

Paper No :  
MSAE2018-AI011

## **Penggunaan Aplikasi Pemodelan Air Bawah Tanah; *Visual MODFLOW* dalam Menghasilkan Model Hidrologi Lembangan Selangor**

N.H. Hassan<sup>1</sup> dan M.A. Zawawi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jabatan Kejuruteraan Biologi dan Pertanian  
Universiti Putra Malaysia  
43400 Serdang  
Selangor, Malaysia

*hidayuhassan22@yahoo.com*

### **ABSTRAK**

Malaysia kini dalam dilema kerana permintaan sumber air permukaan semakin meningkat terutama dalam industri pertanian. Pengeksploitasian sumber air permukaan bagi tujuan pertanian diperlukan dalam skala yang besar kerana sifat kebergantungan tanaman pada sumber air. Oleh yang demikian, adalah penting untuk mencari sumber air alternatif bagi menjamin keterusan sumber bekalan. Air bawah tanah di Malaysia tidak begitu meluas penggunaannya. Kekangan berbentuk kurangnya penyelidikan dan kepakaran menjadikan informasi mengenai akuifer bawah tanah adalah minimal. Oleh itu, dengan maklumat data yang terhad, kajian ini memfokuskan penggunaan aplikasi pemodelan air bawah tanah; *Visual MODFLOW* dalam menghasilkan model hidrologi di kawasan Lembangan Selangor. Kajian awal pada keseluruhan struktur geologi kawasan kajian menunjukkan sebanyak enam lapisan tanah/batuan telah ditemui. Lapisan-lapisan tersebut adalah hasil akhir interpolasi dari aplikasi *Visual MODFLOW* bagi menggambarkan struktur bawah permukaan kawasan kajian. Bagi menghasilkan model hidrologi Lembangan Selangor, beberapa maklumat data telah digunakan, antaranya; data hidrologi, data hidronamik, data topografi dan syarat sempadan yang diperlukan.

### **KATA KUNCI**

Air bawah tanah, *Visual MODFLOW*, Lembangan Selangor, Geologi

**Paper presented at the 2018 MSAE Conference,  
Serdang, Selangor D. E., Malaysia.  
7 & 8 February 2018**

The society is not responsible for statements or opinions written in papers or related discussions at its meeting. Papers have not been subjected to the review process by MSAE editorial committees; therefore, are not to be considered as refereed.



## PENGENALAN

Dewasa ini, kebergantungan Malaysia umumnya pada sumber air permukaan dan air bawah tanah bagi pelbagai tujuan semakin meningkat. Sebanyak 3% penggunaan sumber air bawah tanah telah direkodkan oleh *FAO Water (1999)* bagi pelbagai kegunaan, seterusnya menjadikan baki 97% adalah dari pengeksploitasian sumber air permukaan. Kebergantungan pada sumber air permukaan terutama pada musim banjir dan kemarau menjadi permasalahan yang serius terutama pada industri pertanian. Statistik oleh *ICID* menunjukkan bahawa jumlah penggunaan air dalam sistem pengairan yang direkodkan dari sumber air permukaan adalah sebanyak 10,400 million m<sup>3</sup> berbanding 4,900 million m<sup>3</sup> bagi tujuan lain. Ini menjadikan industri pertanian antara industri yang terjejas akibat fenomena yang berlaku.

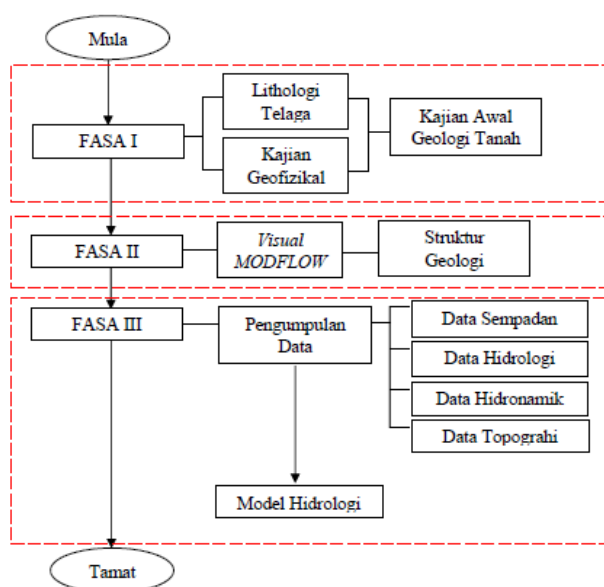
Malaysia yang terletak di garisan khatulistiwa pada amnya mempunyai iklim pada suhu yang hampir sekata, taburan hujan dan kelembapan yang agak tinggi berbanding negara lain. Walau bagaimanapun, catatan taburan hujan hampir sebanyak 2,300 mm tidak mampu menampung kekurangan sumber bekalan air terutama pada kejadian bencana alam. Berlainan dengan air bawah tanah, di Malaysia pengeksploitasian sumber semula jadi ini masih kurang. Hanya 5% seperti rekod statistik dari *FAO (1999)* digunakan bagi sumber pengairan industri pertanian. Daripada statistik ini, dapat ditegaskan kurangnya kesedaran jumlah air bawah tanah yang dapat digunakan, Seperti kenyataan Fauzie et al (2013) diambil daripada Alberto (2006), air bawah tanah adalah sumber yang lebih praktikal, kurang terdedah kepada pencemaran dan tidak terjejas dengan kemarau.

Walaupun bagaimanapun, dalam memanfaatkan sumber air bawah tanah secara sepenuhnya, beberapa aspek penting perlu diambil kira. Model berbentuk hidrologi perlu dibangunkan bagi mendapatkan pengamatan yang penuh mengenai sistem air bawah tanah secara keseluruhannya. Oleh itu, kajian memfokuskan dalam menghasilkan model hidrologi menggunakan *Visual MODFLOW* di Lembangan Selangor walaupun berbekalkan maklumat data yang terhad.

## METODOLOGI

### Prosedur kajian

Tiga fasa utama diperlukan dalam menghasilkan model kawasan kajian (Gambarajah 1). Fasa pertama; adalah meliputi pengumpulan lithologi telaga dalam kawasan kajian yang diperolehi daripada agensi kerajaan dan swasta; dan maklumat data kajian geofizikal. Fasa kedua meliputi penggunaan awal aplikasi pemodelan air bawah tanah *Visual MODFLOW* bagi mendapatkan struktur keseluruhan geologi kawasan kajian. Fasa ketiga merupakan fasa terakhir dan dengan menggunakan aplikasi *Visual MODFLOW*, maklumat berupa data sempadan, data hidrologi, data hidronamik dan data topografi digunakan bagi menghasilkan model hidrologi.



Gambarajah 1: Carta alir prosedur menghasilkan model hidrologi kajian

## Kawasan Kajian

Lembangan Selangor, Malaysia yang terletak di Pantai Barat Semenanjung Malaysia, berkoordinat  $3^{\circ}31'53.90''\text{U}$  dan  $101^{\circ}26'34.74''\text{T}$  telah dipilih sebagai kawasan kajian. Kawasan kajian memfokuskan sempadan meliputi Kampung Gedangsa hingga ke Batang Berjuntai, dan Tanjung Karang hingga ke Sekinchan (Gambarajah 2).

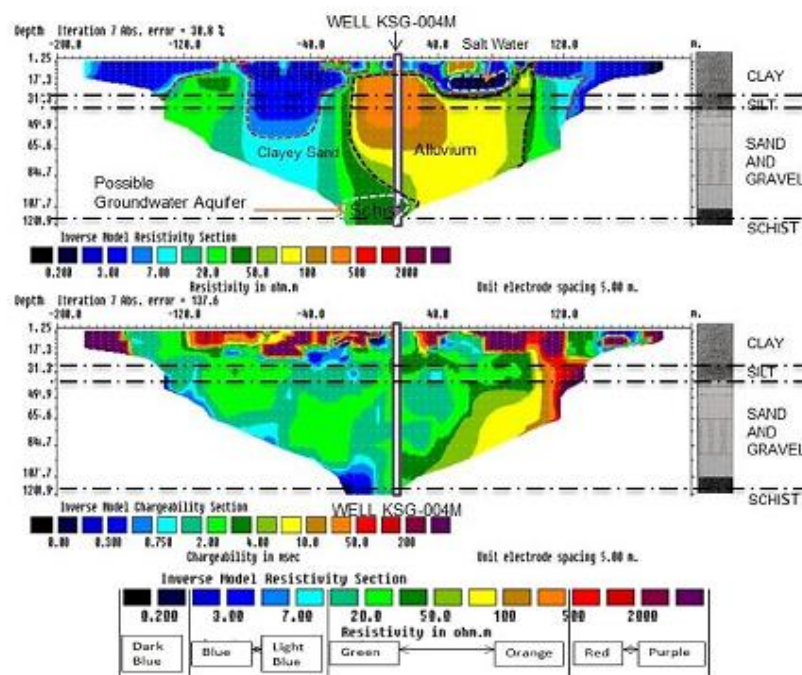


Gambarajah 2: Kawasan kajian dalam Lembangan Selangor

## Fasa I (Kajian awal struktur geologi)

Bagi memastikan maklumat lithologi telaga yang dikumpulkan boleh diguna pakai, perbandingan antara kajian geofizikal telah dilakukan terhadap lithologi telaga sedia ada. Kajian awal oleh Sabrina, 2017 telah diguna pakai bagi membuat perbandingan. Telaga KSG004M yang terletak di Blok F, Sawah Sempadan berkoordinat  $383\ 203.36$  longitud dan  $749\ 339.95$  latitud telah dipilih bagi kajian geofizikal. Kaedah *Induced Polarization (IP)* telah dilakukan.

Hasil dari profil kajian geofizikal mendapati warna biru gelap menjelaskan kehadiran air masin berkisar antara 0 hingga 2 ohm.n. Oleh kerana kawasan yang dipilih berdekatan dengan lautan, maka ianya adalah normal. Seterusnya, warna biru cair menjelaskan kehadiran tanah liat pada kedalaman 1 hingga 25 m dari permukaan. Sementara pada kedalaman 25 hingga 90 m, deposit aluvium yang terdiri daripada batu kelikir, pasir, tanah liat dan lumpur diwakili oleh warna hijau hingga oren. Lapisan batuan kawasan kajian adalah schist yang meliputi lapisan bawah dari lapisan aluvium. Hasil pemerhatian perbandingan dari profil kajian geofizikal dan lithologi telaga pada KSG0004M mendapati analisa melalui lithologi telaga bagi menghasilkan struktur geologi kawasan kajian adalah dibenarkan.



Gambarajah 3: Hasil profil kajian geofizikal ke atas telaga KSG0004M

### Fasa II (Prosedur kajian struktur geologi)

Sebanyak 37 maklumat lithologi telaga telah digunakan bagi menghasilkan struktur geologi yang mengandungi lokasi, paras ketinggian dan paras air yang diukur dari paras air laut, jenis lapisan tanah/batuan; dan butiran skrin telaga (Jadual 1).

Jadual 1: Butiran maklumat mengenai telaga yang digunakan

No. Telaga	Lokasi	Timur	Utara	Paras Ketinggian ,m (paras laut)
SB01	Parit 4, Sungai Burong, Sekinchan	740021	390134	6
SB02	Parit 10, Ban Canal, Sekinchan	734478	396488	8
SB03	Parit 14, Simpang Lima Sekinchan	731816	402606	7
SB04	Parit 6 Gambut Sungai Besar	728542	406093	13
SB05	Parit 9 Timur, Sungai Besar	727644	410093	5
SB06	Parit 13, Sungai Besar	731260	412491	4
SB07	Parit 8 Timur, Sungai Besar	724757	411453	5
SB08	Parit 15, Sungai Besar	733761	412881	1
BSBEW1 (MW1)	S. K. Binjai Jaya, Sungai Panjang, Sabak Bernam	736150	411017	7
BSBEW2 (TW1)	S. K. Binjai Jaya, Sungai Panjang, Sabak Bernam	736150	411017	7
BSBEW3 (TW2)	Masjid Othmaniah, Binjai Jaya, Sungai Panjang, Sabak Bernam	736520	411895	8
BSBEW5 (MW4)	Km 45.5 Sungai Besar - Tanjung Malim, Sabak Bernam	750029	404865	16
BSBEW6 (MW5)	Kampung Belia Dua, Sungai Panjang, Sabak Bernam	744041	410060	11
BSBEW7 (MW6)	Kampung Belia Dua, Sungai Panjang, Sabak Bernam	741285	410420	7
KSG001M	Bukit Talang Estate, Raja Musa Division	753630	380001	7
KSG004M	JPS Land Along Head Irrigation Canal Near Tanjung Karang	749446	383301	15
KSG005M	JPS Land Along Head Irrigation Canal Near Tanjung Karang	746808	385039	7
KSG007M	Tanjung Karang Forest Reserve Along Head Irrigation Canal	760897	395506	22
KSG008M	Tanjung Karang Forest Reserve Along Head Irrigation Canal	760624	399636	24
KSG009M	Tanjung Karang Forest Reserve Along Head Irrigation Canal	760225	403890	13
KSG010M	Gagasan Estate Sungai Panjang	748925	407339	9
KSG011M	Gagasan Estate Sungai Panjang	751456	404843	4
KSG019M	Agrotech Firm, Sungai Panjang	758091	405005	8
KSG020M	Sungai Panjang Estate	754339	404233	11
KSG021M	Sungai Panjang Estate	751456	404843	4
KSG023M	Tanjung Karang Forest Reserve Along Head Irrigation Canal	760740	401264	16
KSG035M	KDED Land	766277	378334	12
KSG036M	KDED Land	764021	378281	11
KSG037M	KDED Land	762119	377735	13
KSG038M	KDED Land	761931	377424	15
KSG039M	KDED Land	762119	377735	13
KSG041M	KDED Land, Batang Berjuntai	765128	376999	12
KSG040M	KDED Land, Batang Berjuntai	764871	378125	11
BKSTW3	Taman Agro	762132	375231	8
BKSTW4	-	755977	379204	21
BHSEW2	Sekolah Kebangsaan Gedangsa	764553	413555	31
BSBEH10	Pusat Perhilitan Badak, Sabak Bernam	760588	406146	15

### Fasa III (Model hidrologi)

#### Sempadan

Sempadan sungai dalam kawasan kajian difokuskan di Sungai Tenggi; seperti yang ditanda dengan garisan merah (Gambarajah 4). Jumlah masa simulasi ditetapkan kepada 365 hari. Ketebalan dasar sungai dianggarkan sebanyak 1 m dan kekonduksian hidraulik ditetapkan kepada  $3.32E-11$ . Butiran parameter seperti paras sungai, dasar sungai dan keluasan sungai juga diguna pakai dalam menghasilkan sempadan model (Jadual 2).



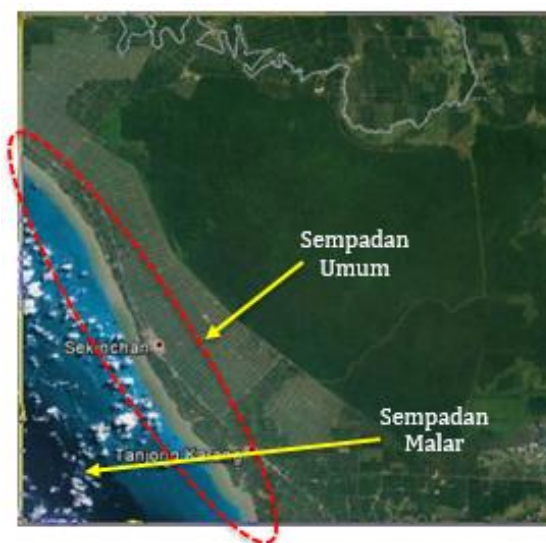


Gambarajah 4: Sempadan sungai Tengi seperti yang ditanda oleh garisan merah.

Jadual 2: Maklumat parameter di sempadan sungai Tengi

X, m	Mula	Tamat
Paras sungai	17	1
Dasar sungai	16	10
Keluasan sungai	44	90

Garis laut (dalam bulatan merah) di kawasan kajian ditetapkan sebagai sempadan umum (*General Head Boundary*) dan paras air ditetapkan kepada 0.0 m pada paras air laut (Gambarajah 5). Manakala, laut (biru) di kawasan kajian ditetapkan sebagai sempadan malar (*Constant Head Boundary*) dan ditetapkan kepada 0.0 m pada paras air laut. (Gambarajah 5).



Gambarajah 5: Sempadan umum dan Sempadan malar dalam kawasan kajian

Hasil penyerapan air permukaan ke dalam sistem air bawah tanah merujuk kepada *groundwater recharge*. Rekod tahunan 5 stesen hujan digunakan bagi mengira jumlah *recharge* berdasarkan jumlah hujan tahunan (Jadual 3). Formula oleh Chaturvedi, 1973 telah digunakan, dan hasil *recharge* akhir adalah sebanyak 234 mm/tahun.



*Jadual 3: Senarai lima stesen hujan dalam kawasan kajian*

No	Station No	Location	Easting	Northing
1	3312042	Ladang Bukit Belimbing	752738	375643
2	3313040	Ladang Bukit Talang	756864	375591
3	3411016	Parit 1, Sungai Burong	738571	382263
4	3510001	FDC Sekinchan	733103	389093
5	3609012	Parit 1, Sungai Besar	721252	407187

Sempadan evapotranspirasi dalam simulasi hanya ditetapkan pada lapisan pertama geologi tanah. Sebanyak 1100 mm/tahun ditetapkan sebagai kadar evapotranspirasi. Hanya stesen Tanjung Karang yang mewakili stesen evapotranspirasi dalam kawasan kajian.

Maklumat *initial head* yang digunakan dalam simulasi adalah berdasarkan paras air daripada lithologi telaga (Jadual 4).

*Jadual 3: Butiran maklumat 'initial head' yang digunakan pada model kajian*

X, m	Y, m	Initial Head
753630	380001	1.88
749446	383301	1.5
746808	385039	1.57
766277	378334	2.14
764021	378281	1.79
762119	377735	1.27
761931	377424	1.03
755977	379204	1.5
762132	375231	1.5
764553	413555	9.4
736150	411017	1
736520	411895	1

### Parameter Akuifer

Beberapa maklumat parameter diperlukan dalam membantu simulasi untuk menggambarkan keadaan sebenar (Jadual 4).

*Jadual 4: Maklumat parameter akuifer*

Data	Kekonduksian Hidraulik, (m/s)	Spesific Storage, (1/m)	Specific yield	Effective Porosity	Total Porosity
Lapisan 1	2.96E-09	1E-05	0.20	0.15	0.30
Lapisan 2	1.6E-03	7.5E-06	0.23	0.20	0.35
Lapisan 3	9.5E-07	3E-06	0.15	0.17	0.18
Lapisan 4	1E-09	0.17	0.026	0.26	0.38
Lapisan 5	3.6E-07	3E-09	0.18	0.20	0.20



## HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

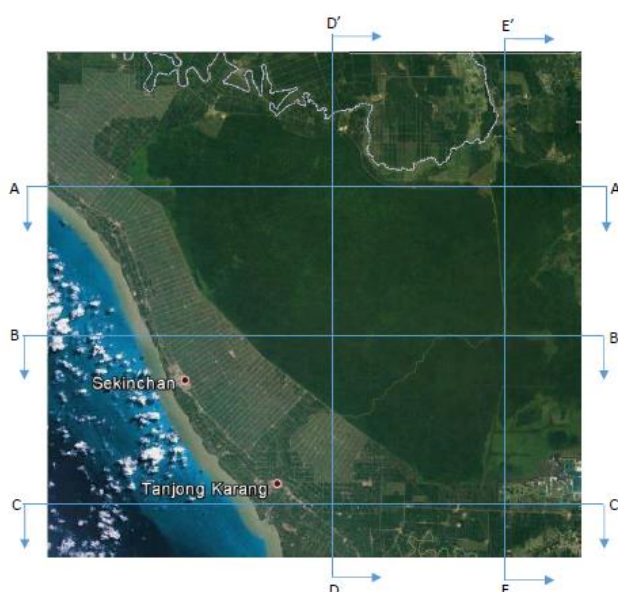
### Struktur geologi

Hasil kajian mendapati sebanyak 5 lapisan utama dan dilapisi dengan batuan dasar (Jadual 5).

*Jadual 5: Lima lapisan utama hasil interpolasi kajian awal*

Lapisan	Jenis Tanah/ Batuan
Lapisan 1	Tanah liat bersifat lumpur
Lapisan 2	Aluvium
Lapisan 3	Batuan sedimen, terdiri daripada batu pasir
Lapisan 3	Batuan sedimen, terdiri daripada batuan syal
Lapisan 4	Batuan metamorf, terdiri daripada schist
Lapisan 5	Batuan dasar

5 bahagian silang iaitu A-A', B-B', C-C', D-D' and E-E' ditetapkan pada kawasan kajian (Gambarajah 6) bagi memahami dengan lebih terperinci corak kehadiran lapisan tanah/batuan.



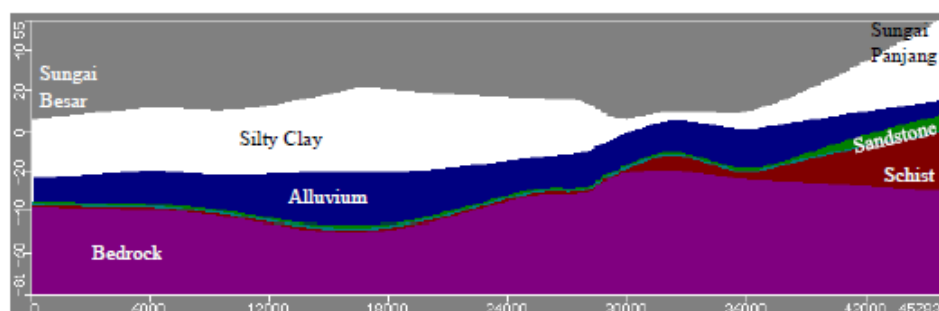
*Gambarajah 6: Lima potongan silang ditetapkan pada kawasan kajian*

Profil pada Gambarajah 7(a)(b)(c) menunjukkan potongan silang secara mendatar pada sepanjang Sungai Besar hingga Sungai Panjang; Sekinchan hingga bahagian timur kawasan kajian; dan Tanjung Karang hingga Batang Berjuntai. Ketiga-tiga profil menunjukkan kehadiran tanah liat bersifat lumpur dengan kedalamannya dari atas permukaan adalah jelas dan ketara besar berbanding di bahagian timur kawasan kajian.

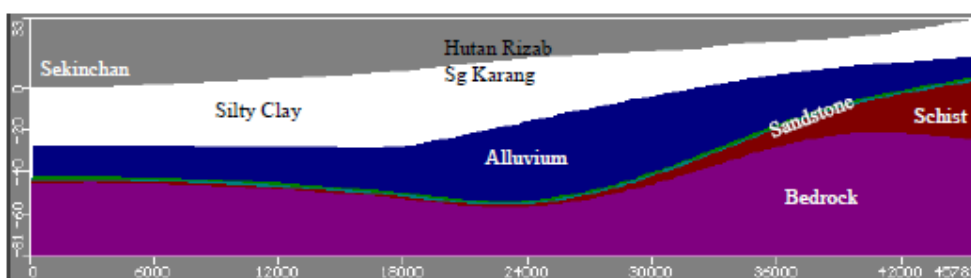
Lapisan kedua adalah lapisan aluvium pada ketiga-tiga profil dengan menunjukkan ketebalan yang lebih pada bahagian barat kawasan kajian dan semakin menipis apabila menghampiri bahagian timur kawasan kajian. Seperti yang dapat dilihat, potongan silang pada profil ketiga berada di bahagian selatan kawasan kajian menunjukkan corak lapisan aluvium yang lebih tebal dari profil yang lain.

Lapisan ketiga iaitu lapisan batu sedimen yang terdiri daripada batu pasir boleh dilihat dari profil pertama bahawa kehadirannya lebih mudah didapati berbanding dengan profil kedua yang lainnya, yang kurang jelas kehadiran pada potongan silang. Oleh kerana kawasan timur adalah lebih hampir dengan kawasan berbukit/gunung, maka kehadiran batu pasir adalah normal.

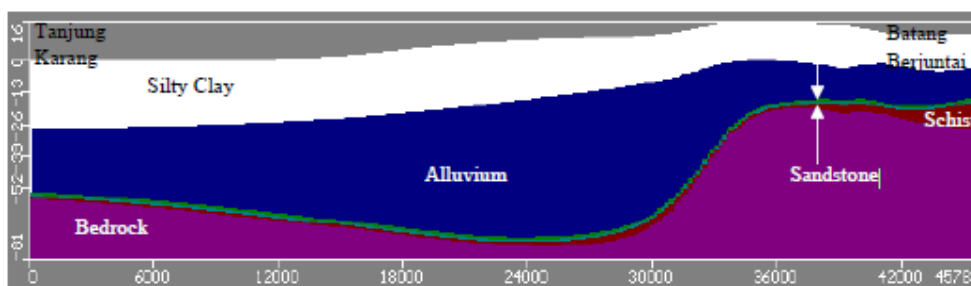
Lapisan keempat iaitu syal walau bagaimanapun, tidak dapat dilihat dengan jelas pada ketiga-tiga profil. Ketebalan pada lapisan kelima iaitu lapisan schist menunjukkan ketebalan yang ketara pada bahagian timur kawasan kajian tetapi semakin menipis pada ptongan silang ketiga seperti pada profil ketiga kerana lokasinya yang berada pada bahagian selatan kawasan kajian dan menjauhi kawasan berbukit/gunung.



Gambarajah 7(a): Potongan silang pada A – A' di kawasan kajian (profil pertama)



Gambarajah 7(b): Potongan silang pada B – B' di kawasan kajian (profil kedua)



Gambarajah 7(c): Potongan silang pada C – C' di kawasan kajian (profil ketiga)

Gambarajah 7(d)(e) menunjukkan profil hasil potongan silang secara menegak sepanjang Kampung Sungai Tengi hingga Kampung Changkat Kereta; dan Batang Berjuntai melalui Kampung Gedangsa. Lapisan pertama pada profil keempat menunjukkan lapisan tanah liat bersifat lumpur adalah lebih ketara ketebalannya berbanding pada profil kedua. Kedudukan garisan lintang profil pertama terletak di bahagian tengah menjauhi kawasan berbukit/gunung manakala profil kedua terletak di bahagian timur kawasan kajian yang berada di bahagian berbukit/gunung.

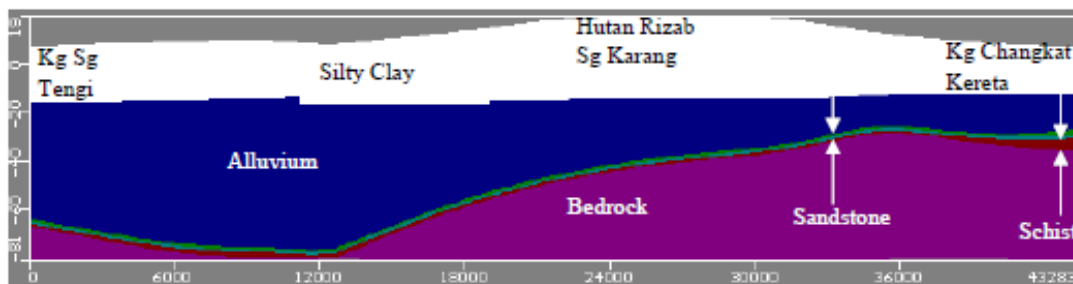
Begitu juga pada lapisan kedua iaitu lapisan aluvium. Walau bagaimanapun, kedua-dua profil jelas menunjukkan bahawa ketebalan semakin menipis menghampiri bahagian utara kawasan kajian berbanding kawasan selatan bagi lapisan aluvium. Tetapi bagi profil keempat, ketebalan lapisan aluvium adalah lebih melebihi profil kelima. Ini kerana lokasinya yang menjauhi kawasan berbukit/gunung.

Lapisan ketiga iaitu lapisan batu pasir jelas ditunjukkan pada profil pertama bahawa kehadirannya adalah sedikit, manakala pada profil kedua, kehadirannya jelas pada bahagian utara kawasan kajian. Ini menandakan bahawa kehadiran batu pasir hanya didapati pada kawasan berdekatan bukit/gunung.

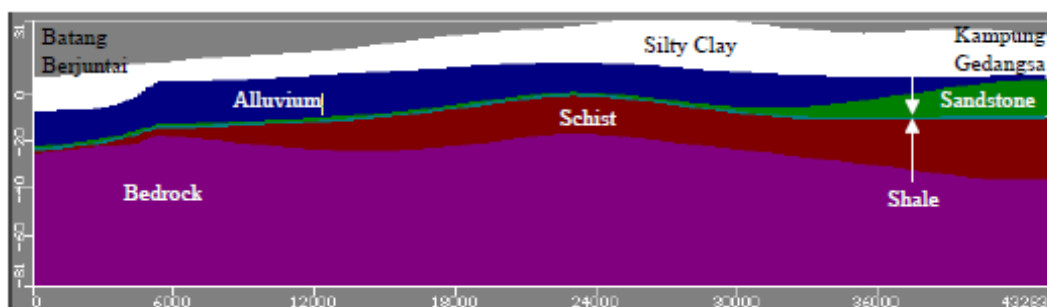


Lapisan keempat iaitu lapisan syal tidal dapat dilihat dengan jelas pada profil keempat tetapi boleh dilihat kehadirannya pada profil kelima.

Lapisan kelima iaitu lapisan schist menunjukkan kehadirannya lebih tebal pada profil kedua berbanding profil pertama. Ini adalah normal kerana kedudukannya yang berada berdekatan dengan kawasan berbukit/gunung, manakala profil keempat corak lapisan schist adalah nipis kerana kedudukannya yang berada berdekatan laut.



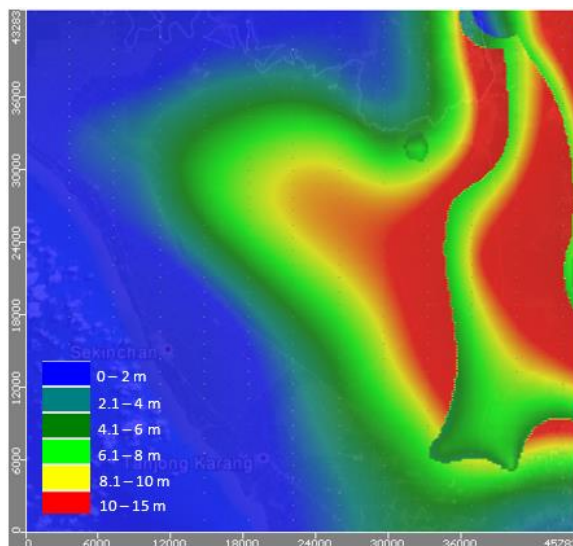
Gambarajah 7(d): Potongan silang pada D – D' di kawasan kajian (profil keempat)



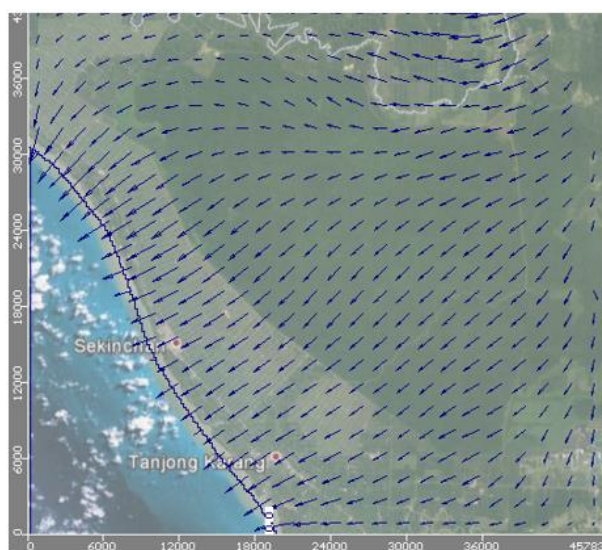
Gambarajah 7(e): Potongan silang pada E – E' di kawasan kajian (profil kelima)

## Model hidrologi

Simulasi model hidrologi Lembangan Selangor menggunakan aplikasi pemodelan air bawah tanah, *Visual MODFLOW* mendapati corak gerakan air bawah tanah secara semula jadi bergerak dari kawasan berbukit/gunung menuju ke kawasan landai (Gambarajah 8), manakala aras air tanpa sebarang pengabstrakkan air bawah tanah menandakan julat antara 0.0 hingga 12.0 m (pada paras laut) (Gambarajah 9).



Gambarajah 8: Profil aras air semula jadi tanpa sebarang aktiviti pengabstrakkan air bawah tanah



Gambarajah 9: Corak gerakan air bawah tanah secara semula jadi

## KONKLUSI

Melalui hasil kajian struktur geologi pada kawasan kajian, dapat dilihat bahawa corak pada setiap lapisan tanah/batuan berbeza-beza mengikut lokasi. Lokasi yang lebih landai menjauhi kawasan berbukit/gunung menunjukkan kurangnya pengaruh kehadiran batuan sedimen, manakala pada lokasi yang berdekatan dengan kawasan berbukit/gunung, aluvium deposit adalah nipis ketebalannya. Simulasi pada model hidrologi Lembangan Selangor jelas menunjukkan corak gerakan air bawah tanah semula jadi yang bergerak mengikut hukum graviti. Air mengalir dari aras ketinggian yang lebih tinggi menuju ke aras yang landai (*hydraulic gradient*).

## REFERENCES

1. Ariffin, S., Mohamed Zawawi, M. A., Che Man, Hasfalina. (2016). Evaluation of groundwater pollution risk (GPR) from agricultural activities using DRASTIC model and GIS. 8th IGRSM International Conference and Exhibition on Remote Sensing & GIS (IGRSM 2016).
2. Ariffin, J., Ismail, M. A. M., Tan, C. G., & Murtadza, N. M. (2016, July). Site Characterization of Marine Clay Deposits in South Seberang Prai, Penang using Combined Active and Passive Multichannel



- Analysis of Surface Wave (MASW). In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 136, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
3. Abdullah, M., Mohd Soom, M., & Abdullah, S. (2010). Application of Masscote Approach on Modernization Of Irrigation System - A Case Study For Tanjung Karang Rice Irrigation Scheme Malaysia. Proceeding ICID 10-16 October 2010, Yogyakarta, Indonesia
  4. Chaturvedi, R.S. 1973. A note on the investigation of ground water resources in western districts of Uttar Pradesh. In *Annual Report*. U.P. Irrigation Research Institute. pp. 86-122.
  5. Chong, F., & N. K. Tan, D. (1986). Hydrogeological activities in Peninsular Malaysia and Sarawak. GEOSEA V Proceedings Volume II, Geol. Soc. Malaysia, 2, 827-842
  6. Department of Drainage and Irrigation (DID), 2016. Groundwater exploration in Selangor Basin.
  7. Dzazali Ayob, Ho Choon Seng. (2002). Siasatan Transient Electromagnetic (TEM) dan Pengimejan Kerintangan 2D untuk kajian potensi air tanah di kawasan Kuala Selangor dan Sabak Bernam, Negeri Selangor Darul Ehsan, Laporan GF 2/2002, Jabatan Mineral dan Geosains
  8. Habibah Tahir. (2003). Kajian Sumber Air Bawah Tanah Di Lembangan Sungai Bernam, Selangor Darul Ehsan, Laporan JMG.SWP(HG) 01/2003, Jabatan Mineral dan Geosains.
  9. IADA (Integrated Agriculture Development Area) Barat Laut Selangor, 2016. Under Ministry of Agriculture and Agro-Based Industry Malaysia.
  10. Jusoh, M. F., Zawawi, M. A. M., Man, H. C., & Kamaruddin, S. (2013). Performance of Shallow Tube Well on Groundwater Irrigation in Tropical Lowland Rice Cultivation Area. *Sains Malaysiana*, 42(8), 1101-1108.
  11. Kajian Sumber Air Tanah di Lembangan Sungai Selangor, Selangor Darul Ehsan, Laporan JMG.SWP(HG) 01/2004, Jabatan Mineral dan Geosains.
  12. Kajian Sumber Air Tanah Dalam Batuan Keras, di Daerah Hulu Selangor, Selangor, Darul Ehsan, Laporan JMG.SWP(HG) 01/2005, Jabatan Mineral dan Geosains.
  13. Lakshmi Priya, C., & Narayanan, R. (2015). Study on Groundwater Modeling of Aquifers Using Visual Modflow. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2(2), 23-26.
  14. Mohd Ariffin, L. (2011). Pengurusan air di projek pembangunan pertanian Barat Laut Selangor. Undergraduate thesis. Unpublish manuscript.
  15. Misstear, B., Banks, D., & Clark, L. Groundwater Investigations for Locating Well Sites. *Water Wells and Boreholes*, 31-92.
  16. Misstear, B. D. R., Brown, L., & Daly, D. (2009). A methodology for making initial estimates of groundwater recharge from groundwater vulnerability mapping. *Hydrogeology Journal*, 17(2), 275-285.
  17. Manap, M. A., Sulaiman, W. N. A., Ramli, M. F., Pradhan, B., & Surip, N. (2013). A knowledge-driven GIS modeling technique for groundwater potential mapping at the Upper Langat Basin, Malaysia. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(5), 1621-1637.
  18. Mohamed Zawawi, M. A. Report of preparation of groundwater modelling study report for proposed sand mining operation at Bestari Jaya, District of Kuala Selangor. EIA Report. Unpublish manuscript.
  19. Tuong, T. P., & Bouman, B. A. M. (2003). Rice production in water-scarce environments. *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement*, 1, 13-42.
  20. Toriman, M. E., & Mokhtar, M. (2012). Irrigation: Types, Sources and Problems in Malaysia. In *Irrigation Systems and Practices in Challenging Environments*. InTech.

