

Analisis Risiko bagi Aset Sistem Pebetungan Menggunakan Analisis Spasial

(Risk Analysis for Sewerage System using Spatial Analysis)

Nurshuhada Abd Sukor^a, Zubaidi Daud^b & Zakri Tarmidi*

^aGeoinformation Programme,
Faculty of Built Environment and Surveying, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

^bIndah Water Konsortium Sdn Bhd

*Corresponding author: zakritarmidi@utm.my

Received 14 November 2018, Received in revised form 11 February 2020

Accepted 15 March 2020, Available online 30 August 2020

ABSTRAK

Sistem pebetungan penting bagi memastikan sisa kumbahan yang dilepaskan di peringkat domestik dan industri dapat dirawat dengan baik agar tidak memberi impak kepada alam sekitar. Aset-aset sistem pebetungan perlu dipantau dan diselenggara bagi mengurangkan risiko daripada berlaku. Faktor-faktor yang membawa kepada risiko yang bakal berlaku kepada aset-aset ini perlu dikenalpasti, serta perlu lokasi bagi risiko-risiko ini. Kajian ini bertujuan bagi mengenalpasti beberapa risiko serta lokasi risiko yang boleh berlaku kepada aset-aset dalam sistem pebetungan. Bagi mencapai tujuan ini, faktor-faktor risiko yang akan berlaku perlu dikenalpasti. Kawasan utara Skudai telah dipilih sebagai kawasan kajian. Analisis yang dilaksanakan adalah menilai risiko, berdasarkan kepada faktor risiko yang telah dikenalpasti, iaitu tahap kecerunan di mana aset itu berada, dan faktor umur aset yang semakin berusia. Kawasan yang lebih tinggi kecerunan mempunyai risiko kepada aset, serta dari segi risiko umur aset, aset yang lebih lama usianya mempunyai risiko yang lebih tinggi. Hasil analisis menunjukkan kebanyakan aset berisiko rendah (90.8%), sedikit berada pada risiko sederhana (8.9%), manakala aset yang berisiko tinggi tidak banyak (0.3%). Hasil analisis ini boleh ditambah baik dengan lebih banyak faktor dimasukkan. Hasil analisis ini diharapkan dapat membantu pihak berkepentingan untuk mengenalpasti kedudukan aset yang berisiko, serta seterusnya membantu dalam membuat perancangan dan keputusan yang terbaik untuk aset-aset yang berisiko ini.

Kata kunci: Penilaian risiko; sistem pebetungan; risiko pebetungan; analisis spasial

ABSTRACT

Sewerage systems are important to ensure that wastes discharged at the domestic and industrial levels are well maintained so as not to impact the environment. Sewerage system assets should be monitored and maintained to minimize risks from occurring. Factors that lead to the risk of occurrence of these assets should be identified, as well as location for these risks. This study aims to identify some risks and potential risk locations for the assets in the sewerage system. To achieve this goal, the risk factors that will occur need to be identified. The Skudai north area was chosen as the study area. The analysis is assessing the risk, based on risks factor that was identified, which is the degree of gradient in which the asset resides, as well as the age factor of an aged asset. Higher gradient areas have risks to assets, and in terms of asset age risk, older assets are at higher risk. The analysis results show that most assets are low risk (90.8%), a little of asset at middle risks (8.9%), while high risk assets are not much (0.3%). The results of this analysis can be improved with more factors included to the model. The results of this analysis are expected to assist stakeholders in identifying risky asset positions, thereby assisting in making the best planning and decisions for these risky assets.

Keywords: Risk assessment; sewerage system; sewerage risk; spatial analysis

PENGENALAN

Pembangunan yang pesat dalam pelbagai bidang di Malaysia telah memberikan impak kepada pelbagai sudut, termasuklah ekonomi, sosial dan alam sekitar. Impak ke atas alam sekitar dilihat paling membimbangkan, kerana

ia memberikan kesan kepada sumber air, udara dan kesuburan tanah (Baum et al. 2013). Pembangunan yang pesat perlu diimbangi dengan pengurusan sisa buangan yang dikeluarkan daripada kawasan bandar, antaranya adalah pengurusan sisa kumbahan domestik dan kumbahan industri.

Bagi menguruskan sisa kumbahan ini, sistem pengurusan pembetulan telah diperkenalkan, yang meliputi saliran paip, pam, loji dan punca tekanan bagi mengumpul sisa kumbahan, selain air yang mengalir di atas permukaan bumi. Sistem pembetulan akan menerima air daripada pelbagai tempat, termasuklah daripada longkang, stesen pam, dan lain-lain sumber (Blackett 2015). Sistem pembetulan ini juga menyediakan pengurusan sisa kumbahan bagi kawasan domestik dan juga komersial.

Rawatan sisa kumbahan sangat penting, dan memerlukan infrastruktur utiliti yang baik bagi memastikan proses rawatan sisa kumbahan berjalan dengan baik (Baum et al. 2013). Infrastruktur utiliti atau aset ini akan memastikan sistem pembetulan berjalan dengan baik, bermula daripada saliran kawasan perumahan ke dalam loji berdekatan, diproses dengan baik sebelum dilepaskan ke dalam sistem saliran air yang sesuai (McGhee & Steel 1991).

Namun, aset-aset sistem pembetulan ini terdedah kepada beberapa risiko dari semasa ke semasa, dan terdapat keperluan bagi mengurangkan risiko yang bakal dihadapi oleh aset-aset ini. Salah satu kaedah bagi mengelak dan mengurangkan risiko daripada berlaku kepada aset-aset sistem pembetulan ini adalah dengan merancang dan melaksanakan analisis penilaian risiko. Penilaian risiko bagi aset sistem pembetulan dilaksanakan dengan menggunakan jadual, dan secara manual. Kedudukan aset berisiko tidak dapat diselaraskan dengan risiko yang boleh terjadi terhadap aset tersebut.

Penilaian risiko aset sistem pembetulan mampu mengenalpasti lokasi aset yang berisiko, dan dapat memberikan maklumat awal kepada pihak berkenaan, dan seterusnya membantu dalam membuat proses atau kaedah bagi menambahbaik aset ini.

Kajian ini dilaksanakan bagi mengenalpasti risiko-risiko yang boleh berlaku pada aset dalam sistem pembetulan secara spatial, melaksanakan analisis spatial berkaitan risiko-risiko ini, dan seterusnya menghasilkan maklumat berkenaan tahap risiko yang berbeza bagi aset-aset yang terlibat.

LATAR BELAKANG KAJIAN

Di dunia ini, hanya sekitar 2.5 hingga 3 peratus air tawar yang boleh digunakan secara terus oleh manusia bagi kegunaan seharian (Abdullah 2001). Oleh itu, air tawar ini perlu dipastikan ianya boleh diguna untuk jangka masa yang panjang, dan salah satu kaedah adalah dengan membuat rawatan terhadap air yang telah digunakan (McGhee & Steel 1991). Air yang telah digunakan perlu dirawat sebelum dilepaskan ke dalam saliran air. Oleh itu, bagi merawat air kumbahan ini, sistem pembetulan sisa kumbahan telah diperkenalkan.

Sistem pembetulan sisa kumbahan mula dilaksanakan kerana terdapat keperluan bagi merawat air bagi kegunaan seharian (Zhang et al. 2007). Air sangat

penting dalam kegunaan seharian manusia, termasuklah bagi memasak, membasuh dan lain-lain kegunaan. Selepas air ini digunakan terutama daripada kawasan perumahan, ianya perlu dialirkan ke dalam sistem pembetulan (Singh & Agrawal 2008). Proses rawatan sumber air ini sangat penting bagi melindungi alam sekitar daripada risiko pencemaran.

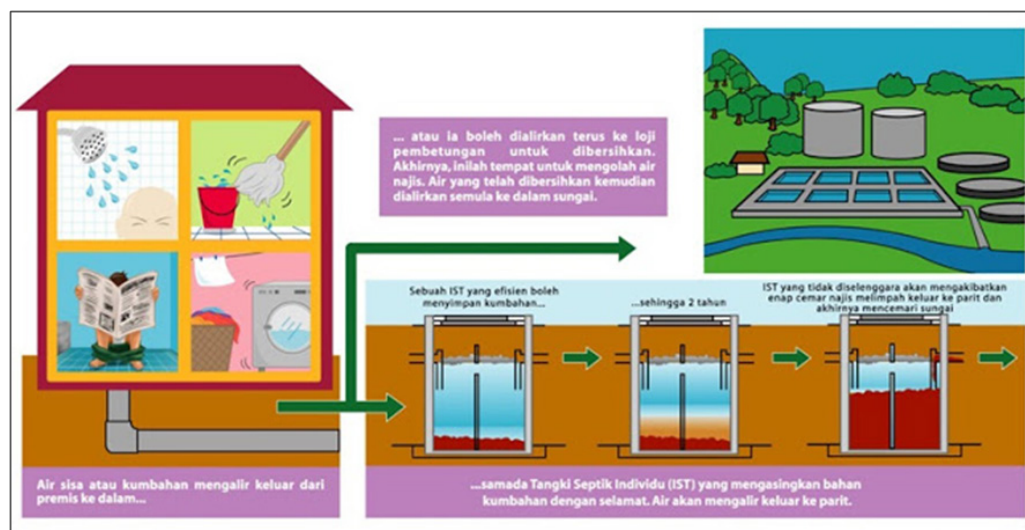
Komuniti juga perlu sentiasa peka terhadap penggunaan air dalam kegunaan seharian bagi mengelakkan daripada pembaziran air terawat ini. Kos rawatan air boleh dikurangkan sekiranya komuniti dan rakyat lebih perihatin terhadap pembetulan di Malaysia (Forum Air Malaysia, 2015). Air yang tidak dirawat boleh meningkatkan jangkitan penyakit berjangkit, sisa toksik serta sisa pepejal dalam air. Antara penyakit yang boleh terjadi adalah cirit-birit, cholera, typhoid, dan lain-lain virus seperti Hepatitis A (Blackett, 2015). Pencemaran air yang tidak dirawat akan mengancam manusia, serta mencemarkan alam semulajadi.

SISTEM PEMBETUNGAN

Sistem Pembetulan adalah satu proses untuk mengumpul, menghantar, merawat air kumbahan dan menyelenggara sistem pembetulan dan tangki septik (McGhee & Steel 1991). Di Malaysia, terdapat dua jenis sistem pembetulan, iaitu (1) sistem pembetulan bersambung, iaitu sistem pembetulan yang berhubung secara terus dengan loji kumbahan awam, dan (2) tangki septik individu (Foon Weng Lian 2018). Sistem pembetulan yang berhubung dengan loji kumbahan awam ini menghubungkan antara perumahan menggunakan sistem paip. Manakala sistem tangki septik individu pula hanya menghubungkan dengan satu rumah sahaja, dan ianya akan dirawat berdasarkan keperluan tangki septik sahaja (IWK 2018b). Di Malaysia, terdapat kira-kira 1.2 juta premis yang menggunakan tangki septik individu, dan tangki ini perlu mengikut piawaian yang telah ditetapkan, serta perlu dilakukan penyelenggaraan secara tetap, iaitu sekali setiap dua tahun, untuk memastikan ianya berfungsi dengan baik dan tidak bocor dan mengalir ke dalam sistem perparitan atau saliran air lain (Abdullah 2001).

Terdapat dua jenis pembetulan yang digunakan, iaitu (1) sistem berasingan, dan kedua adalah (2) sistem bersambung yang digabungkan dengan sistem pembetulan. Sistem pembetulan berasingan direkabentuk untuk mengalirkan sisa kumbahan menggunakan paip secara berasingan daripada air hujan. Sistem pembetulan akan mengumpul dan mengalirkan sisa kumbahan, manakala sistem perparitan pula akan mengalirkan air hujan. Sistem berasingan ini berkesan bagi mengurangkan beban kepada sistem pembetulan, hanya memerlukan saiz paip yang kecil, dan air dari sistem saliran air tidak akan tercemar dengan sisa kumbahan.

Manakala bagi sistem yang digabungkan, ianya merupakan satu sistem pengaliran yang besar, yang akan membawa sisa kumbahan domestik, sisa kumbahan industri, dan aliran air hujan menggunakan satu sistem saliran yang



RAJAH 1. Jenis-jenis Sistem Pembedungan di Malaysia (IWK, 2018b)



RAJAH 2. Sistem Pembedungan Bersambung (IWK, 2018a)

sama. Kelebihan menggunakan kaedah ini adalah ianya kurang kompleks untuk dibersihkan kerana diameter saliran yang besar, kos penyelenggaraan yang berpatutan, dan hanya memerlukan satu sahaja sistem saliran.

Walaupun demikian, sistem pembedungan ini terdedah kepada pelbagai risiko yang boleh menyebabkan kerosakan kepada aset-aset yang berkaitan dengannya. Risiko adalah kebarangkalian sesuatu isu atau masalah itu terjadi dan akan memberikan impak kepada aset sistem pembedungan, seperti kemalangan, aset yang rosak dan sebagainya (Water 2018). Risiko bagi aset-aset yang terdapat dalam sistem pembedungan boleh disebabkan oleh pelbagai faktor, termasuklah tahap kecerunan, kecacatan struktur, dan kecurian aset (Mohd Zubaidi Daud 2016). Selain itu, faktor saiz diameter paip, paip tersumbat oleh kain atau lemak, serta tahap kesempitan (*choking*) bagi laluan perlu diberikan perhatian (Ngaruiya & Ngigi 2014).

Bagi pembangunan loji yang bersesuaian bagi sistem pembedungan pula, terdapat tiga aspek perlu diambil kira, iaitu kawasan sistem saliran yang berdekatan (sungai), kawasan tadahan yang terlibat, dan kawasan muka bumi terhadap loji yang dibina (Zhao et al. 2008). Selain itu, bentuk muka bumi juga mempunyai risiko terhadap aset, yang mana bentuk muka bumi yang tidak sekata lebih memberi risiko kepada aset-aset sistem pembedungan (Water 2018).

Setiap risiko ini perlu diberikan perhatian terlebih dahulu agar dapat memastikan langkah-langkah pencegahan

dapat dilaksanakan (Victoria 2009). Salah satu kaedah ialah penilaian risiko. Penilaian risiko digunakan oleh pelbagai industri dan organisasi dalam bidang kejuruteraan, ekonomi, kesihatan, perubatan, dan lain-lain.

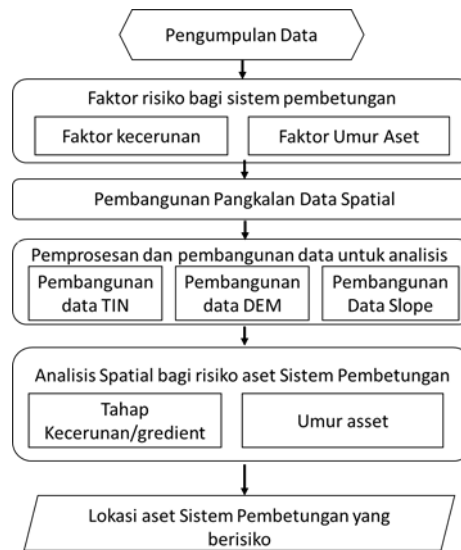
Risiko bagi aset berlaku antaranya adalah disebabkan oleh kekurangan penyelenggaraan mengikut waktu, operasi yang tidak berterusan, dan penuaan aset (Korving 2006). Risiko yang bakal berlaku, serta lokasi aset itu perlu dikenalpasti, sebelum sebarang tindakan susulan boleh diambil oleh pihak yang berkenaan. Jadual 1 menunjukkan tahap risiko dan pengurusan tindak balas. Salah satu kaedah bagi membantu pengurusan maklumat ini adalah dengan menggunakan Sistem Maklumat Geografi (*Geographic Information System, GIS*).

PENGURUSAN SISTEM PEMBEDUNGAN MENGGUNAKAN GIS

Sistem Maklumat Geografi (GIS) sangat berguna kepada sistem pembedungan, dan ianya boleh digunakan bagi menguruskan maklumat berkenaan aset-aset yang terdapat dalam sistem pengurusan sistem kumbahan (Mohd Zubaidi Daud, 2016). Selain itu, GIS juga boleh membantu dalam membuat keputusan penting berkaitan dengan aset-aset dalam sistem pembedungan (McGhee & Steel, 1991). Menggunakan GIS, maklumat lokasi sebenar setiap aset boleh dipetakan, disimpan, dibuat analisis dan seterusnya mengeluarkan peta berkaitan sistem pengurusan aset pembedungan.

JADUAL 1. Tindak balas pihak pengurusan terhadap tahap risiko (Victoria, 2009)

Tahap Risiko	Tindak balas pengurusan
Risiko yang ekstrem (<i>extreme risk</i>)	Perlu mengambil keputusan segera
Risiko tinggi (<i>high risk</i>)	Memerlukan perhatian pengurusan kanan
Risiko sederhana (<i>moderate risk</i>)	Memeriksa sebab, langkah-langkah pengurangan dan pertimbangan zon percampuran
Risiko rendah (<i>low risk</i>)	Pemantauan dan laporan
Risiko yang boleh diabaikan (<i>negligible risk</i>)	Memo pendek sahaja



RAJAH 3. Pengoptimasian analisis risiko bagi aset sistem pempbetungan

GIS mempunyai kebolehan melaksanakan analisis spasial, yang mana ianya dapat membantu mengenalpasti lokasi aset-aset yang berisiko, berdasarkan faktor-faktor yang pelbagai (Heywood et al. 2002). Analisis berasaskan kriteria pelbagai (*Multi Criteria Analysis, MCA*) boleh digunakan bagi mengenalpasti faktor-faktor yang membawa kepada risiko yang bakal terjadi, dan lokasi bagi setiap risiko juga boleh diunjurkan. Selain itu, sejarah bagi lokasi kemalangan dapat juga dipetakan, dan ini dapat membantu pihak berkaitan untuk membuat tindakan susulan bagi mengelakkan kemalangan ini daripada berlaku dimasa akan datang.

Menggunakan GIS, ianya dapat mengurangkan kos dan masa bagi pihak berkaitan untuk mengenalpasti lokasi aset-aset yang berisiko. Selain itu, pemantauan keadaan aset juga boleh dilaksanakan bersama dengan lokasi bagi setiap aset itu berada. Dalam kajian ini, dua faktor utama risiko bagi aset yang boleh dianalisis secara spasial telah dikenalpasti, iaitu (i) faktor tahap kecerunan serta (ii) faktor umur aset.

METODOLOGI KAJIAN

Bagi melaksanakan analisis spasial bagi aset sistem pempbetungan ini, terdapat empat fasa utama yang telah dilaksanakan, iaitu pengumpulan data, pengenalanpastian

faktor-faktor yang menyebabkan risiko bagi sistem pempbetungan, pembangunan pangkalan data spasial, dan analisis spasial bagi risiko-risiko bagi aset dalam sistem pempbetungan. Rajah 3 memaparkan ringkasan metodologi yang dijalankan dalam kajian ini.

KAWASAN KAJIAN

Skudai merupakan sub-bandar yang terletak di bahagian selatan Semenanjung Malaysia, kira-kira 20 kilometer ke selatan daripada Bandar Johor Bahru, Johor. Manakala di bahagian utara Skudai terletak bandar Senai sekitar 20 kilometer. Skudai juga berdekatan dengan pusat pentadbiran Negeri Johor, iaitu Iskandar Puteri, yang terletak kira-kira 30 kilometer ke arah selatan. Skudai terletak di bawah pentadbiran Majlis Bandaraya Iskandar Puteri, MBIP (sebelum ini dikenali sebagai Majlis Perbandaran Johor Bahru Tengah, MPJBT), dan terdapat sebuah institusi pendidikan tinggi, iaitu Universiti Teknologi Malaysia (UTM). Bentuk mukabumi Skudai tidak terlalu berbukit dan tidak terlalu landai. Kawasan tertinggi di Skudai adalah di Balai Cerap, yang terletak di dalam UTM, dan sering digunakan sebagai tempat cerapan bagi sebarang aktiviti astronomi dan falak.

Sistem pempbetungan di kawasan Skudai dikelolakan oleh syarikat Indah Water Konsortium Sdn Bhd (IWK), dan sistem pempbetungan di kawasan Skudai kebanyakannya

JADUAL 2. Data-data yang diperlukan bagi membuat analisis aset sistem pembetulan

Data Spatial	Data Atribut	Jenis Geometri
Manhole	Asset_no Ground_level Depth Developer Manhole_type Manhole_co	Point
Sewer line	Asset_no Diameter Gradient Length Pipe_type Resources	Line
Road	Road_id Road_name Road_length	Line
Main Road	Road_id Road_name Road_length	Line
River	River_id River_name river_length	Line
District Boundary	District_id District_name State	Polygon
State Boundary	State_id State_name State_length State_area	Polygon
Contour	Contour_id Elevation Entity Length	Line
Local Authority Boundary	PBT_id PBT_Name State Unit_Office	Polygon

adalah sistem pembetulan yang berhubung secara terus dengan loji kumbahan awam, namun terdapat juga sistem pembetulan menggunakan tangki septik individu. Sistem pembetulan yang berhubung dengan loji yang telah dibina dan masih diuruskan oleh IWK, dan ada yang telah melangkaui umur lebih 30 tahun, terutamanya di kawasan taman-taman perumahan yang lama, seperti di Taman Ungku Tun Aminah, Taman Sri Skudai dan Taman Sri Pulai. Taman-taman ini telah mula diduduki sekitar tahun 1980an, dan sehingga kini loji sistem pembetulan ini masih beroperasi. Oleh itu, terdapat keperluan bagi mengenalpasti risiko bagi aset-aset sistem pembetulan ini, terutama paip-paip dan aset lain dalam sistem pembetulan yang sudah berusia, selain faktor-faktor risiko yang lain.

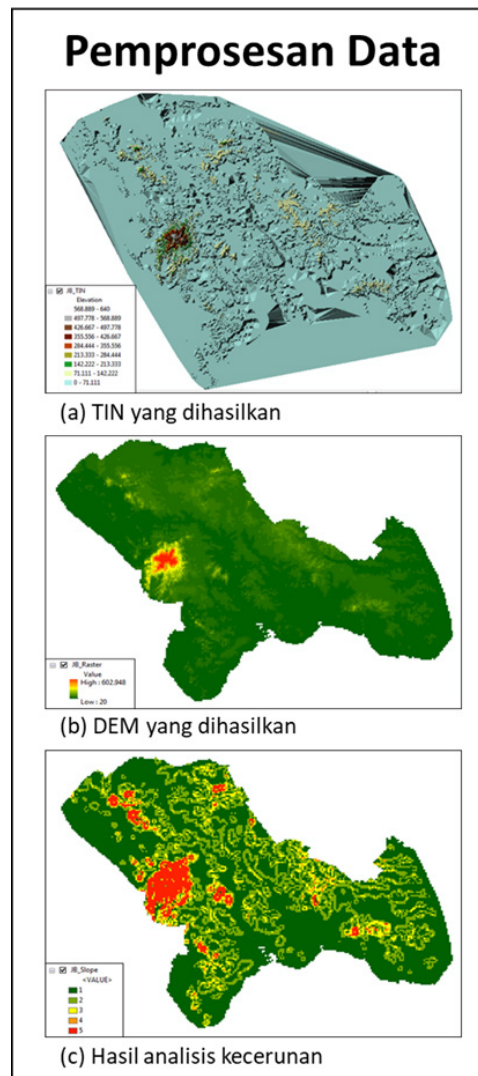
SUMBER DATA

Data yang dikumpulkan untuk kajian ini didapati daripada beberapa sumber. Data aset-aset sistem pembetulan

didapati daripada IWK, manakala data lain seperti data persempadanan, data ketinggian didapati daripada Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM). Data ini kemudiannya perlu disemak dan dibuat proses pembersihan (*cleanup*), selain perlu membuat *georeferencing* sebelum proses analisis dijalankan. Data yang diperlukan bagi membuat analisis adalah seperti Jadual 2.

PENILAIAN TAHAP KECERUNAN

Bagi menilai tahap risiko berdasarkan kepada kecerunan, tiga (3) langkah perlu dilaksanakan iaitu (1) pembangunan model *Triangular Irregular Network* (TIN), diikuti oleh (2) pembangunan *Digital Elevation Model* (DEM), dan seterusnya (3) Pembangunan model kecerunan. Data ketinggian (kontur) yang didapati daripada JUPEM akan dibuat proses interpolasi yang akan menghasilkan TIN. Hasil daripada interpolasi kepada TIN dipaparkan dalam rajah 4(a). TIN yang dihasilkan perlu ditindihkan dengan



RAJAH 4. Hasil analisis TIN, DEM dan kecerunan.

data sempadan. Tujuan pertindihan ini dilakukan adalah bagi mendapatkan bentuk TIN yang berdasarkan kawasan kajian.

Langkah seterusnya adalah pembangunan DEM, yang dianalisis daripada data TIN, dan di tindihkan dengan data sempadan daerah Johor Bahru dan Kulai. Pembangunan DEM akan menghasilkan maklumat raster, yang mana setiap piksel yang terdapat dalam data DEM akan mempunyai nilai ketinggian yang berbeza. Hasil daripada pembangunan DEM dipaparkan pada rajah 4(b).

Langkah terakhir untuk melaksanakan analisis cerun adalah pembangunan maklumat kecerunan. Analisis yang dilaksanakan adalah menggunakan darjah kecerunan. Daripada darjah kecerunan ini, 5 kelas kecerunan telah dikenalpasti, iaitu bagi kelas 1, adalah bagi darjah kecerunan 0 hingga 3, kelas 2 bagi darjah kecerunan 4 hingga 6, kelas 3 bagi darjah kecerunan 7 hingga 9, kelas 4 bagi darjah kecerunan 10 hingga 12, dan kelas 5 bagi darjah kecerunan melebihi 13. Kelas kecerunan ini menunjukkan kelas 1 merupakan sangat kurang risiko, kelas 2 merupakan kurang risiko, kelas 3 bagi risiko sederhana, kelas 4 risiko

tinggi, dan kelas 5 menunjukkan sangat berisiko tinggi. Pelaksanaan analisis cerun akan menghasilkan maklumat dalam bentuk kategori yang berdasarkan kepada nilai darjah kecerunan, dan menggunakan kaedah pengkelasan (*classification*). Rajah 4(c) menunjukkan hasil analisis bagi kecerunan.

PENILAIAN RISIKO ASET

Penilaian risiko aset sistem pembedugan dilaksanakan selepas mengenali risiko-risiko yang dijangka terjadi. Risiko yang dikenalpasti adalah analisis kecerunan dan juga tahap umur aset. Aset yang lebih berumur mempunyai risiko yang lebih tinggi. Jadual 3 menunjukkan tahap risiko berdasarkan kepada umur aset. Tahap ini ditentukan daripada umur aset yang terdapat dalam sistem yang telah dibangunkan. Umur aset yang dikenalpasti adalah antara tahun 1970 sehingga tahun 2014. Oleh itu, empat kategori telah diberikan, iaitu nilai 4 diberikan kepada aset yang paling berisiko, dan nilai 1 diberikan kepada aset yang paling kurang risiko berdasarkan umur aset (Jadual 3). Bagi

menilai tahap kecerunan, lima kategori telah dikenalpasti, dan ditunjukkan dalam jadual 4. Nilai 5 menunjukkan tahap kecerunan yang paling berisiko, dan nilai 1 menunjukkan nilai yang paling kurang berisiko.

Daripada kedua-dua faktor kecerunan dan tahap umur aset, formula bagi mengira tahap risiko aset sistem pembedungan ditunjukkan dalam formula di bawah;

$$\text{Kategori risiko} = (\text{Kategori umur}) \times (\text{kelas kecerunan})$$

Berdasarkan formula yang dicadangkan di atas, pengiraan terhadap kadar risiko dan matriks penentuan risiko boleh dibangunkan. Jadual 5 menunjukkan pengiraan

kadar risiko berdasarkan formula di atas, manakala jadual 6 menunjukkan matriks penentuan risiko, yang mana sekiranya nilai hasil pengiraan jadual 5, kategori risiko dapat dihasilkan. Kategori bernilai 1 merupakan aset-aset yang berisiko rendah, manakala nilai 3 merupakan aset-aset yang berisiko tinggi.

HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Selepas data dikumpul dan diproses, kesemua maklumat ini kemudiannya dianalisis, menggunakan tiga analisis utama, iaitu:

JADUAL 3. tahap risiko berdasarkan umur aset

Kategori Umur aset	Tahun aset
4	1970 – 1980
3	1981 – 1990
2	1991 – 2006
1	2007 – 2014

JADUAL 4. Pengkelasan kelas kecerunan

Kelas Kecerunan	Ketinggian (darjah kecerunan)	Penerangan Kelas
1	0 – 3	Sangat kurang risiko
2	4 – 6	Risiko rendah
3	7 – 9	Risiko Sederhana
4	10 - 12	Risiko tinggi
5	> 13	Risiko sangat tinggi

JADUAL 5. Pengiraan kadar risiko

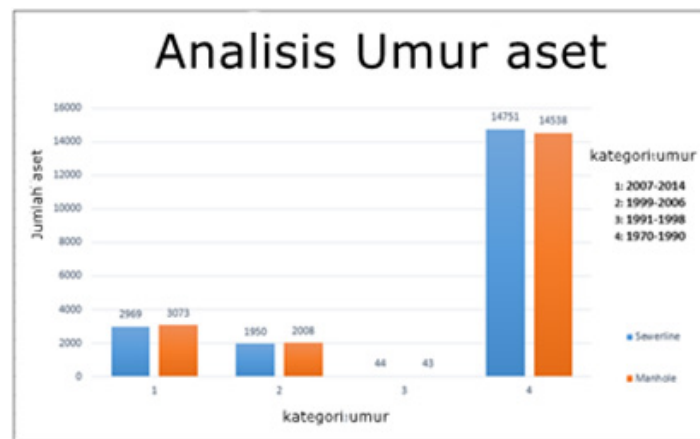
Kelas Kecerunan	Kategori umur			
	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	4	6	8
3	3	6	9	12
4	4	8	12	16
5	5	10	15	20

JADUAL 6. Matriks penentuan risiko

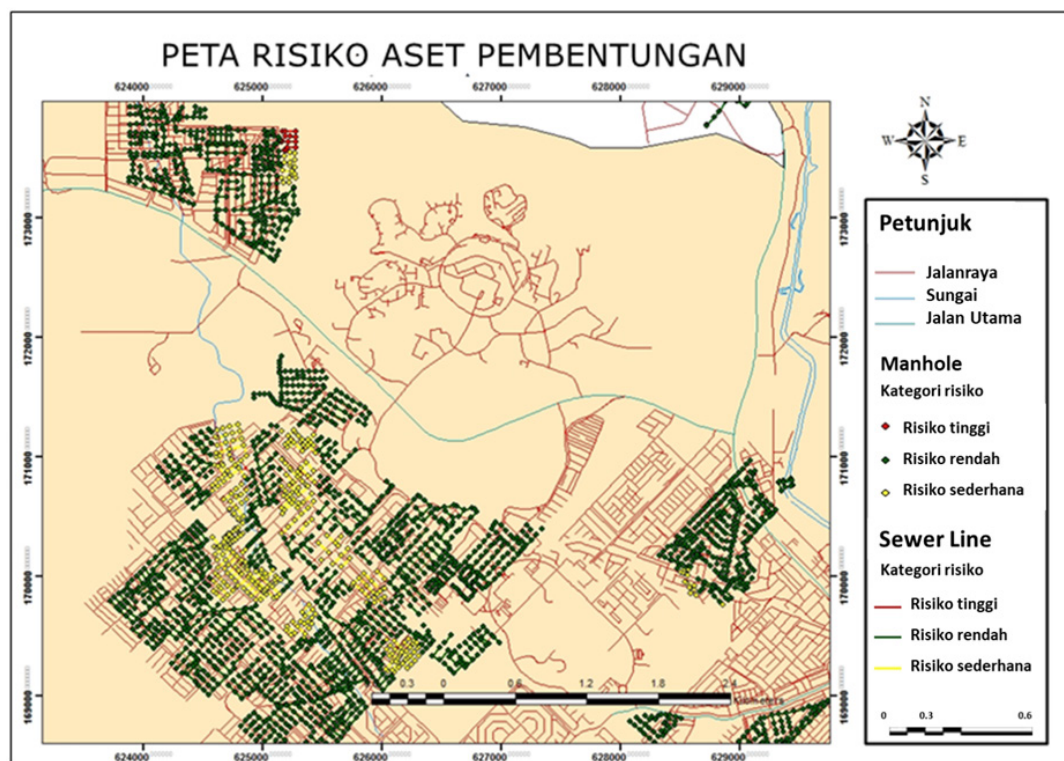
Kategori Risiko	Nilai Risiko	Penerangan
1	0 - 6	Risiko Rendah
2	7 – 12	Risiko Sederhana
3	13 - 20	Risiko Tinggi

JADUAL 7. Peratus kawasan berdasarkan kecerunan

Kelas Kecerunan	Nilai Kecerunan	Keluasan Kawasan (km ²)	Peratus (%)
1	0-1	11,105,146.75	89.52
2	1-2	978,073.48	7.89
3	2-3	286,786.14	2.31
4	3-4	31,544.21	0.25
5	> 4	3,097.21	0.03
	JUMLAH	12,404,647.79	100



RAJAH 7. Jumlah aset yang berisiko berdasarkan kategori umur



RAJAH 8. Peta risiko bagi aset sistem pembetulan

JADUAL 9. Jumlah dan peratus aset yang berisiko mengikut kelas

Kategori Risiko	Nilai Risiko	Jumlah Aset	Peratus (%)
1	1-6	37,094	90.8
2	7-12	3,655	8.9
3	13-20	103	0.3
JUMLAH		40,852	100

1. Analisis kebarangkalian risiko (Umur Aset).
2. Analisis kecerunan.
3. Analisis risiko aset sistem pembetulan.

Analisis kebarangkalian risiko dilaksanakan bagi mengenalpasti aset-aset yang berisiko untuk tidak berfungsi

disebabkan faktor umur aset yang semakin usang. Analisis dilaksanakan bagi dua aset utama, iaitu paip pembetulan serta manhole. Daripada analisis yang dilaksanakan, kebanyakan aset berisiko tinggi, kerana kebanyakan paip dan manhole yang sedia ada telah dibina antara 1970 sehingga 1990. Rajah 7 menunjukkan jumlah aset yang berisiko

mengikuti kategori risiko yang telah dikenalpasti. Jika dilihat, tiada aset bagi kawasan kajian yang dibina antara tahun 1991 sehingga 1998. Hasil analisis ini menunjukkan ketidakseimbangan pembinaan bagi sistem pembedungan di kawasan ini.

Bagi analisis kecerunan, hasil analisis adalah kawasan-kawasan dalam Johor Bahru yang berisiko mengikuti jadual 7. Berdasarkan hasil, kebanyakan kawasan dalam Daerah Johor Bahru adalah kurang berisiko, iaitu 89.52%, manakala kawasan yang berisiko tinggi hanya 0.03%. Ini menunjukkan kawasan kajian ini mempunyai risiko yang kurang dari aspek kecerunan.

Analisis yang seterusnya adalah bagi menunjukkan aset-aset yang mempunyai risiko berdasarkan gabungan kedua-dua faktor. Hasil analisis ini akan menunjukkan lokasi aset yang berisiko, dan jumlah aset yang paling berisiko. Jadual 9 menunjukkan jumlah aset yang terlibat, dan peratus aset yang berisiko berdasarkan kategori risiko. Rajah 8 menunjukkan peta bagi lokasi aset sistem pembedungan yang berisiko.

Hasil analisis ini menunjukkan kebanyakan aset sistem pembedungan adalah berisiko rendah, iaitu sebanyak 90.8%, manakala 8.9% aset berisiko sederhana, dan hanya 0.3% aset yang mempunyai risiko tinggi. Antara sebab aset dalam kawasan kajian kurang berisiko adalah kerana kawasan kajian yang landai, walaupun dari aspek umur terdapat banyak aset yang berisiko tinggi, akan tetapi dari aspek kecerunan, aset itu tidak berada dalam kawasan berisiko.

Untuk menambah baik analisis ini, beberapa cadangan boleh dilaksanakan, iaitu penambahbaikan dari segi data yang digunakan, penambahan faktor atau parameter aset yang dibuat analisis, melaksanakan kajian kes di tempat yang lebih tinggi risiko kecerunan, serta memasukkan faktor jenis gunatanah (*land use*) dan jenis-jenis tanah (*geology*) dalam analisis yang dilaksanakan.

KESIMPULAN

Kertas kajian ini menerangkan hasil analisis yang dilaksanakan bagi mengenalpasti risiko dan lokasi yang bakal berlaku pada aset-aset sistem pembedungan. Tujuan kajian ini adalah bagi mengenalpasti risiko yang boleh terjadi kepada aset-aset dalam sistem pembedungan, fokus kepada paip pembedungan dan *manhole*. Dua analisis telah dikenalpasti iaitu analisis bagi tahap kecerunan aset, serta analisis kebarangkalian risiko berdasarkan umur, dan gabungan kedua-dua faktor ini dilaksanakan analisis spatial bagi mengenalpasti aset yang berisiko rendah, berisiko sederhana dan berisiko tinggi.

Hasil analisis ditunjukkan dalam bentuk jumlah aset yang terlibat, serta peta bagi kawasan kajian, yang menunjukkan aset-aset yang berada dalam kategori risiko yang berbeza. Hasil kajian ini diharapkan dapat membantu pihak pengurusan yang menguruskan sistem pembedungan dalam mengenalpasti aset yang berisiko, dan membuat perancangan bagi membuat keputusan yang sesuai.

PENGISYTIHARAN KEPENTINGAN BERSAING

Tiada.

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Indah Water Konsortium Sdn Bhd atas kerjasama dan data-data yang telah diberikan. Kami juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Universiti Teknologi Malaysia atas pembiayaan geran di bawah Geran Potential Academic Staff (PAS), nombor vote 03K12.

RUJUKAN

- Abdullah, M. A. 2001. *Sistem Pembedungan Terpusat: Strategi Melestarikan Pengurusan Kumbahan*.
- Baum, R., Luh, J., & Bartram, J. 2013. Sanitation: A global estimate of sewerage connections without treatment and the resulting impact on MDG progress. *Environmental Science & Technology* 47(4): 1994–2000.
- Blackett, I. 2015. *Building urban sewerage infrastructure – but where is the sewage?* | *The Water Blog*. <http://blogs.worldbank.org/water/building-urban-sewerage-infrastructure-where-sewage>
- Foon Weng Lian. 2018. *Malaysian Water: Sistem Pembedungan dan Tanggungjawab Pengguna*. <http://malaysianwater.blogspot.com/p/sistem-pembedungan-dan-tanggungjawab.html>
- Forum Air Malaysia. 2015. *Technology for Water and Sewerage Infrastructures Around the World*. Forum Air Malaysia. <http://www.forumair.org.my/technology+for+water+and+sewage+infrastructures+around+the+world-3180-175466/>
- Heywood, I., Cornelius, S., & Carver, S. 2002. *An introduction to geographical information systems*. Prentice Hall. <http://books.google.com.my/books?id=ee5OAAAAMAAJ>
- IWK, I. W. K. S. B. 2018a. *Indah Water Portal*. <https://www.iwk.com.my/do-you-know/sewage-treatment-plant>
- IWK, I. W. K. S. B. 2018b. *Indah Water Portal | Individual Septic Tanks (IST)*. <https://www.iwk.com.my/do-you-know/individual-septic-tanks>
- McGhee, T. J., & Steel, E. W. 1991. *Water Supply and Sewerage*. Volume 6. New York: McGraw-Hill New York.
- Mohd Zubaidi Daud. 2016. *Application of Geospatial Technology in Sewerage Asset Management*.
- Ngaruiya, J. K., & Ngigi, M. M. 2014. *A GIS-Based Analysis of Sewer Chokes in Nairobi*. http://ir.jkuat.ac.ke/bitstream/handle/123456789/2877/A_GIS-BASED_ANALYSIS_OF_SEWER_CHOKES_IN_NAIROBI.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Singh, R. P., & Agrawal, M. (2008). Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management*, 28(2), 347–358.
- Victoria, E. P. A. 2009. Guidelines for risk assessment of wastewater discharges to waterways. *EPA Publication 1287: 1–16*.

- Water, S. T. 2018. *Derby Sewage Treatment Works Risk Assessment*. <https://www.stwater.co.uk/content/dam/stw/my-severn-trent/documents/Derby-Site-Tour-Risk-assessment.pdf>
- Zhang, J., Cao, X.-S., & Meng, X.-Z. 2007. Sustainable urban sewerage system and its application in China. *Resources, Conservation and Recycling* 51(2): 284–293.
- Zhao, Y. W., Qin, Y., Chen, B., Zhao, X., Li, Y., Yin, X. A., & Chen, G. Q. 2008. GIS-based optimization for the locations of sewage treatment plants and sewage outfalls – A case study of Nansha District in Guangzhou City, China. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* 14: 1754–1765. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2007.12.016>