa kesan angin membantu meningkatkan proses pengudaraan di dalam kolam sekaligus dapat menambahkan kadar taburan kandungan oksigen terlarut di permukaan kolam walaupun di dalam kolam yang tercemar . Faktor pengudaraan semula ( $k_2$ ) mempengaruhi nilai kandungan oksigen didalam kolam. Semakin tinggi nilai faktor pengudaraan semula ( $k_2$ ), tahap kandungan oksigen terlarut juga meningkat.

Hasil daripada kajian juga mendapati, kedalaman kolam tidak mempengaruhi tahap kandungan oksigen terlarut. Ini bermakna kedalaman bukanlah faktor utama kandungan oksigen terlarut sedikit di bahagian dasar kolam dan banyak di permukaan kolam. Ada kemungkinan terjadinya kandungan oksigen yang sama banyak dipermukaan dan di dasar kolam. Apabila kesan angin dikenakan, tahap kandungan oksigen serta merta meningkat sama ada dibahagian atas ataupun dasar kolam. Kehadiran angin ataupun kesan angin memainkan peranan penting dalam meningkatkan proses pengudaraan. Proses pengudaraan yang baik akan menghasilkan kandungan oksigen terlarut yang baik di dalam satu kolam.

Dengan menggunakan perisian EFDC ini kerja kerja menganalisis data dapat dilakukan dengan lebih cepat, tetapi untuk memastikan keputusan yang lebih tepat, keputusan yang didapati daripada perisian ini hendaklah dibandingkan dengan keputusan yang didapati melalui ujikaji di makmal bagi membuktikan kesahihannya.

### Rujukan

- Ismail, A. dan Mohammad A. B. (1992). *Estuarin Ecology*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Chung, Dang H dan Craig, Paul M (2011). *Wind Wave Submodel for the Dsi Version of EFDC*. Dynamic Solutions, LLC, Hanoi Vietnam.
- CWNE (2011), *Study of Sewage Impacts on Rivers in Peninsular Malaysia*, Funded by Indah Water Konsortium Sdn Bhd.
- Hamrick, J.M., 1996. *User's Manual for the Environmental Fluid Dynamics Computer Code*. Special Report No. 331 in Applied Marine Science and Ocean Engineering, Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point, VA.
- Hamrick, J.M., 1992. *A Three-Dimensional Environmental Fluid Dynamics Computer Code Theoretical and Computational Aspects*. Special Report No. 317 in Applied Marine Science and Ocean Engineering, Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point, VA. 64pp.
- Kassim. M. A, Salim. M. R dan Othman. M. N (1994). *Rawatan Kumbahan Dalam Iklim Panas*. (1<sup>st</sup> ed). Universiti Teknologi Malaysia, Skudai.
- Kumar, S. (2003). *Kajian kualiti air di sungai UTM*. Bachelor's Degree. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai.
- Zhen-Gan Ji (2008). *Hydrodynamics and Water Quality Modelling River, Lake and Estuaries*. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.