NAHRIM
INSTITUT PENYELIDIKAN AIR KEBANGSAAN MALAYSIA

Jabatan Perkhidmatan Pembetungan (JPP)



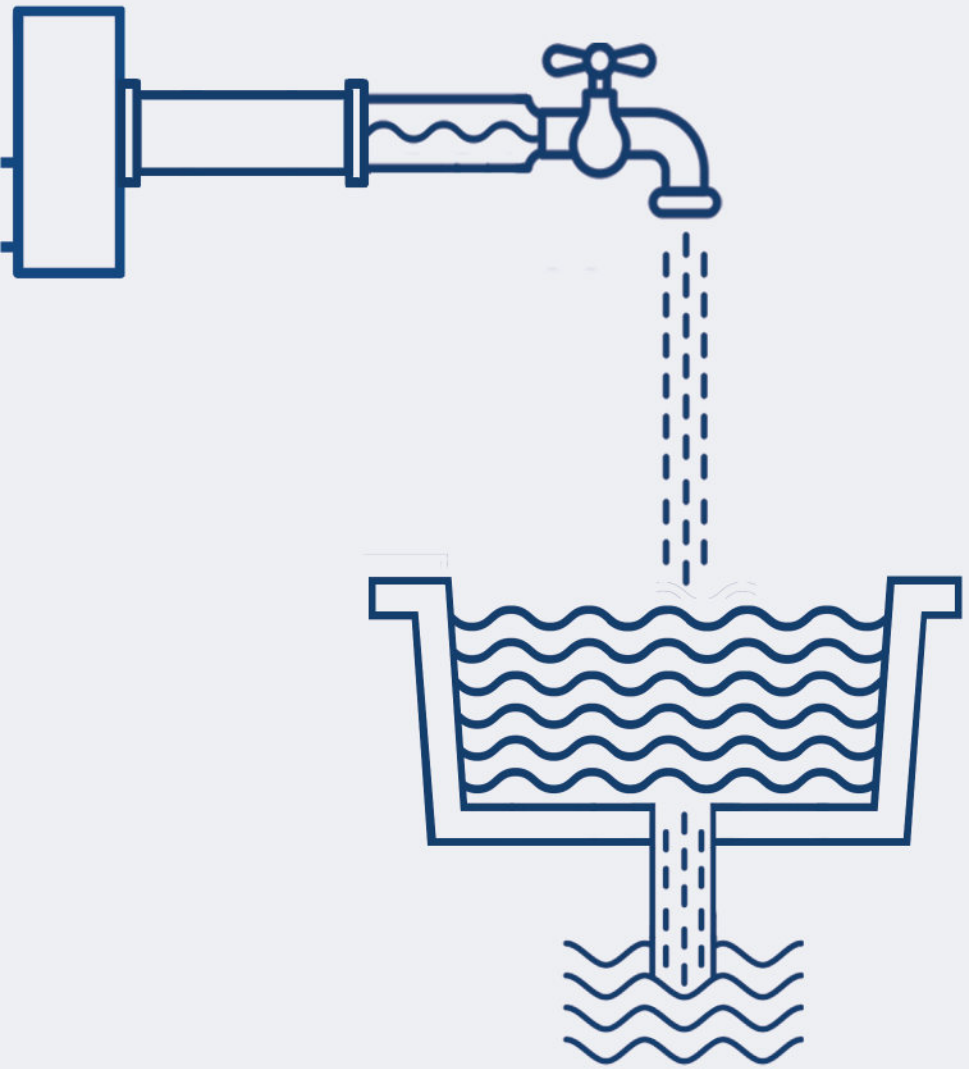
Pengurusan *Greywater* di Malaysia

Perspektif Tadbir Urus, Kawalan, Penguatkuasaan dan Teknologi Rawatan

WAN ABD RAHIM W.A. | MOHD ZAKI M.A. | ALIAS I. | ZUBAIDI J.
RAJA BAHARUDIN R.M. | BASHIRAH M.F. | ANG S.Y.

NAHRIM
INSTITUT PENYELIDIKAN AIR KEBANGSAAN MALAYSIA

Jabatan Perkhidmatan Pembetungan (JPP)



Pengurusan *Greywater* di Malaysia

Perspektif Tadbir Urus, Kawalan, Penguatkuasaan dan Teknologi Rawatan

Wan Abd Rahim W.A. | Mohd Zaki M.A. | Alias I.
Zubaidi J. | Raja Baharudin R.M. | Bashirah M.F. | Ang S.Y.

© **Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM) 2023**
© **Jabatan Perkhidmatan Pembetungan (JPP) 2023**

Hak cipta terpelihara. Tiada mana-mana bahagian daripada penerbitan ini boleh dihasilkan semula atau disiarkan dalam sebarang bentuk atau dengan apa cara sekalipun, elektronik atau mekanikal termasuk fotokopi, rakaman, atau sebarang sistem penyimpanan dan perolehan maklumat, tanpa kebenaran bertulis.

Diterbitkan oleh:

Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM)
Lot 5377, Jalan Putra Permai,
43300 Seri Kembangan, Selangor,
MALAYSIA.
Tel: +603-8947 6400
Faks: +603-4948 3044
http://www. nahrim.gov.my

Dengan kerjasama:

Jabatan Perkhidmatan Pembetungan (JPP)
Blok B, Aras 2 & 3, Suasana PjH
No 2, Jalan Tun Abdul Razak,
Presint 2,
62100 Wilayah Persekutuan Putrajaya,
MALAYSIA.
Tel: +603-8861 9000
Faks: +603-8861 9010
http://www.jpp.gov.my

Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

Perpustakaan Negara Malaysia

Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati dari Perpustakaan Negara Malaysia

ISBN 978-967-0382-62-3

Rekabentuk dan dicetak oleh:
Visual Print Sdn. Bhd.

BARISAN KETUA PENYUNTING (CHIEF EDITORS)

Ts. Hj. Wan Abd Rahim Bin Wan Abdullah (Ketua Pengarah JPP)
Tn. Ir. Mohd. Zaki Bin Mat Amin (Ketua Pengarah NAHRIM)
Tn. Hj. Alias Bin Idris (Timbalan Ketua Pengarah JPP)
Ir. Huzaini Bin Husain (Timbalan Ketua Pengarah JPP)
Ts. Hj. Zubaidi Bin Johar (Pengarah Pusat Kajian Kualiti Air dan Alam Sekitar, NAHRIM)
YM Raja Baharudin Bin Raja Mamat (Pengarah Bahagian Perancangan Strategik, JPP)

JAWATANKUASA PENYUNTING (EDITORIAL COMMITTEE)

ChM. Dr. Bashirah Binti Mohd Fazli (NAHRIM)
Ang Shin Ying (NAHRIM)

GAMBAR DAN ILUSTRASI

ChM. Dr. Bashirah Binti Mohd Fazli (NAHRIM)
Ang Shin Ying (NAHRIM)
Norbaizura a/p Ngah (NAHRIM)
Ahmad Ruzaini Bin Ismail (NAHRIM)
Mohd Saiful Amri Bin Roslam (NAHRIM)

KOORDINATOR PENERBITAN JPP

Ir. Fahmi Bin Ngaliman
Nirmala Devi a/p Kerisnan@Krishnan

Penafian (disclaimer): Pihak Jabatan Perkhidmatan Pembetungan (JPP) dan Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM) tidak bertanggungjawab ke atas kandungan penulisan yang ditulis oleh jabatan-jabatan dan agensi-agensi kerajaan yang menyumbang artikel sebagai penulis jemputan dalam penerbitan buku infografik ini. Semua maklumat yang ditulis oleh penulis-penulis adalah hak milik intelek penulis sepenuhnya mengikut jabatan dan agensi yang diwakili dan telah disemak serta disahkan oleh Ketua Jabatan masing-masing.

Gambar-gambar yang diterbitkan dalam buku ini juga adalah hak milik intelek NAHRIM dan penulis-penulis yang menyumbang artikel mengikut bahagian.

Kandungan

Penghargaan iv

Sekapur Sirih, Seulas Pinang v

Secangkir Kopi Daripada Pejabat Pengurusan Tertinggi JPP dan NAHRIM vi

BAHAGIAN 1 PENGENALAN KEPADA *GREYWATER* 1

- ***Greywater* di Malaysia** 2
  oleh Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM)

BAHAGIAN 2 TADBIR URUS *GREYWATER* DI MALAYSIA 27

- **Pengawalseliaan dan Pengurusan *Greywater* ke Arah Kelestarian Sumber Air** 28
  oleh Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara (SPAN)
- **Tadbir Urus Pengurusan *Greywater* di Kawasan Pihak Berkuasa Tempatan - Daripada Perspektif Perundangan Berkaitan Kerajaan Tempatan** 46
  oleh Jabatan Kerajaan Tempatan (JKT)

BAHAGIAN 3 KAWALAN DAN PENGUATKUASAAN PELEPASAN *GREYWATER* DI MALAYSIA 67

- **Pengurusan dan Penguatkuasaan *Greywater* di Putrajaya** 68
  oleh Perbadanan Putrajaya (PPJ)
- **Pengurusan *Greywater* di Pulau Pinang – Kawalan dan Penguatkuasaan di Bawah Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP)** 83
  oleh Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP)

BAHAGIAN 4 TEKNOLOGI RAWATAN *GREYWATER* DI MALAYSIA 95

- **Teknologi Rawatan dan Disinfeksi *Greywater* di Malaysia: Kajian Dapatan** 97
  oleh Universiti Sains Malaysia (USM)
- **NAHRIM *Greywater Treatment System* (N-GREY)** 113
  oleh Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM)
- **Loji Rawatan *Greywater* (SWTP) Lorong Bunus, *River of Life* (ROL)** 121
  oleh Jabatan Pengairan dan Saliran Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur (JPS WPKL)
- **NAHRIM *Oil and Food Waste Trap* (NoFAT)** 141
  oleh Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM)

Singkatan 150

PENGHARGAAN

Jabatan Perkhidmatan Pembetungan (JPP) dan Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM) merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan jutaan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat sama ada secara langsung mahu pun tidak langsung sepanjang kajian *greywater* ini dilaksanakan..

Sekalung penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga dirakamkan khusus kepada semua yang terlibat atas kerjasama yang diberikan kepada NAHRIM dalam aspek pengumpulan data kualiti air dan gambar-gambar bagi memastikan kajian pengurusan *greywater* ini berjalan dengan lancar dan menepati jadual kerja yang ditetapkan oleh JPP.

1. Majlis Daerah Manjung
2. Majlis Daerah Port Dickson
3. Gerai-gerai Manjung, Pulau Pangkor dan Port Dickson
   - Gerai Pantai Teluk Batik, Manjung
   - Gerai Taman Samudera, Manjung
   - Gerai Jalan Pasir Bogak, Pulau Pangkor
   - Gerai Jalan Pantai Teluk Kemang, Port Dickson
4. Restoran Manjung, Pulau Pangkor dan Port Dickson
   - Restoran Seri Manjung, Manjung
   - Restoran Lumut, Manjung
   - Restoran Kampung Masjid, Pulau Pangkor
   - Restoran Jalan Pasir Bogak, Pulau Pangkor
   - Restoran Sungai Pinang Kecil, Pulau Pangkor
5. Medan Selera Manjung dan Port Dickson
   - Medan Selera Seri Manjung, Manjung
   - Medan Selera Pasar Tani Kekal, Manjung
   - Medan Selera Lumut, Manjung
   - Port Dickson Waterfront Food Truck Park, Port Dickson
   - Medan Selera Pusat Peniaga MPPD, Port Dickson
6. Pasar Awam Manjung, Pulau Pangkor dan Port Dickson
   - Pasar Awam Seri Manjung
   - Pasar Nelayan Kecil Kampung Permatang Seri Manjung
   - Pasar Awam Jalan Kampung Masjid, Pulau Pangkor
   - Pasar Teluk Kemang, Port Dickson
   - Pasar Besar Port Dickson
7. Kedai Cucian Kereta Manjung, Pulau Pangkor dan Port Dickson
   - Pusat Cuci Kereta Seri Manjung, Manjung
   - Pusat Cuci Kereta Jalan Pasir Bogak, Pulau Pangkor
   - Pusat Cuci Kereta Jalan Pantai Teluk Kemang, Port Dickson
8. Kedai Dobi Manjung, Pulau Pangkor dan Port Dickson
   - Kedai Dobi Seri Manjung
   - Kedai Dobi Lumut
   - Kedai Dobi Jalan Pasir Bogak, Pulau Pangkor
   - Kedai Dobi Jalan Pasar Teluk Kemang, Port Dickson
9. Industri Makanan Pulau Pangkor dan Port Dickson
   - Industri Makanan Sungai Pinang Kecil, Pulau Pangkor
   - Industri Makanan Jalan Pasar Teluk Kemang, Port Dickson
10. Perumahan di Manjung, Pulau Pangkor, dan Port Dickson
    - Perumahan Taman Fasa Manjung; Taman Desa Manjung; Taman Lumut Indah dan Taman Permata Lumut, Manjung
    - Perumahan Taman Pangkor Indah; Taman Foo Ling Kong; Kampung Tanjung Kelawai dan Kampung Cina, Pulau Pangkor
    - Perumahan Taman Bunga Kertas; Taman Selayang; Kampung Baharu dan Kediaman Ancasa, Port Dickson
11. Jabatan Pelaksanaan Projek dan Penyelenggaraan Bangunan, Dewan Bandaraya Kuala Lumpur (DBKL)
    - Loji Rawatan Air Sisa Pasar Borong Kuala Lumpur
    - Loji Rawatan Air Sisa Pasar Jinjang Utara

SEKAPUR SIRIH, SEULAS PINANG

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh, Salam Sejahtera dan Salam Malaysia Madani.

Alhamdulilah, syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan keizinan dan limpah kurniaNya, buku Infografik *Greywater* ini berjaya diterbitkan yang merupakan hasil usaha sama Jabatan Perkhidmatan Pembetungan (JPP) dan juga NAHRIM.

Saya bagi pihak pengurusan tertinggi JPP ingin mengucapkan syabas dan tahniah kepada semua ahli Jawatankuasa JPP dan NAHRIM, atas usaha dan komitmen yang tidak berbelah bahagi dalam menerbitkan Buku Infografik ini.

Penerbitan buku Infografik ini adalah berlandaskan kepada tema-tema yang terdiri daripada tadbir urus, kawalan dan penguatkuasaan serta produk inovasi dalam rawatan *greywater*. Secara ringkas, *greywater* adalah merupakan sejenis air kumbahan bukan domestik yang terhasil daripada aktiviti-aktiviti pembasuhan, pembersihan dan penyucian di kawasan penempatan manusia, perniagaan, perindustrian, pembinaan dan pertanian.

Saya percaya penerbitan buku Infografik *Greywater* ini dapat menjadi medium interaksi bagi jaringan komuniti penyelidikan air dan pembetungan dalam memperkenalkan metodologi dan kaedah rawatan yang menggunakan konsep teknologi hijau dan mesra alam.

Di samping itu, buku ini juga diwujudkan bagi memaparkan hasil penyelidikan di kalangan profesional dan ilmuan dari penggiat-penggiat sektor air dan pembetungan khususnya produk inovasi dan teknologi yang dibangunkan oleh kepakaran tempatan. Penerbitan buku Infografik *Greywater* ini sedikit sebanyak akan dapat dijadikan bahan rujukan kepada golongan professional, akademik serta penggiat-penggiat industri sektor air dan pembetungan.

Selain itu, penerbitan buku ini juga adalah sebagai tanda penghargaan dan penghormatan kepada semua pihak yang terlibat dalam menyumbangkan idea dan maklumat. Semoga penerbitan buku ini dapat dijadikan asas rujukan kepada penyediaan garis panduan standard kualiti air *greywater* dan dapat membantu kerajaan seperti Pihak Berkuasa Tempatan (PBT), badan penguatkuasa dan agensi-agensi lain dalam penyediaan perancangan pelan pengurusan *greywater* dalam mengawal dan mengatasi masalah pencemaran daripada *greywater* dengan lebih efektif.

Akhir kata, saya merakamkan ucapan penghargaan dan tahniah kepada semua pihak yang telah bertungkus lumus dalam memastikan penerbitan ini berjaya dilaksanakan.

Sekian dan selamat membaca.



TS. HJ. WAN ABD RAHIM
BIN WAN ABDULLAH
Ketua Pengarah
Jabatan Perkhidmatan Pembetungan

Secangkir Kopi

DARIPADA PEJABAT PENGURUSAN TERTINGGI JPP DAN NAHRIM



TUAN HAJI ALIAS BIN IDRIS
Timbalan Ketua Pengarah
Sektor Perancangan dan Pembangunan
Jabatan Perkhidmatan Pembetungan

Pemahaman umum berkenaan *greywater* adalah air sisa yang terhasil daripada aktiviti cucian pakaian, pembasuhan pinggan mangkuk, dapur, mandian, dan cucian kereta. Walau bagaimanapun, definisi yang tepat dan urus tadbir dari segi aspek perundangan, kawalan pelepasan dan piawaian kualiti air berkaitan *greywater* di Malaysia adalah masih longgar dan perlu diperkasakan. Pemahaman umum bahawa *greywater* adalah sebahagian daripada air kumbahan juga adalah tidak tepat kerana *greywater* dan air kumbahan memiliki kualiti dan karakter yang amat berbeza.

Sehubungan itu dalam usaha kerajaan menambahbaik pengurusan *greywater* di Malaysia, pihak NAHRIM telah dilantik oleh Jabatan Perkhidmatan Pembetungan (JPP) sebagai agensi pelaksana untuk menjalankan kajian analisis situasi semasa berkaitan tadbir-urus *greywater* di Malaysia. Kajian ini melihat kepada keperluan menentukan aktiviti-aktiviti yang menjadi punca utama penghasilan *greywater*, mengenalpasti parameter-parameter kualiti air yang boleh dijadikan indikator penentuan punca pencemaran *greywater*, menambahbaik garis panduan sedia ada terutama dari segi takrifan dan tafsiran *greywater*, kelompongan undang-undang sedia ada dan memperlihatkan teknologi rawatan pelepasan *greywater* hasil kajian kepakaran tempatan.

Objektif yang disasarkan dalam kajian ini adalah untuk memperkasakan pengurusan dan pentadbiran *greywater* di Malaysia terutama aspek kualiti air dan pencemaran yang terangkum di bawah bidang kuasa kementerian. Oleh yang demikian, kajian perintis ini akan memberi fokus kepada pengenalpastian parameter-parameter yang boleh menjadi ukuran tahap pencemaran *greywater*, menentukan punca-punca pelepasan *greywater* dan aktiviti-aktiviti yang menyumbang kepada pelepasan *greywater*. Standard dan piawaian yang diamalkan oleh negara-negara maju seperti Australia dan Singapura dijadikan rujukan utama dalam kajian ini kerana Malaysia masih

Objektif yang disasarkan dalam kajian ini adalah untuk memperkasakan pengurusan dan pentadbiran *greywater* di Malaysia terutama aspek kualiti air dan pencemaran yang terangkum di bawah bidang kuasa kementerian.

belum mempunyai standard khusus bagi mengawal-selia kualiti air pelepasan *greywater* ke dalam longkang dan sungai.

Buku infografik ini juga turut mengetengahkan tadbir urus, penguatkuasaan serta kawalan yang dilaksanakan oleh pihak berkuasa tempatan mengikut daerah dan negeri iaitu di Bahagian Dua dan Bahagian Tiga buku ini. Salah satu komponen penting dalam buku ini juga adalah kupasan berkenaan inovasi dan teknologi rawatan *greywater* yang dibangunkan oleh jabatan, institusi dan universiti tempatan seperti yang dipaparkan di Bahagian Empat buku infografik ini. Inovasi dan teknologi yang telah dibangunkan dengan kepakaran tempatan diharap dapat menjadi rujukan untuk membantu jabatan yang berkaitan dan pihak berkuasa tempatan dalam usaha mengawal pencemaran *greywater*, memperkasa kaedah tadbir-urus sedia ada dan mengalakkan penggunaan semula *greywater*.

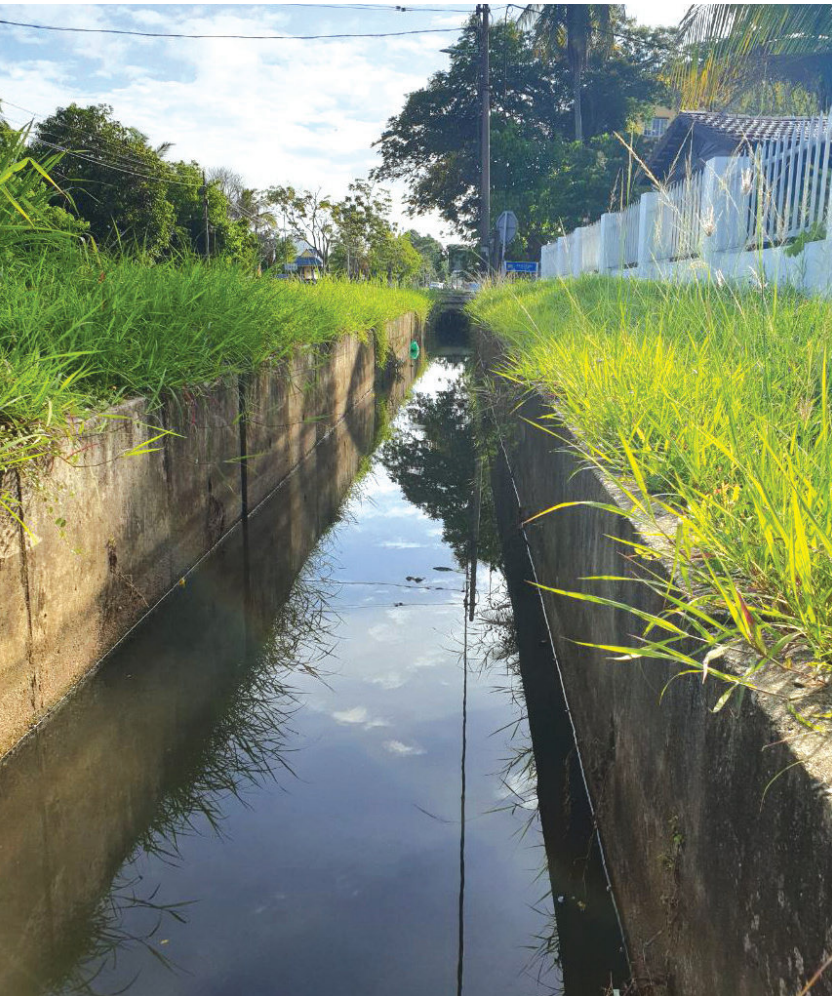
Akhir kata, NAHRIM merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Kementerian melalui Jabatan Perkhidmatan Pembetungan di atas pelantikan sebagai agensi pelaksana kajian di bawah peruntukan SCC JPP. Hasil kajian ini berupaya memperkasakan urus tadbir dan kawalan *greywater* di Malaysia, di samping mengangkat martabat JPP sebagai peneraju perkhidmatan pembetungan negara dan NAHRIM sebagai institusi penyelidikan air yang berganding bahu dengan jabatan-jabatan teknikal dan agensi-agensi pelaksanaan dasar serta polisi kerajaan baik di peringkat persekutuan atau negeri yang bertanggungjawab dalam pengurusan *greywater*.

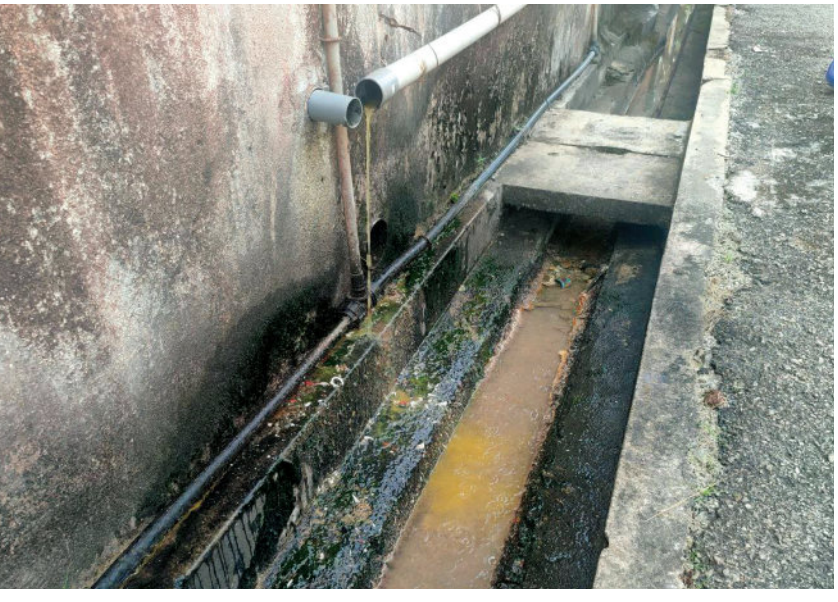


IR. HUZAINI BIN HUSAIN
Timbalan Ketua Pengarah
Sektor Perancangan dan Pembangunan
Jabatan Perkhidmatan Pembetungan



IR. MOHD ZAKI BIN MAT AMIN
Ketua Pengarah
Institut Penyelidikan Air Kebangsaan
Malaysia (NAHRIM)







Sumber: NAHRIM

PENGENALAN KEPADA *GREYWATER*

BAHAGIAN 1

GREYWATER DI MALAYSIA

ChM. Dr. Bashirah binti Mohd Fazli
Ang Shin Ying
Pusat Kajian Kualiti Air dan Alam Sekitar (PKKAAS)
Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM)









Sumber: NAHRIM

Pengenalan

Secara umumnya *greywater* atau *sullage* adalah air kumbahan bukan najis. *Greywater* terhasil daripada aktiviti-aktiviti pembasuhan, pembersihan dan penyucian seperti cucian pakaian, pinggan mangkuk, dapur, mandian dan kenderaan serta seumpamanya di kawasan perumahan, perniagaan, perindustrian, pembinaan, perlombongan dan pertanian [1].

Aktiviti-aktiviti utama yang menghasilkan *greywater* kebiasaannya adalah daripada sinki dapur, mesin basuh, bilik mandi, restoran, pasar basah, pusat mencuci kereta dan sebagainya yang berkaitan [2]. Friedler dan Hadari [3] melaporkan bahawa jumlah pecahan *greywater* menyumbang kepada 60% hingga 70% daripada jumlah penghasilan air sisa domestik.

Aktiviti yang pelbagai ini merupakan faktor yang menyumbang kepada kepekatan bahan pencemar (*pollutant concentration*) yang tinggi dalam komposisi air sisa dan sepatutnya tidak dibenarkan mengalir masuk ke dalam sistem sungai tanpa sebarang rawatan [4]. Walau bagaimanapun, sebahagian besar *greywater* yang terhasil







daripada aktiviti domestik dan komersial mengalir masuk terus ke dalam sungai tanpa sebarang rawatan [5].

Takrifan dan tafsiran bagi menyeragamkan definisi *greywater* di Malaysia masih belum mencapai kata sepakat yang dipersetujui secara dasar di kalangan penggubal dasar dan polisi termasuk Jabatan dan agensi yang bertanggungjawab secara langsung dan mempunyai bidang kuasa dalam tadbir urus serta kawalan *greywater*. Takrifan operasional ada dicadangkan bagi memudahkan PBT menguatkuasakan undang-undang kawalan namun sehingga kini secara amnya *greywater* dibaca sebagai air sisa bukan kumbahan dan juga pihak SPAN memandatkan *greywater* termaktub di bawah Seksyen 2, Akta Industri Perkhidmatan Air (AIPA) 2006 dalam "kumbahan" yang ertinya apa-apa lepasan cecair yang mengandungi kumuhan manusia, haiwan atau bahan nabati dalam bentuk terampai atau larutan yang diperoleh daripada aktiviti domestik dan terhasil dari premis rumah, komersial, industri termasuk lepasan cecair dari tandas, besen, sinki, bilik air dan apa-apa perkakas kebersihan lain tetapi tidak termasuk air hujan dan efluen terlarang.

Kelompongan undang-undang dari kawalan aktiviti yang menghasilkan *greywater* dan pelepasan *greywater* juga merupakan isu penting yang perlu diberi perhatian berat oleh Kerajaan Persekutuan dan Negeri. Selain itu, isu penyambungan sisa *greywater* ke sistem paip pembetungan dan disalurkan ke sistem rawatan berpusat iaitu loji rawatan kumbahan juga merupakan salah satu faktor yang menjejaskan pengurusan berkesan *greywater* memandangkan *greywater* dilepaskan terus ke dalam badan air oleh sesetengah pihak serta ada beberapa jenis *greywater* yang jatuh di bawah kategori efluen terlarang dalam Peraturan-Peraturan Industri Perkhidmatan Air (Efluen Terlarang) 2021. Kekangan utama iaitu keupayaan loji rawatan kumbahan dari segi operasi dan penyelenggaran untuk menerima dan merawat *greywater* dengan sempurna merupakan isu besar yang diutarakan oleh pihak IWK termasuk kos rawatan yang perlu ditampung kerana komponen parameter dalam *greywater* adalah jauh berbeza daripada kumbahan najis (*blackwater*).

Di Malaysia sebahagian *greywater* yang terhasil adalah dirawat secara konvensional bersama-sama dengan air kumbahan yang terhasil daripada mangkuk tandas yang mengandungi urin (*yellowwater*) dan najis manusia (*blackwater*) di kemudahan rawatan berpusat iaitu loji rawatan kumbahan [1, 6]. Rawatan dan kitar semula *greywater* di Malaysia masih belum dilaksanakan jika dibandingkan dengan negara-negara maju seperti Amerika Syarikat (USA), United Kingdom (UK), Australia, Jepun dan Jerman [6]. *Greywater* yang terhasil tidak digunakan semula disebabkan oleh isu sumber dan pengetahuan yang terhad dalam pelaksanaan dan pengurusan kitar semula *greywater* di samping *greywater* telah dirawat bersama *blackwater* dalam kemudahan rawatan berpusat [6]. Selain itu, terdapat juga isu perbezaan bidang kuasa (*jurisdiction*) di kalangan jabatan, agensi dan pihak berkuasa tempatan yang mengekang pelaksanaan pengurusan *greywater* yang berkesan di Malaysia.

Pengurusan *greywater* di Semenanjung Malaysia adalah di bawah bidang kuasa Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) dan Pihak Berkuasa Negeri (PBN) walaupun penetapan polisi dan dasar termasuk akta adalah di bawah bidang kuasa Kerajaan Persekutuan, namun pelaksanaan undang-undang kecil, penguatkuasaan pelaksanaan mengikut garis panduan di lapangan dan kebanyakan peraturan-peraturan adalah di bawah PBT dan PBN.

Di peringkat kawasan pentadbiran PBT dan PBN, kawalan aktiviti yang menghasilkan *greywater* perlu diperkemaskan walaupun terdapat akta dan garis panduan berkaitan pengurusan *greywater* di bawah kelolaan pihak PBT dan PBN. AIPA 2006 mewajibkan semua *greywater* dan *blackwater* yang dihasilkan perlu disalurkan ke dalam sistem pembetungan atau tangki septik tetapi tiada pihak

berkuasa yang mengawal selia pelepasan *greywater* atau sistem perpaipan pembetungan dalam sesebuah bangunan. Perkara ini perlu diberi perhatian serius dengan mengambil kira parameter yang hadir dalam *greywater* adakah terletak di bawah kategori efluen terlarang.

Akta sedia ada yang dikuatkuasa dalam kawasan PBT dan PBN di Semenanjung Malaysia adalah Akta 133 di bawah Akta Jalan, Parit Dan Bangunan 1974, Undang-Undang Malaysia. Namun, garis panduan untuk piawaian kualiti air *greywater* bagi mengatasi masalah pencemaran daripada pelepasan terus air sisa atau *greywater* masih belum dibangunkan di Malaysia [6]. Piawaian terdekat yang boleh dijadikan sumber rujukan pengawalan kualiti air *greywater* yang dilepaskan ialah Standard B di bawah Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Kumbahan) 2009, Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974.

Selain itu, pemantauan pelepasan *greywater* ke dalam badan air juga tidak dapat disandarkan atau dirujuk kepada mana-mana piawaian kerana Malaysia masih belum membangunkan sebarang piawaian rujukan pelepasan.

Punca *Greywater*

Punca penghasilan *greywater* di Malaysia boleh dibahagikan kepada empat kumpulan utama bergantung kepada aktiviti yang dijalankan seperti di **Rajah 1**. **Jadual 1** menunjukkan empat kumpulan utama dan ciri-ciri umum punca *greywater* tersebut [6-9].



Rajah 1: Punca *greywater* yang biasa di Malaysia.

Jadual 1: Punca dan ciri-ciri umum *greywater* [6-9].

PUNCA *GREYWATER*	CONTOH	CIRI UMUM	
Dobi	• Dobi komersial • Dobi automatik 24 jam • Dobi tradisi • Mesin basuh kediaman	Mikrobiologi:	Beban pelbagai koliform tahan suhu
		Kimia:	Natrium, fosfat, boron, surfaktan, ammonia dan nitrogen daripada serbuk sabun dan pakaian kotor
		Fizikal:	Pepejal terampai, lin, dan kekeruhan yang tinggi
		Biologi:	*BOD* dan *COD* yang tinggi
Bilik Mandi	• Kediaman • Tandas awam • Resort dan Chalet • Kawasan kolam renang	Mikrobiologi:	Tahap koliform tahan suhu yang lebih rendah
		Kimia:	Sabun, syampu, pewarna rambut, ubat gigi, dan bahan kimia pembersih
		Fizikal:	Pepejal terampai, rambut dan kekeruhan yang tinggi
		Biologi:	Tahap BOD dan COD yang lebih rendah
Dapur	• Kediaman • Restoran • Gerai • Resort dan chalet • Medan selera • Trak makanan	Mikrobiologi:	Beban pelbagai koliform tahan suhu
		Kimia:	Detergen, agen pembersih
		Fizikal:	Zarah makanan, minyak, lemak, gris, kekeruhan
		Biologi:	*BOD* dan *COD* yang tinggi
Aktiviti Pembersihan Am	• Pasar basah • Kemudahan cuci kereta • Restoran • Industri makanan • Kediaman	Mikrobiologi:	Beban pelbagai koliform tahan suhu
		Kimia:	Natrium, fosfat, boron, surfaktan, amonia & nitrogen daripada bahan kimia pembersih, zarah makanan, minyak, lemak, gris dan kekeruhan
		Fizikal:	Pepejal terampai dan kekeruhan yang tinggi
		Biologi:	Tahap *BOD* dan *COD* yang tinggi hingga sederhana

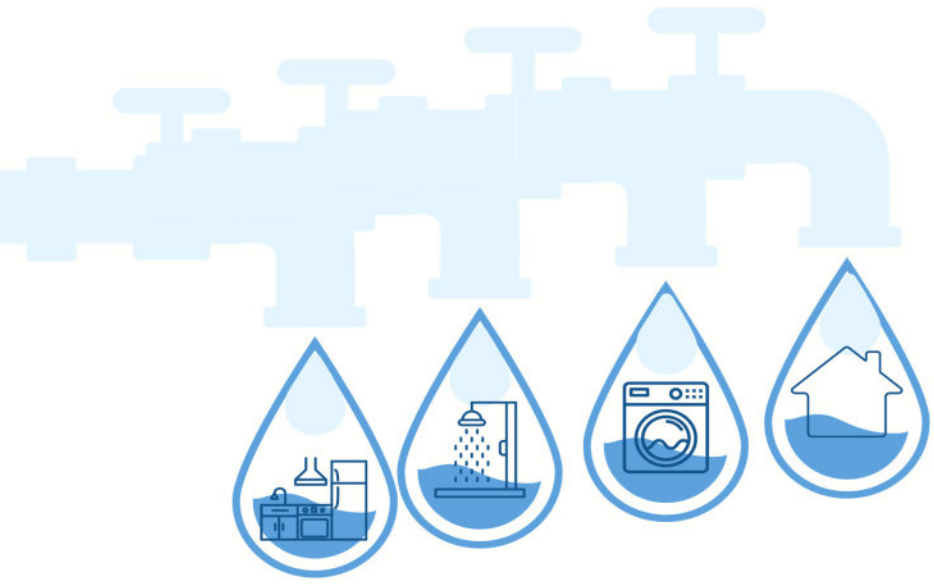
Penghasilan *Greywater*

Jumlah *greywater* yang dijana adalah tertakluk kepada beberapa faktor dan berbeza-beza nilai. Jumlah *greywater* yang dihasilkan di beberapa negara seperti dilaporkan oleh Morel & Diener [10] adalah seperti di **Jadual 2**:

Jadual 2: Jumlah *greywater* yang dihasilkan di beberapa negara terpilih [10].

PUNCA	NEGARA (LITER/ORANG/HARI)								
	VIETNAM	MALI	AFRIKA SELATAN	JORDAN	ISRAEL	NEPAL	SWITZERLAND	AUSTRALIA	MALAYSIA
Jumlah	80 – 110	30	20	50	98	72	110	113	225
Dapur	15 – 20	-	-	-	30	-	28	17	-
Mandian	30 – 60	-	-	-	55	-	52	62	-
Dobi	15 – 30	-	-	-	13	-	30	34	-
Sumber Bekalan Air	Pili air dalaman	Pili air tunggal	Pili air komuniti/ telaga air	Pili air dalaman	Pili air dalaman	Pili air dalaman	Pili air dalaman	Pili air dalaman	Pili air dalaman

Nota: Angka ini tidak menggambarkan purata negara tetapi berkaitan dengan kes tertentu dengan tetapan tertentu. Punca bekalan air dan taraf hidup merupakan faktor penentu berbanding lokasi.



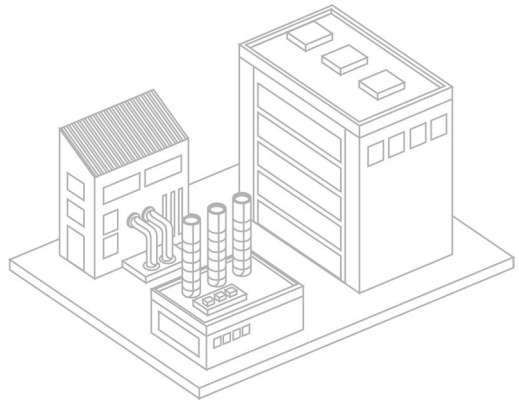


Sumber: NAHRIM

Ciri-Ciri *Greywater*

Ciri-ciri *greywater* sangat bergantung kepada jenis aktiviti yang menghasilkan *greywater* tersebut. Dalam konteks isi rumah, komposisi kimia *greywater* adalah berbeza dan bergantung kepada jenis aktiviti seperti aktiviti daripada bilik mandi, cucian pakaian atau dapur. Ciri-ciri *greywater* yang terhasil daripada punca komersial pula akan berbeza mengikut jenis aktiviti seperti cucian kereta, pasar basah, dobi atau restoran. Dalam konteks kediaman (dalam rumah), ciri-ciri *greywater* yang dihasilkan bergantung tinggi kepada tabiat, budaya, taraf hidup, demografi dan faktor-faktor lain seperti kesedaran alam sekitar dalam suatu isi rumah [10].

Secara umumnya *greywater* mungkin terdiri daripada pelbagai jenis bahan pencemar, termasuk pepejal terlarut dan terampai, sebatian alkali dan berasid, lemak, minyak dan gris, nutrien (nitrat dan fosfat) dan logam berat. Selain itu, *greywater* juga mungkin mengandungi mikroorganisma. Walaubagaimanapun, patogen hanya terdapat dalam *greywater* jika dicemari oleh najis. *Greywater* turut dipengaruhi oleh pertumbuhan bakteria. *Greywater* yang tidak dirawat cenderung bersifat anaerobik, dan menghasilkan bau busuk. Bau busuk terhasil disebabkan oleh penggunaan bahan kimia pembersih, produk kimia isi rumah serta produk kesihatan dan penjagaan diri, juga bahan yang mengandungi surfaktan dan sebatian organik xenobiotik serta pewarna. **Jadual 3** menunjukkan ringkasan ciri-ciri *greywater* daripada pelbagai punca [11-18].



Jadual 3: Ciri-ciri *greywater* daripada kawasan bandar dan luar bandar [11-18].

CIRI-CIRI	*GREYWATER* MUDA (*LIGHT GREYWATER*)				*GREYWATER* GELAP (*DARK GREYWATER*)			
Lokasi persampelan	Rumah Bandar di Malaysia [13]	Sekolah Luar Bandar di India [14]	Kawasan Luar Bandar di Jordan [15]	Kemudahan Pelancong di Sepanyol [16]	Sekolah di Luar Bandar India [14]	Kawasan Luar Bandar di Jordan [15]	Kawsan Setinggan Bandar di Uganda [17]	Asrama di Iran [18]
Punca *Greywater*	Pancuran mandi dan sinki bilik mandi	Besen tangan	Berwuduk dan besen tangan	Pancuran mandi dan sinki basuhan	Sinki dapur	Sinki dapur	Bilik mandi, dobi dan sinki dapur	Mesin basuh
Suhu (°C)							24.3 ± 2.5	
Kekeruhan (NTU)		196 ± 112		68.4 ± 39.8	225 ± 118			
Konduktiviti (µS/cm)			1,836	767 ± 108		1,066	2,097 ± 135	2,170 ± 100
TSS (mg/L)	36 – 224	351 ± 223	573	63 ± 114	619 ± 237	644	2,850 ± 689	
pH	5.94 – 6.40		7.6	7.08 ± 0.31		5.58	7.6 ± 1.2	6.7 ± 0.05
BOD_5 (mg/L)	168 – 673	344 ± 272	597	116 ± 67	445 ± 165	1,100	1,354 ± 389	240 ± 50
COD (mg/L)	146 – 903	643 ± 387	1,489	158 ± 112	553 ± 267	2,244	5,470 ± 1,075	480 ± 50
BOD_5 / COD	0.80	0.53	0.40	0.73	0.80	0.49	0.25	0.5
TOC (mg/L)				39.0 ± 25.6			940 ± 161	202 ± 5
DOC (mg/L)							568 ± 102	
TN (mg/L)				10.4 ± 9.3				
TKN (mg/L)			105	10.3 ± 9.0		51	64.5 ± 15.7	
Nitrit (mg/L)				0.06 ± 0.39				
Nitrat (mg/L)		34 ± 6		0.02 ± 0.04	40 ± 6			
NH_4-N (mg/L)				4.88 ± 2.92			26.0 ± 6.9	

Jadual 3: Ciri-ciri *greywater* daripada kawasan bandar dan luar bandar [11-18] (sambungan).

CIRI-CIRI	***GREYWATER* MUDA (*LIGHT GREYWATER*)**				***GREYWATER* GELAP (*DARK GREYWATER*)**			
Lokasi persampelan	**Rumah Bandar di Malaysia [13]**	**Sekolah Luar Bandar di India [14]**	**Kawasan Luar Bandar di Jordan [15]**	**Kemudahan Pelancong di Sepanyol [16]**	**Sekolah di Luar Bandar India [14]**	**Kawasan Luar Bandar di Jordan [15]**	**Kawsan Setinggan Bandar di Uganda [17]**	**Asrama di Iran [18]**
Punca *Greywater*	**Pancuran mandi dan sinki bilik mandi**	**Besen tangan**	**Berwuduk dan besen tangan**	**Pancuran mandi dan sinki basuhan**	**Sinki dapur**	**Sinki dapur**	**Bilik mandi, dobi dan sinki dapur**	**Mesin basuh**
NH_3 (mg/L)			87			32		
TP (mg/L)		1.03 ± 0.68	26		4.53 ± 2.01	18.25	3.2 ± 0.4	
PO_4-P (mg/L)				0.34 ± 0.76				
Surfaktan Anionik (mg/L)			28			55		
Jumlah Koliform (CFU/100mL)	6.04×10^7 – 1.91×10^8						$7.5 \times 10^7 \pm 1.3 \times 10^7$	
Koliform Najis (CFU/100mL)		2.35×10^8			2.26×10^8			
Escherichia coli (CFU/100mL)	0 – 5.2×10^6		3.0×10^4			7.0×10^5	$4.0 \times 10^6 \pm 2.4 \times 10^6$	
Mikroorganisma Lain (CFU/100mL)	4.40×10^7 – 1.75×10^8							

Di samping itu, ciri-ciri *greywater* domestik dari negara terpilih dalam pelbagai peringkat pertumbuhan ekonomi (pendapatan rendah dan sederhana) ditunjukkan dalam **Jadual 4** [11,12,19-27].

Jadual 4: Ciri-ciri *greywater* domestik di negara terpilih [11,12,19-27].

PARAMETER	COSTA RICA [19]	PALESTINE [20]	ISRAEL [21]	ISRAEL [22]	NEPAL [23]	MALAYSIA [24]	JORDAN [25-27]
Q (l/p/d)	107	≈ 50	≈ 100	≈ 100	72	≈ 225	≈ 30
pH	-	6.7 – 8.35	6.5 – 8.2	6.3 – 7.0	-	-	6.7 - >8.35
EC (µS/cm)	≈ 400	1585	1040 - 2721	1000 - 1300	-	-	475 – 1135
SAR	-	2.3 – 5.7	-	-	-	-	1.0 – 6.8
COD (mg/L)	-	1270	822	702 – 984	411	212	-
BOD (mg/L)	167	590	477	280 – 688	200	129	275 – 2287
COD/BOD	-	2.15	1.72	1.80	2.06	1.64	-
TSS (mg/L)	-	1396	330	85 – 285	98	76	316
TN (mg/L)	-	-	-	25 – 45	-	37	-
NH_4-N (mg/L)	-	3.8	1.6	0.1 – 0.5	13.3	13	-
TP (mg/L)	-	-	-	17 – 27		2.4	-
PO_4-P (mg/L)	16	4.4	126	-	3.1	-	-
Na^+ (mg/L)	-	87 – 248	199	-	-	-	-
MBAS (mg/L)	-	-	37	4.7 – 15.6	-	-	45 – 170
Boron (mg/L)	-	-	-	1.4 – 1.7	-	-	-
Faecal coli (CFU/100mL)	$1.5 – 4.6 \times 10^8$	3.1×10^4	2.5×10^6	5×10^5	-	-	1.0×10^7
O&G (mg/L)	-	-	193	-	-	190	7 – 230

Nota: Angka ini tidak menggambarkan purata negara tetapi berkaitan dengan kes tertentu dengan ketetapan tertentu. Punca bekalan air dan taraf hidup merupakan faktor penentu berbanding lokasi.

Data dalam **Jadual 3** dan **Jadual 4** menggambarkan kepelbagaian data yang tinggi (*high variability*) bagi beberapa jenis bahan pencemar yang biasa dijumpai dalam *greywater*.

Greywater dikategorikan kepada *greywater* berkepekatan rendah (*light greywater*) dan berkepekatan tinggi (*dark greywater*). *Greywater* berkepekatan rendah berpunca daripada sinki bilik mandi, pancuran mandian dan sinki basuh, dan kebiasaannya kandungan *light greywater* ini terdiri daripada sabun, syampu, produk penjagaan badan, rambut, lemak badan, serat (*lint – long fibers from textiles*) dan sejumlah kecil urin manusia. *Greywater* berkepekatan tinggi dan berwarna gelap serta lebih keruh, kebiasaannya berpunca daripada aktiviti dobi komersil, mesin basuh pinggan mangkuk dan sinki dapur serta terdiri daripada sabun, peluntur, minyak, pelarut dan bahan kimia tidak terbiodegradasi selain minyak dan lemak dan detergen daripada sinki dapur [28].

Oleh itu, komposisi *greywater* dengan kepekatan tinggi dan berwarna gelap secara asasnya mempunyai kandungan parameter fizikal dan kimia yang lebih tinggi seperti BOD, COD, nutrien serta pepejal terampai (TSS). Nisbah BOD:COD bagi kedua-dua kategori *greywater* menunjukkan kebolehbiodegradasi yang baik [28]. Perbezaan antara kedua kategori *greywater* ini akan memberikan implikasi ke atas jenis sistem rawatan yang bersesuaian untuk merawat *greywater* dan potensi kebolehgunaan *greywater* tersebut bagi kitar semula [29].

Amalan penggunaan semula *greywater* yang tidak dirawat adalah bersesuaian untuk aktiviti penyiraman taman dan pengairan landskap kerana kehadiran nutrien dan mikronutrien yang bermanfaat untuk pertumbuhan tumbuhan dan tanaman. Walau bagaimanapun, *greywater* amat disyorkan untuk dirawat sebelum digunakan semula bagi mengurangkan risiko ancaman ke atas alam sekitar. **Jadual 5** menunjukkan kualiti *greywater* sebelum dan selepas rawatan menggunakan sistem rawatan yang menggabungkan pengudaraan, pembasmian kuman dan penapisan dalam reaktor padat yang digunakan di Malaysia. [30].

Jadual 5: Kualiti *greywater* sebelum dan selepas rawatan [30].

PARAMETER	KEKERUHAN (NTU)	R (%)	TSS (mg/L)	R (%)	TDS (mg/L)	R (%)	BOD (mg/L)	R (%)	DO (mg/L)	A (%)	pH	A (%)
S1												
Tanpa rawatan	159.46	NA	258	NA	346	NA	13.6	NA	1.26	NA	7.52	NA
Peringkat 1 (5 μm)	22.96	85.60	42	83.72	315	8.96	12.5	8.09	6.06	380.95	7.93	5.45
Peringkat 2 (0.8 μm)	9.55	94.01	15	94.19	305	11.85	7.3	46.32	8.61	583.33	8.52	13.30
S2												
Tanpa rawatan	23.27	NA	38	NA	203	NA	8.75	NA	0.26	NA	5.72	NA
Peringkat 1 (5 μm)	10.12	56.51	16	57.89	199	1.97	7	20.00	0.86	230.77	5.98	4.55
Peringkat 2 (0.8 μm)	9.55	58.96	15	60.53	180	11.33	5.5	37.14	8.61	3,211.54	8.52	48.95
S3												
Tanpa rawatan	23.4	NA	38	NA	162	NA	3.4	NA	73.5	NA	6.87	NA
Peringkat 1 (5 μm)	12.3	47.44	20	47.37	159	1.85	2.4	29.41	105.1	42.99	7.33	6.70
Peringkat 2 (0.8 μm)	4.6	80.34	7	81.58	154	4.94	1.4	58.82	111.3	51.43	7.79	13.39

Nota: NA: *not available; A: addition percentage; R: reduction percentage*

Secara amnya, *greywater* kurang tercemar jika dibandingkan dengan air sisa kumbahan mentah (*raw sewage*), tetapi parameter seperti Pepejal Terampai, BOD, COD, Amonia, Jumlah Nitrogen dan Jumlah Fosforus boleh menjadi agak tinggi. Tanpa rawatan yang bersesuaian pelepasan *greywater* boleh memberi ancaman kepada badan air yang menerima pelepasan *greywater* secara berterusan dalam kuantiti yang banyak [31].

Kebanyakan *greywater* yang terhasil daripada aktiviti domestik di perumahan baru di Malaysia disambungkan ke saluran pembetungan IWK, walaubagaimanapun masih menjadi amalan penghuni rumah-rumah yang telah diubah suai untuk memintas saluran pembetungan dan membuang terus *greywater* ke longkang dan akhirnya mengalir ke saluran air [6]. **Jadual 6** menunjukkan komposisi dan kepekatan air kumbahan mentah dalam loji rawatan air sisa (WWTPs) yang diuji [31].



Sumber: NAHRIM

Jadual 6: Komposisi dan kepekatan air kumbahan mentah dalam loji rawatan air sisa (WWTPs) yang diuji [31].

BAHAN PENCEMAR	WWTP
COD_{cr} (mg/L)	234.00
BOD_5 (mg/L)	41.80
NH_4-N (mg/L)	36.60
TN (mg/L)	45.60
TP (mg/L)	4.36
Pepejal Terampai (mg/L)	63.00
Jumlah Pepejal Terampai, TSS (mg/L)	770.00
Sulfida (mg/L)	8.860
Fluorida (mg/L)	1.080
Sianida (µg/L)	4.0
Zn (mg/L)	0.428
Fe (mg/L)	0.622
Al (mg/L)	0.172
Mn (mg/L)	0.180
Hg (µg/L)	0.040
As (µg/L)	0.500
Cr (mg/L)	0.004
Fenol (mg/L)	0.028
Formaldehid (mg/L)	0.140
Aniline (mg/L)	0.220
Surfaktan (mg/L)	0.170
Klorobenzena (µg/L)	1.000

Piawaian dan Garis Panduan Sedia Ada Berkaitan Pengurusan *Greywater*

Penggunaan semula *greywater* telah diamalkan di kebanyakan negara maju di dunia, namun masih tiada piawaian antarabangsa yang dibangunkan sebagai penanda aras mengawal kualiti *greywater* untuk tujuan penggunaan semula [32]. Pada masa ini, Malaysia juga masih tidak mempunyai sebarang piawaian kualiti air untuk *greywater* terawat atau garis panduan khusus bagi penggunaan semula *greywater* di bandar [6]. Piawaian terdekat yang boleh digunakan sebagai rujukan di Malaysia pada masa ini adalah Piawaian B Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Kumbahan) 2009, Akta Kualiti Alam Sekeliling, 1974 (**Jadual 7**) [33]. Piawaian ini boleh digunakan sebagai tujuan perbandingan sahaja memandangkan *greywater* yang dijana di perbandaran baharu dibuang melalui penyambungan ke saluran pembetung IWK bersama-sama dengan kumbahan untuk dirawat di loji rawatan kumbahan untuk mencapai sama ada Standard A atau B sebelum dibuang ke mana-mana badan air [6].

Jadual 7: Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Kumbahan) 2009 [33].

Jadual Kedua (Peraturan 7)

Syarat-syarat Pelepasan Kumbahan yang boleh diterima untuk Piawaian A dan B
(*Acceptable Conditions of Sewage Discharge of Standards A and B*)

Bil	PARAMETER	UNIT	PIAWAIAN	
			A	B
1	Suhu	°C	40	40
2	pH	-	6.0 – 9.0	5.5 – 9.0
3	Permintaan Oksigen Biokimia (BOD_5)	mg/L	20	50
4	Permintaan Oksigen Kimia (COD)	mg/L	120	200
5	Pepejal Terampai	mg/L	50	100
6	Minyak dan Gris	mg/L	5.0	10.0
7	Ammonia Nitrogen (jasad air tertutup)	mg/L	5.0	5.0
8	Ammonia Nitrogen (sungai)	mg/L	10.0	20.0
9	Nitrat-Nitrogen (sungai)	mg/L	20.0	50.0
10	Nitrat-Nitrogen (jasad air tertutup)	mg/L	10.0	10.0
11	Fosforus (jasad air tertutup)	mg/L	5.0	10.0

Nota: Piawaian A terpakai untuk pelepasan ke mana-mana perairan pedalaman dalam kawasan tadahan yang disenaraikan dalam Jadual Ketiga, manakala Piawaian B terpakai untuk mana-mana perairan pedalaman lain atau perairan Malaysia

Garis panduan sedia ada dalam pengurusan *greywater* secara amnya tertumpu kepada i) kawalan punca dan ii) teknologi rawatan. Kawalan punca dalam konteks pengurusan *greywater* memberi tumpuan kepada teknik pemuliharaan air dalam menguruskan jumlah air yang digunakan, serta mengawal beban pencemaran dalam bentuk menggalakkan penggunaan bahan kimia isi rumah yang mesra alam.

Pendekatan yang paling biasa digunakan bagi teknologi rawatan adalah melalui penggunaan rawatan biologi, seperti sistem biofilem. Proses biodegradasi bahan pencemar dalam *greywater* berlaku semasa penapisan melalui substrat yang bersesuaian dan diperkaya dengan bakteria dalam keadaan aerobik.

Penerbitan oleh Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) pada tahun 2006 bertajuk *Overview of greywater management: Health considerations*, menekankan sistem rawatan *greywater* [34]. Keperluan untuk menjalankan rawatan sebelum *greywater* mencapai keadaan anaerobik dikenal pasti sebagai faktor penting dalam proses rawatan. Fokus yang diberikan penekanan dalam proses rawatan *greywater* adalah kepada rawatan primer iaitu penyingkiran minyak dan gris serta pepejal sebelum berpindah kepada proses rawatan sekunder. Jenis kaedah rawatan yang bersesuaian adalah bergantung kepada tujuan penggunaan semula dan jenis punca *greywater*. Penerbitan WHO ini turut menjelaskan tentang kedua-dua sistem rawatan primer (sistem lencongan graviti, sistem lencongan pam) dan sistem rawatan sekunder (sistem rawatan enapcemar teraktif, tanah bencah buatan) serta pembasmian kuman.

Menyedari kepentingan penggunaan semula air sisa, termasuk *greywater* yang terhasil daripada aktiviti pertanian dan akuakultur, Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) juga menerbitkan satu siri dokumen panduan sebagai rangka kerja untuk pembangunan garis panduan dan piawaian berhubung dengan bahaya mikrob berkaitan air, termasuk penilaian risiko kesihatan sebagai asas untuk menetapkan sasaran kesihatan serta mentakrifkan pendekatan kawalan asas dan penilaian keberkesanan [35].

Guidelines for Water Reuse yang diterbitkan pada tahun 2004 dan tahun 2012 menyediakan garis panduan penggunaan semula air yang ditujukan kepada agensi utiliti dan badan kawal selia air di Amerika Syarikat [36,37]. Penggunaan semula adalah lebih tertumpu kepada tujuan kegiatan di bandar, perindustrian dan pertanian yang tidak boleh diminum (*non-portable use*). Penambahan bekalan air yang boleh diminum melalui penggunaan semula secara tidak langsung turut disertakan dalam garis panduan ini.

Negeri-negeri di Amerika Syarikat (AS) bertanggungjawab untuk mewujudkan piawaian penebusan guna air dan penggunaan semula. Oleh itu, banyak negeri di AS telah membangunkan piawaian atau garis panduan rawatan untuk satu atau beberapa kategori penggunaan semula air yang terdiri daripada proses rawatan khusus dan/atau sebagai kriteria kualiti efluen. Selain itu, sistem pengedaran dwi-fungsi yang bertindak untuk mengagihkan dua kategori *greywater* yang diguna semula iaitu air boleh diminum dan air tebus guna juga dinyatakan dalam garis panduan. Kaedah agihan di bawah sistem dwi-fungsi ini adalah melalui pengaliran air yang berasingan (iaitu paip yang berbeza) untuk mengelakkan berlaku pencemaran dan menjejaskan kesihatan pengguna.

Panduan Teknikal Sistem Kitar Semula *Greywater* (*Technical Guide for Greywater Recycling System*) seperti yang diterbitkan oleh Lembaga Utiliti Awam (PUB) Kerajaan Singapura adalah bertujuan untuk memberi panduan tentang reka bentuk, pemasangan, ujian, operasi dan penyelenggaraan sistem *greywater* yang merangkumi pengumpulan dan rawatan *greywater*. *Greywater* yang dirawat terhad untuk penggunaan tidak boleh diminum, seperti menyiram tandas dan urin, cucian am, air untuk kegunaan menara penyejuk serta pengairan [38]. **Jadual 8** menunjukkan piawaian *greywater* yang dirawat untuk kitar semula berdasarkan kegunaan [38].

Jadual 8: Keperluan Kualiti *Greywater* Terawat Singapura [38].

BIL.	PARAMETER	UNIT	KEPERLUAN KUALITI *GREYWATER* TERAWAT UNTUK KITA SEMULA	APLIKASI
1.	Bau		*Non offensive*	Penyiraman tandas, pencucian am, pengairan, menara penyejuk
2.	Warna	Hazen Units	< 15	
3.	pH		6 – 9	
4.	Jumlah Baki Klorin	mg/L	0.5 – 2.0	
5.	Kekeruhan	NTU	< 2	
6.	BOD_5	mg/L	< 5	
7.	Jumlah Koliform	CFU/100mL	< 10	
8.	*E. Coli*	CFU/100mL	Tidak Dikesan	
9.	Kiraan Plat Piawai/ Kiraan Plat heterotrofik (SPC/ HPC) *Standard Plate Count / Heterotrophic Plate Count (SPC/HPC)*		< 500 CFU/100mL	Menara penyejuk sahaja
10.	Jumlah Kiraan *Legionella*		Tidak dikesan semasa diuji menggunakan ISO 11731, BS6068-4.12 terkini, atau kaedah setara yang boleh menguji jumlah kiraan *Legionella* pada atau di bawah 1000 CFU/L.	

Penggunaan semula *greywater* seperti yang ditakrifkan dalam garis panduan di Singapura adalah merujuk secara spesifik kepada kegunaan di bangunan pejabat dan komersial. Ia tidak termasuk penggunaan isi rumah individu atau komersil. Sistem rawatan yang dicadangkan dalam garis panduan biasanya merangkumi proses biologi, penapisan dan pembasmian kuman. Penapisan mungkin dalam bentuk penapisan mikro, penapisan ultra atau penapisan membran. Jenis proses rawatan yang terbukti efektif dalam pembasmian kuman dan memenuhi piawaian yang ditetapkan turut diterangkan dalam garis panduan ini bagi memastikan penggunaan semula air sisa *greywater* ini walaupun bukan untuk kegunaan minum, adalah selamat dan tidak menjejaskan kesihatan manusia. Program pemantauan prestasi sistem rawatan dan air terawat juga merupakan keperluan wajib. Jadual pemantauan dan pensampelan termasuk kekerapan persampelan untuk *greywater* yang dirawat dinyatakan dengan jelas dan terperinci dalam garis panduan [38].

Jabatan Bekalan Air Hong Kong juga telah membangunkan dokumen spesifikasi teknikal berkaitan dengan penggunaan semula *greywater*, serta penuaian air hujan [39]. Spesifikasi teknikal digunakan untuk projek pembangunan kerajaan baru, merangkumi reka bentuk, pemasangan, pentauliahan serta operasi dan penyelenggaraan sistem rawatan. Punca *greywater* dikategorikan kepada air sisa daripada sinki basuh, pancuran mandian, mesin basuh pinggan mangkuk, mesin dobi, sinki dapur dan sejatan penghawa dingin. Manakala, penggunaan semula adalah untuk tujuan pembilasan tandas, pengairan titisan dan semburan, air pancut (*water features*), basuh kereta, pembersihan luaran, pemadam kebakaran dan proses perindustrian. *Greywater* terawat diwajibkan untuk mematuhi piawaian tertentu seperti yang ditunjukkan dalam **Jadual 9** [39].

Jadual 9: Piawaian Kualiti Air untuk *Greywater* Terawat dan Efluen Air Hujan di Hong Kong [39].

PARAMETER	UNIT	PIAWAIAN KUALITI AIR YANG DISYORKAN
E. coli	CFU /100mL	Tidak dikesan
Jumlah Baki Klorin	mg/L	≥ 1 keluar dari sistem rawatan; ≥ 0.2 di hujung pengguna
Oksigen Terlarut dalam Air Tebus Guna	mg/L	≥ 2
Jumlah Pepejal Terampai (TSS)	mg/L	≤ 5
Warna	Unit Hazen	≤ 20
Kekeruhan	NTU	≤ 5
pH		6 – 9
Threshold Odour Number (TON)		≤ 100
Permintaan Oksigen Biokimia (BOD_5)	mg/L	≤ 10
Ammonia nitrogen	mg/L N	≤ 1
Detergen sintetik	mg/L	≤ 5

Garis Panduan Akreditasi *Greywater* Domestik Jabatan Kesihatan New South Wales, Australia menetapkan keperluan minimum sistem rawatan yang direka khusus untuk merawat *greywater* daripada premis domestik tunggal individu (*individual single domestic premises*) [40]. Akreditasi diperlukan sebelum majlis tempatan boleh meluluskan pemasangan tersebut. Piawaian yang perlu dipatuhi bergantung kepada jenis penggunaan, turut dinyatakan dalam garis panduan tersebut (**Jadual 10**).

Kajian Akademi Sains Malaysia yang bertajuk Kajian Terhadap Isu Semasa dan Keperluan untuk Bekalan Air dan Pengurusan Air Sisa di Malaysia (*Study on the Current Issues and Needs for Water Supply and Wastewater Management in Malaysia*), mendapati bahawa *sullage* tidak dianggap sebagai sebahagian daripada sisa domestik dan oleh itu dibenarkan mengalir ke sungai melalui rangkaian saliran [41]. Selain itu, pengurusan *sullage* adalah di bawah bidang kuasa kerajaan tempatan iaitu

Jadual 10: Garis Panduan Akreditasi Sistem Rawatan *Greywater* Domestik yang dibangunkan oleh Jabatan Kesihatan di New South Wales, Australia [40].

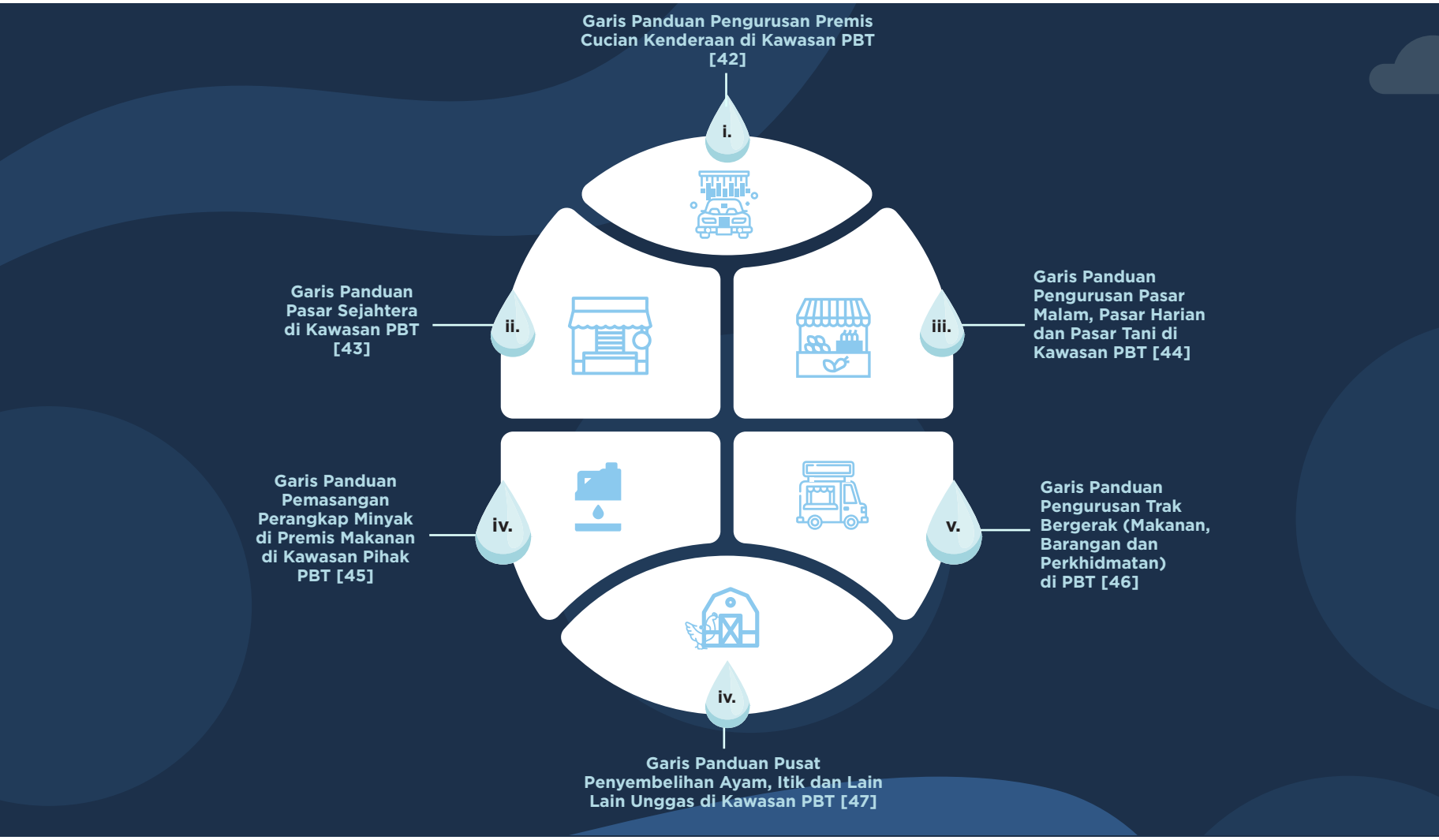
KAEDAH PELUPUSAN	ANALIT (*ANALYTE*)						
	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	J. KOLIFORM (CFU/100mL)	TKN (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	Cl_2 BEBAS (mg/L) *
Pengairan Bawah Permukaan							
90% daripada sampel	< 20	< 30		ADT	ADT	ADT	
Ambang Maksimum	< 30	< 45		ADT	ADT	ADT	
Pengairan Permukaan							
90% daripada sampel	< 20	< 30	< 30	ADT	ADT	ADT	>0.2 - <2.0
Ambang Maksimum	< 30	< 45	< 100	ADT	ADT	ADT	<2.0
Penggunaan Semula untuk Tandas dan Mesin Basuh							
90% daripada sampel	< 10	< 10	< 10	ADT	ADT	ADT	>0.5 - <2.0
Ambang Maksimum	< 20	< 20	< 30	ADT	ADT	ADT	<2.0

ADT – Akan ditentukan oleh pengeluar
*Klorin sebagai pembasmi kuman

Majlis Daerah dan/ atau Pihak Berkuasa Tempatan. Dalam hal ini, pengurusan *sullage* dianggap tidak berjaya. Kajian Akademi Sains Malaysia ini mencadangkan bahawa *sullage* harus dirawat sebagai air kumbahan iaitu disambungkan kepada sistem pembentungan dan dirawat di loji rawatan kumbahan, dengan proses pra-rawatan yang sesuai.

Kementerian Pembangunan Kerajaan Tempatan (KPKT) telah membangunkan dan menerbitkan beberapa garis panduan yang berfungsi sebagai dokumen panduan bagi aktiviti komersil seperti berikut:

Dalam garis panduan berkaitan premis mencuci kereta, kedua-dua aspek fizikal dan operasi serta penyelenggaraan premis diberikan penekanan [42]. Oleh itu, keperluan fizikal yang mesti dipatuhi dalam garis panduan merangkumi kemudahan penyimpanan yang sesuai untuk sisa terjadual, sistem saliran yang betul dan *bund* (batas aliran sisa) termasuk penyediaan kit tumpahan sedia ada (*readily available spill kits*). Selain itu, keperluan penyediaan (termasuk spesifikasi reka bentuk



dan saiz) perangkap minyak dan gris mewakili ciri rawatan utama yang mesti ada untuk memerangkap kedua-dua pepejal dan minyak. Aspek operasi dan penyelenggaraan premis cuci kereta ditekankan kepada perangkap minyak dan gris, serta sisa pepejal dan jadual.

Garis Panduan Pengurusan Pasar Malam, Pasar Harian dan Pasar Tani telah dibangunkan oleh KPKT. Kandungan utama dalam garis panduan aktiviti di pasar basah adalah keperluan menyediakan kemudahan pelupusan sisa pepejal yang betul dan sistem perparitan yang betul. Larangan jelas untuk membuang sisa makanan ke dalam longkang juga ditetapkan dalam garis panduan. Selain itu, amalan mesra alam digalakkan termasuk mengitar semula sisa makanan menjadi baja [44].

Pengurusan *greywater* daripada restoran, medan selera, kedai makan, gerai dan seumpamanya dijelaskan dengan terperinci dalam garis panduan Garis Panduan Pemasangan Perangkap Minyak di Premis Makanan di Kawasan Pihak PBT [45]. Garis panduan berkaitan premis penjualan makanan memfokuskan kepada perangkap minyak dan gris. Garis panduan ini merangkumi aspek reka bentuk, pemasangan dan pengendalian dan penyelenggaraan yang betul bagi peranti sedemikian, serta kaedah pelupusan yang ditetapkan. Selain itu, penyimpanan rekod pemasangan, pembersihan dan penyenggaraan perangkap minyak juga adalah satu keperluan. Begitu juga Garis Panduan Pengurusan Trak Bergerak (Makanan, Barangan dan Perkhidmatan) di PBT [46] yang menjelaskan pengurusan *greywater* dalam bentuk pengurusan sisa pepejal, penyimpanan air sisa dan kemasukan perangkap minyak serta kaedah pelupusan.



Sumber: NAHRIM

Selain semua garis panduan di atas, garis panduan berkenaan pengurusan penyembelihan ayam itik turut dibangunkan oleh KPKT dengan mengambil kira faktor pengurusan air sisa [47]. Dalam konteks penyembelihan ayam itik, keperluan fizikal yang dinyatakan dalam garis panduan adalah penyediaan kemudahan sisa pepejal serta rawatan efluen dan pengurusan enap cemar. Pelbagai piawaian yang sesuai bagi efluen yang dirawat juga ditetapkan dalam garis panduan.

Garis panduan khusus mengenai pengurusan *greywater* daripada isi rumah dan aktiviti domestik iaitu kediaman (bandar dan luar bandar) di Malaysia, masih belum dibangunkan.

Potensi Penggunaan *Greywater* Terawat dan Manfaat

Greywater yang dirawat atau separa terawat boleh digunakan semula untuk pelbagai kegunaan. Penggunaan semula *greywater* dapat membantu menjimatkan penggunaan air mentah [6,36,37,48,49].

Kegunaan *Greywater* Terawat

Beberapa kegunaan semula *greywater* yang biasa diamalkan di negara maju adalah seperti berikut:

KEGUNAAN *GREYWATER* TERAWAT

1. Pencucian mangkuk urin dan tandas
2. Pengairan rumput (kampus universiti/kolej, padang, tanah perkuburan, taman dan padang golf dan taman domestik)
3. Mencuci kenderaan dan tingkap
4. Perlindungan kebakaran
5. *Boiler feed water*
6. Pembuatan konkrit
7. Membangunkan dan memelihara tanah lembap
8. Imbuhan air tanah (*Groundwater recharge*)
9. Penggunaan semula dalam pertanian dan vitikultur
10. Hiasan Lanskap seperti kolam hiasan dan air pancut
11. Penggunaan semula untuk keseimbangan alam sekitar - penambahan aliran air ke kawasan tanah lembap dan aliran sungai (*Wetlands and streamflow augmentation*)
12. Proses perindustrian (*Industrial processes*)
13. Menara penyejuk (*Cooling towers*)
14. Penggunaan semula boleh diminum secara tidak langsung (*Indirect potable reuse*)
15. Air untuk ternakan (*Livestock watering*)
16. Pembuatan salji (*snow making*)
17. Tujuan rekreasi dan landskap *(Recreational and landscape impoundments)*

Manfaat penggunaan semula *greywater* adalah seperti Jadual 11 [6-9, 36-38, 48-57].

Jadual 11: Manfaat Pengunaan Semula *greywater* [6-9, 36-38, 48-57].

NO	FAEDAH	MAKLUMAT
1.	Penjimatan penggunaan air mentah yang terawat	*Greywater* boleh menggantikan air mentah terawat dalam banyak keadaan, menjimatkan wang dan meningkatkan bekalan air kepada Kawasan yang lebih memerlukan.
2.	Mengurangkan tekanan pada peralatan tangki septik atau loji rawatan	Penggunaan *greywater* memanjangkan jangka hayat dan kapasiti sistem rawatan serta mengurangkan kos rawatan.
3.	Menjimatkan penggunaan tenaga dan mengurangkan bahan kimia dalam proses rawatan	Menjimatkan tenaga dan mengurangkan kuantiti bahan kimia yang digunakan dalam loji rawatan air kerana jumlah air tawar dan air sisa yang lebih rendah untuk pengepaman dan rawatan kimia.
4.	Mengurangkan pencemaran ke sungai, tasik dan laut	Rawatan dan penggunaan *greywater* dengan ketara akan mengurangkan beban bahan pencemar yang dilepaskan ke longkang dan memasuki Sungai, tasik dan laut.
5.	Imbuhan air tanah (*Groundwater recharge*)	*Greywater* yang dirawat boleh digunakan untuk mengecas semula air bawah tanah sekali gus menyumbang kepada pengurusan sumber air mentah yang lebih baik.
6.	Penyiraman tumbuhan	*Greywater* boleh digunakan untuk penyiraman tumbuhan lanskap.
7.	Mengurangkan penyaluran air sisa ke loji rawatan kumbahan	Kitar semula *greywater* mengurangkan jumlah air sisa yang dihantar ke loji rawatan kumbahan untuk rawatan dan mengurangkan kos rawatan kumbahan.
8.	Mencegah pencemaran alam sekitar	*Greywater* yang tidak dirawat yang dilepaskan ke badan air seperti laut, sungai dan tasik boleh menjadi punca pencemaran yang boleh menjejaskan hidupan akuatik, ekologi dan kesihatan manusia. Kitar semula *greywater* membantu kepada kualiti air dan alam sekitar yang lebih baik.
9.	Menyumbang kepada pembangunan bandar yang mampan	Menyokong kepada kelestarian alam sekitar di bandar khususnya bandar metropolitan dalam membudayakan kehidupan bandar yang mampan
10.	Peningkatan produktiviti pertanian	*Greywater* yang sesuai boleh digunakan sebagai air siraman bersifat baja untuk memperkayakan nutrien dalam tanah untuk pertumbuhan tumbuhan.

Kesimpulan

1. Pengurusan *greywater* di Malaysia secara keseluruhan adalah baik dengan usaha PBT, PBN dan Jabatan yang berkaitan untuk menambahbaik perundangan sedia ada. Walaubagaimanapun, kawal selia dan penguatkuasaan aktiviti yang menjana *greywater* perlu diperkasakan secara berterusan dengan memperkemaskan garis panduan sedia ada dan memperbaharui enakmen sedia ada baik diperingkat Persekutuan dan Negeri.
2. Pembangunan piawaian bagi mengawal pencemaran yang terhasil oleh g*reywater* juga perlu diberi perhatian serius oleh Kerajaan Persekutuan dan Negeri. Malaysia masih belum membangunkan standard piawaian yang boleh dirujuk sebagai penanda aras dalam memastikan pelepasan *greywater* tidak mengancam alam sekitar terutama jasad air seperti sungai dan laut.
3. Kerajaan di peringkat Persekutuan dan Negeri boleh menggalakkan pembangunan teknologi rawatan oleh kepakaran tempatan sebagai usaha melaksanakan penggunaan semula *greywater* yang berpotensi tinggi untuk menjadi sumber alternatif kepada air mentah terawat bagi kegunaan bukan untuk minum (*non-potable use*) seperti *toilet flushing* dan siraman tumbuhan lanskap.

Rujukan

1. Zaini, U., Ching Too, K., Md. Nasir, M. N., Razul Ikmal, R., Azmi, A., Kassim, T. & Haniffa, H. (2022). Air dan Pembetungan di Malaysia: Sejarah serta Perspektif. Kuala Lumpur: Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia & Jabatan Perkhidmatan Pembetungan [1].
2. Azni, I., Wan, N.W.A., Mohd., A.M.S. and Abdullah A.M. (2005). The importance of sullage (grey-water) treatment in the restoration and conservation of urban streams. International Journal of River Basin Management **3**(3), 223-227.
3. Friedler, E. & Hadari, M. (2006). Economic feasibility of on-site greywater reuse in multi-storey buildings. Desalination, **190**, 221-234 [3].
4. Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. and Ledin, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. Urban Water, 4, 85–104 [4].
5. Abdullah, A.M., Md Zahangir, A., Azni, I. and Wan, N.A.S. (2009). Untreated sullage from residential areas – a challenge against inland water policy in Malaysia. Poll Res. **28**(2), 279-285.
6. Oh, K.S., Leong, J.Y.C., Poh, P.E., Chong, M.N., and Lau, E.V. (2018). A review of greywater recycling related issues: Challenges and future prospects in Malaysia. Journal of Cleaner Production **171**: 17-29.
7. Ghaly, A.E., Mahmoud, N.S., Ibrahim, M.M., Mostafa, E.A., Emam, R.H., Kassem, M.A. and Hatem, M.H. (2021). Greywater Sources, Characteristics and Management Guidelines. And Envi Was Mana Rec., **4**(2), 128-145.
8. Nel, N., Brink, I., Jacobs, H.E. and Ilemobade, A. (2022) A review of untreated household greywater quality to inform the water saving-risk trade-off in South Africa. Water SA. **48**(4), 441-449.
9. Tayseer, H.A., Riyad, H.A and Abdul Hameed, M.J.A. (2021). Greywater Environmental Management: A Review. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, **779**, 012100
10. Morel, A & Dieners, S (2006) Greywater management on low and middle income countries. Review of different treatment systems for households and neighborhoods. Swiss Federal Institute of Aquatic Science & Technology (EAQAG), Dubendorf, Switzerland.
11. Khajvand, M., Mostafazadeh, A.K., Drogui, P. & Tyagi, R.D. (2022) Management of greywater: Environment impact, treatment, resource recovery, water recycling and decentralization. Water Science & Technology, **86**(5), 909-937.
12. Al-Husseini, T.H., Al-Anbari, R.H. & Al-Obaidy, A.H.M.J. (2021). Greywater Environmental Management: A Review. IOP Conf. Series: Earth & Environmental Science, 799.

13. Teh, X. Y., Poh, P. E., Gouwanda, D. & Chong, M. N. (2015). Decentralized light greywater treatment using aerobic digestion and hydrogen peroxide disinfection for non-potable reuse. Journal of Cleaner Production, **99**, 305–311.
14. Subramanian, P. G., Raj, A. V., Jamwal, P., Connelly, S., Yeluripati, J., Richards, S., Ellis, R. & Rao, L. 2020 Decentralized treatment and recycling of greywater from a school in rural India. Journal of Water Process Engineering, **38**, 101695.
15. Halalsheh, M., Dalahmeh, S., Sayed, M., Suleiman, W., Shareef, M., Mansour, M. & Safi, M. (2008). Grey water characteristics and treatment options for rural areas in Jordan. Bioresource Technology, **99**(14), 6635–6641.
16. Zraunig, A., Estelrich, M., Gattringer, H., Kisser, J., Langergraber, G., Radtke, M., Rodriguez-Roda, I. & Buttiglieri, G. 2019 Long term decentralized greywater treatment for water reuse purposes in a tourist facility by vertical ecosystem. Ecological Engineering, **138**, 138–147.
17. Katukiza, A., Ronteltap, M., Niwagaba, C., Kansiime, F. & Lens, P. (2014). Grey water treatment in urban slums by a filtration system: optimisation of the filtration medium. Journal of Environmental Management, **146**, 131–141.
18. Ghanbari, F. & Martínez-Huitle, C. A. 2019 Electrochemical advanced oxidation processes coupled with peroxymonosulfate for the treatment of real washing machine effluent: a comparative study. Journal of Electroanalytical Chemistry, **847**, 113182.
19. Dallas, S., Scheffe, B. and Ho, G. (2004). Reedbeds for greywater treatment – Case study in Santa Elena-Monteverde, Costa Rica, Central America. Ecological Engineering, **23**(1): 55-61.
20. Burnat, J.M.Y. and Mahmoud, N., 2005. Evaluation of On-Site Gray Wastewater Treatment Plants Performance in Bilien and Biet-Diko Villages/Palestine, Environment Protection Committee (EPC).
21. Friedler, E., 2004. Quality of individual domestic greywater streams and its implication for onsite treatment and reuse possibilities. Environmental Technology, **25**(9), 997-1008.
22. Gross, A., Shmueli, O., Ronen, Z. and Raveh, E. (2006). Recycled Vertical Flow Constructed Wetland (RVFCW) - a novel method of recycling greywater for landscape irrigation in small communities and households. Chemosphere.
23. Shrestha, R.R., Haberl, R., Laber, J., Manandhar, R. and Mader, J. (2001). Application of constructed wetlands for wastewater treatment in Nepal. Water Science and Technology, **44**(11-12), 381-386.
24. Martin, C., 2005. Ecological Sanitation greywater demonstration project at Hui Sing garden, Kuching, Sarawak, Malaysia, Urban Environmental Management System (UEMS) Project Natural Resources and Environment Board (NREB), Sarawak.
25. Al-Jayyousi, O.R., 2003. Greywater reuse: towards sustainable water management. Desalination, **156**, 181-192.
26. Faruqui, N. and Al-Jayyousi, O. (2002). Greywater reuse in urban agriculture for poverty alleviation - A case study in Jordan. Water International, **27**(3), 387-394.
27. Bino, M.J. (2004). Greywater Reuse for Sustainable Water Demand Management, International Water Demand Management Conference, Amman, Jordan.
28. Albalawneh, A & Chang, TK (2015) Review of the greywater and proposed greywater recycling scheme for agricultural irrigation reuses. International Journal of Research-Granthaa alayah **3**(12), 16 – 35.
29. Leiva, E, Rodriguez, C, Sanchez, R & Serrano, J (2021) Light or dark greywater for water reuse? Economic assessment of on-site greywater treatment systems in rural areas. Water, **13**(24), 3637.
30. Chao, O.Z., Asadsangabiford, M., Ismail, Z., Tam, J.I. & Roushenas, P. (2019) Design of a compact and effective greywater treatment system in Malaysia. Desalination & Water Treatment, **146**, 141 – 151.
31. Yang, Y, wang, L, Xian, Zhao, L & Qiau, Z (2020) Activated sludge microbial community and treatment performance of waste water treatment plant from industrial and municipal zones. International Journal of Environmental Research and Public Health, **17**, 436
32. Alkhatib, R., Roesner, L., Marjoram, C., (2006). An overview of graywater collection and treatment systems. ASCE, 1-10.
33. ILBS (2019). Environmental Quality Act 1974 (Act 127). Petaling Jaya, Malaysia.
34. World Health Organization, WHO (2006a). Overview of greywater management: Health considerations. WHO Regional office for the Eastern Mediterranean Centre for Environmental Health Activities, Amman, Jordon 2006.
35. World Health Organization, WHO (2006b). WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 1: Policy & regulatory aspects, Volume 2: Wastewater use in agriculture, Volume 3: Excreta and greywater use in aquaculture, Volume 4: Excreta and greywater use in agriculture.

36. USEPA (United States Environmental Protection Agency) & USAID (United States Agency for International Development) (2004) Guidelines for Water Reuse, September 2004, Washington DC, USA.
37. USEPA & U.S.A.I.D. (2012). Guidelines for Water Reuse, Washington DC, USA.
38. PUB (2014). Technical Guide for Greywater Recycling System. 1st Edition: V2-Sept 2014.
39. WSD (2015) Technical specifications on greywater reuse and harvesting. May 2015.
40. NSW Department of Health (2005) Domestic Greywater Accreditation Guidelines. Part 4, Clause 43 (1). Local Government (Approvals) Regulations 1999, February 2005
41. Academy of Sciences Malaysia, ASM (2015). Study on the Current Issues and Needs for Water Supply and Wastewater Management in Malaysia Volume 2. Kuala Lumpur: Academy of Sciences Malaysia (ASM).
42. KPKT (Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan) (2020). Garis Panduan Pengurusan Premis Cucian Kenderaan di Kawasan Pihak Berkuasa Tempatan.
43. KPKT (Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan) (2021). Garis Panduan Pasar Sejahtera di Kawasan Pihak Berkuasa Tempatan.
44. KPKT (Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan) (2019a). Garis Panduan Pengurusan Pasar Malam, Pasar Harian dan Pasar Tani di Kawasan Pihak Berkuasa Tempatan.
45. KPKT (Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan) (2017). Garis Panduan Pemasangan Perangkap Minyak di Premis Makanan di Kawasan Pihak Berkuasa Tempatan.
46. KPKT (Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan) (2019b). Garis Panduan Pengurusan Trak Bergerak (Makanan, Barangan dan Perkhidmatan) di Pihak Berkuasa Tempatan.
47. KPKT (Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan) (2014). Garis Panduan Pusat Penyembelihan Ayam, Itik dan Lain Lain Unggas di Kawasan Pihak Berkuasa Tempatan.
48. Shaik I.N., and Ahammed, M.M. (2020). Quantity and Quality, Characteristics of Greywater: A Review. Journal of Environmental Management, **261**, 110266.
49. Vuppaladiyam, A.K., Merayo, N., Prinsen, P., Luque, R., Brianco, A. and Zhao, M. (2019). A Review of Greywater Reuse: Quality, Risks, Barriers and Global Scenarios. Rev. Environ Sci Biotech., **18**(1): 77-99.
50. Radin Mohamed, R.M.S., Al-Gheethi, A.A.A., Mohd Kassim, A.H., Martin, A., Dallas, S., & Khamidun, M.H.B. (2018). A Potential Reuse of Greywater in Developed and Developing Countries. Water Science and Technology Library, 109-124.
51. Alexander, S. and Clark, B.Y. (2016). The Benefits, Challenges, and Impediments of Greywater Use in EPA Region 5. Cleveland, OH: Great Lakes Environmental Finance Center, Levin College of Urban Affairs
52. Bryne, J., Dallas, S., Anda, M. and Ho, G. (2020). Quantifying the Benefits of Residential Greywater Reuse. Water, **12**, 2310.
53. Oteng-peprah, M., Acheampong, M.A. and deVries, N.K. (2018). Greywater characteristics, treatment systems, reuse strategy and user perception – a review. Water Air Soil Pollut., **229**, 255.
54. Patil, P.D., Bhange, V.P., Shende, S.S. and Ghorpade, P.S. (2022). Greywater Characterisation of an Indian Household and Potential Treatment for Reuse. Water-Energy Nexus, **5**, 1-7.
55. Amaris, G., Dawson, R., Gironás, J., Hess, S. and de Dios Ortúzar, J. (2020). Understanding the preferences for different types of urban greywater uses and the impact of qualitative attributes. Water Research, **184**.
56. Gorgich, M., Mata, T.M., Martins, A., Caetano, N.S. and Formigo, N. (2020). Application of domestic greywater for irrigating agricultural products: a brief study. Energy Reports. **6**, 811-817.
57. Elhegazy, H. and Eid, M.M.M. (2020). A state-of-art review on grey water management: a survey from 2000 to 2020s. Water Sci Technol., **82**(12), 2786 – 2797.

PROFIL PENULIS



ChM. DR. BASHIRAH MOHD FAZLI
R&D dan **Perundingan Teknikal**

Pusat Kajian Kualiti Air dan Alam Sekitar,
Institut Penyelidikan Hidraulik Kebangsaan Malaysia (NAHRIM)

Skop Penyelidikan, Khidmat Pakar dan Perundingan:

1. *Environmental Quality Monitoring Programme* (EQMP) untuk air permukaan dan air marin
2. Pemetaan Pencemaran PS dan NPS (termasuk kawalan punca dan sumber pencemar)
3. Penentuan dan *characterization* parameter kualiti air
4. Kaedah atau teknologi peningkatan kualiti air
5. Pembangunan SOP bagi protokol persampelan
6. GIS Persekitaran
7. Kimia Analisis
8. Indeks Kesihatan Air



ANG SHIN YING
Pegawai Penyelidik Kanan

Pusat Kajian Kualiti Air dan Alam Sekitar,
Institut Penyelidikan Hidraulik Kebangsaan Malaysia (NAHRIM)

Skop Penyelidikan, Khidmat Pakar dan Perundingan:

1. Kualiti air (*wastewater, point source, non-point source, surface water, pollution inventory* dan *mapping*)
2. Kaedah peningkatan kualiti air dan teknologi rawatan
3. *Adsorption/ activated carbon*
4. *Phytoremediation*
5. *Biomass re-use*



Sumber: NAHRIM









Sumber: NAHRIM

TADBIR URUS *GREYWATER* DI MALAYSIA

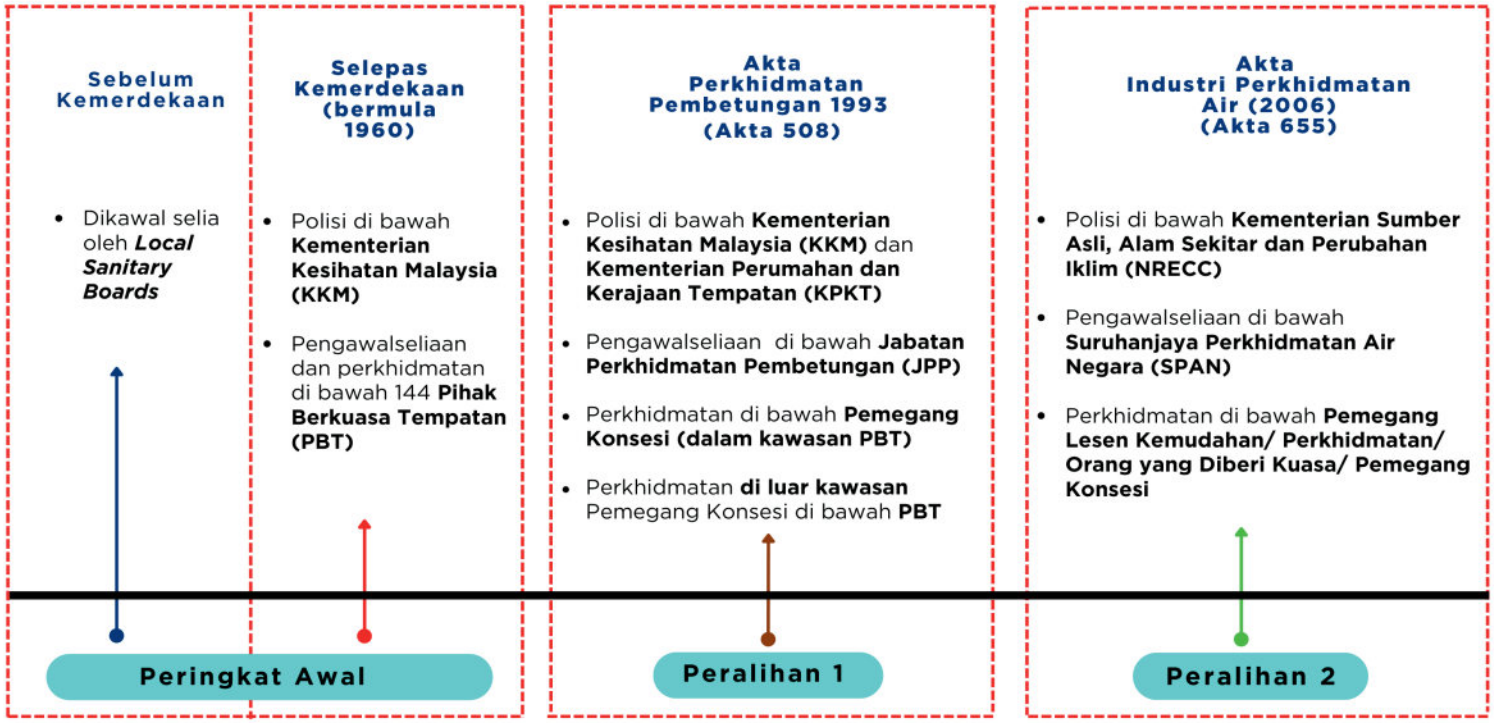
BAHAGIAN 2

PENGAWALSELIAAN DAN PENGURUSAN *GREYWATER* KE ARAH KELESTARIAN SUMBER AIR

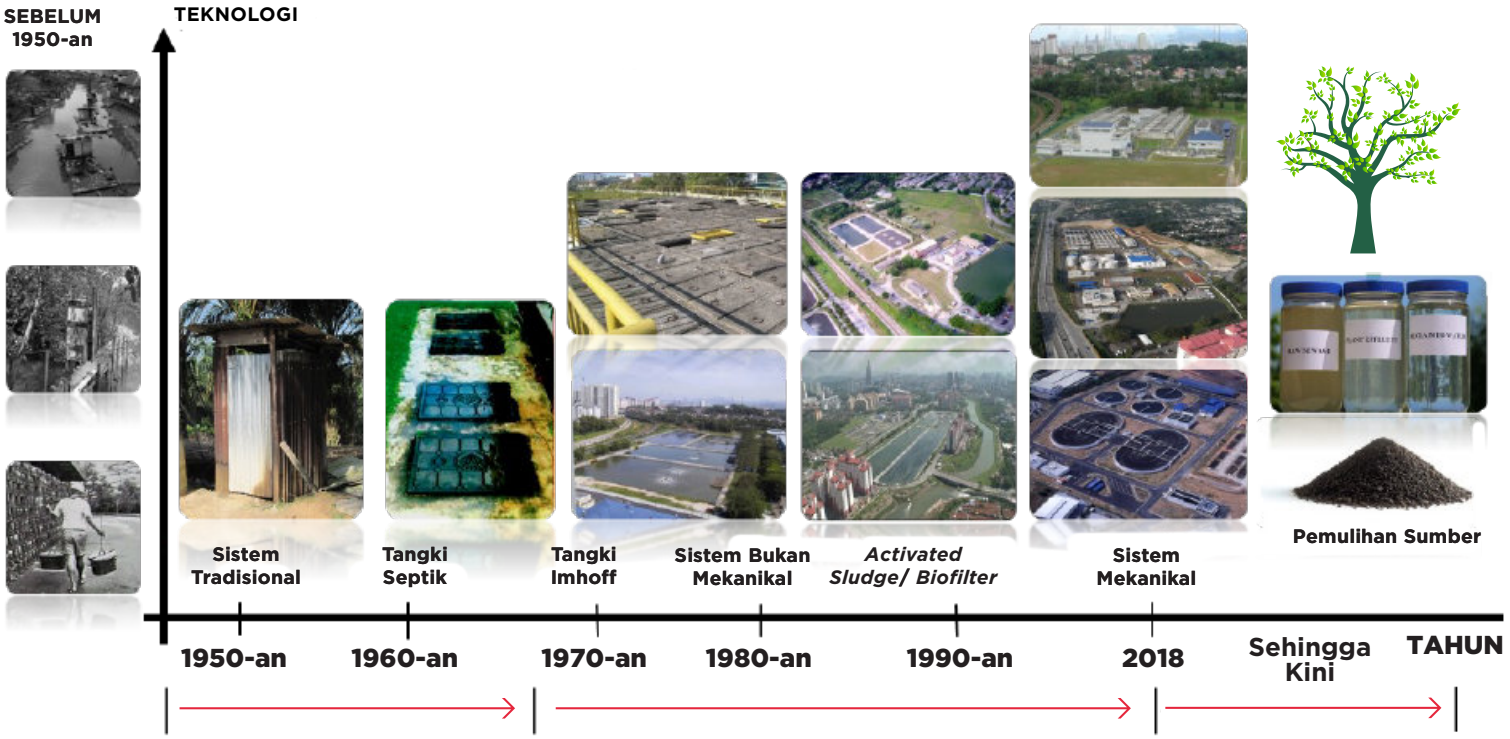
Recca a/p Tharmarajah
Dhaarisheni a/p Muniandy
Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara (SPAN)

Pengenalan

Secara amnya, pengawalseliaan dan pengurusan perkhidmatan pembetungan telah melalui beberapa fasa peralihan sepertimana yang dihuraikan dalam **Rajah 1** dan **Rajah 2**. Bermula tahun 1960-an, penetapan dasar pembetungan negara adalah di bawah tanggungjawab Kementerian Kesihatan Malaysia manakala Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) pula mengawal selia dan menyediakan perkhidmatan pembetungan kepada pengguna di samping melaksanakan kerja-kerja pengoperasian dan penyelenggaraan. Akta Perkhidmatan Pembetungan 1993 (Akta 508) telah diluluskan di Parlimen dan peralihan pertama bermula apabila Jabatan Perkhidmatan Pembetungan (JPP) dibentuk untuk mengawal selia sektor itu. Sementara itu, Indah Water Konsortium Sdn. Bhd. (IWK) pula telah diberikan tanggungjawab untuk menyediakan perkhidmatan pembetungan melalui perjanjian konsesi selama 28 tahun.



Rajah 1: Peralihan Pengawalseliaan dan Pengurusan Pembetungan.



Rajah 2: Evolusi rawatan *blackwater* dan *greywater*.

Fasa peralihan seterusnya bagi sektor pembetungan berlaku melalui penggubalan Akta Industri Perkhidmatan Air (WSIA) 2006 atau Akta 655 di Parlimen. Hasrat pembaharuan ini bertujuan menggalakkan pencapaian objektif dasar negara bagi perkhidmatan bekalan air dan industri perkhidmatan pembetungan. Dengan berkuat kuasanya Akta 655, semua perihal berkaitan perkhidmatan bekalan air dan perkhidmatan pembetungan adalah dikawal selia oleh SPAN.

Objektif dasar negara yang digariskan dalam *Water Services Industry Bill 2006* adalah menjurus kepada pemuliharaan sumber air dan alam sekitar iaitu:

- memastikan ketersediaan jangka panjang dan kemampanan bekalan air termasuk pemuliharaan air;
- menyumbang kepada kelestarian alur air dan kawasan tadahan air;
- meningkatkan kualiti hidup dan alam sekitar melalui pengurusan perkhidmatan bekalan air dan pembetungan yang berkesan dan cekap; dan
- mengawal selia keselamatan dan keselamatan sistem bekalan air dan sistem pembetungan.

Dalam memastikan objektif dasar negara diterapkan dalam aspek pengawalseliaan SPAN, beberapa inisiatif untuk memulihara sumber air dan alam sekitar telah dilaksanakan. Salah satu inisiatif yang dilaksanakan ialah cadangan pindaan Akta 655 yang bertujuan memperluas skop pengawalseliaan SPAN untuk merangkumi sistem perpaipan pembetungan dalam sesuatu bangunan (termasuk perangkap lemak, minyak dan gris).

Secara amnya, terdapat dua jenis lepasan cecair yang memasuki sistem pembetungan atau tangki septik iaitu *greywater* (dari sinki, besen, air basuhan, dan lain-lain) dan *blackwater* (dari tandas dan *urinal*). Mengikut tafsiran kumbahan dalam Akta 655, kedua-dua *greywater* dan *blackwater* ini perlu disambungkan ke sistem pembetungan atau tangki septik. Walau bagaimanapun, terdapat premis-premis yang melepaskan *greywater* terus ke dalam sistem perparitan yang secara langsung menjadi salah satu punca pencemaran sumber air.



Sehubungan itu, cadangan pindaan Akta 655 telah dibuat setelah pihak SPAN serta Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan (KPKT) menyedari bahawa terdapat jurang pengawalseliaan yang ketara melibatkan perpaipan dalam satu-satu bangunan di mana komponen tersebut tidak digariskan dengan jelas dalam Akta Jalan, Parit dan Bangunan 1974 mahupun Akta 655.

Dengan skop pengawalseliaan yang jelas antara agensi yang terlibat, kelestarian sumber air dan alam sekitar dapat dicapai dengan menangani permasalahan pencemaran akibat pelepasan *greywater* yang tidak dirawat.

Ini juga akan membantu dalam memudah cara kaedah pengawalseliaan khususnya bagi premis-premis yang tidak bersambung ke sistem pembetungan atau tangki septik. Bagi pembangunan baharu pula, kaedah kelulusan kerja-kerja pembetungan termasuk untuk perpaipan dalam satu-satu bangunan akan dapat dibangunkan dengan jelas di bawah pengawalseliaan SPAN melalui Agensi Perakuan Pembetungan yang dilantik oleh SPAN.

Analisa Jurang antara WSIA, Akta Jalan, Parit dan Bangunan dan Keperluan Kelulusan Kerja-Kerja Pembetungan

SPAN ditubuhkan pada tahun 2006 dengan berkuat kuasanya Akta 655. Dalam Akta 655, kumbahan ditafsirkan sebagai:

AKTA 655

apa-apa lepasan cecair yang mengandungi kumuhan manusia, haiwan atau bahan nabati dalam bentuk terampai atau larutan yang diperoleh daripada aktiviti domestik dan terhasil dari premis rumah, komersial, institusi dan industri ***termasuk lepasan cecair dari tandas, besen, sinki, bilik air dan apa-apa perkakas kebersihan lain tetapi tidak termasuk air hujan dan efluen terlarang.***

Walaupun istilah *greywater* atau *blackwater* tidak disebutkan secara spesifik, namun tafsiran kumbahan dalam Akta 655 merangkumi kedua-dua lepasan cecair tersebut iaitu kumuhan manusia, haiwan atau bahan nabati dalam bentuk terampai atau larutan (*blackwater*) serta lepasan cecair dari tandas, besen, sinki, bilik air dan apa-apa perkakas kebersihan lain (*greywater*).

Walau bagaimanapun, menurut Seksyen 2 Akta 655, tafsiran perpaipan pembetungan dalaman bersama dan perpaipan pembetungan dalaman individu adalah tidak termasuk sistem kebersihan dalam satu-satu bangunan sepertimana berikut:

AKTA 655

perpaipan pembetungan dalaman bersama ertinya paip, paip sambungan persendirian, saluran, pembuluh atau struktur, lekapan dan radas lain yang serupa untuk membawa kumbahan di dalam atau dari lebih daripada satu premis tetapi di bawah pengurusan dan penyenggaraan bersama pemunya atau penghuni atau perbadanan pengurusan premis itu yang diservis oleh perpaipan pembetungan dalaman itu hingga ke tempat sambungan dengan pembetung, tempat rawatan kumbahan atau tangki septik atau hingga mana-mana tempat sambungan lain yang ditentukan oleh Suruhanjaya, ***tetapi tidak termasuk sistem kebersihan dalam sesuatu bangunan.***



AKTA 655

perpaipan pembetungan dalaman individu ertinya paip, paip sambungan persendirian, saluran, pembuluh atau struktur, lekapan dan radas lain yang serupa untuk membawa kumbahan di dalam atau dari premis hingga ke tempat sambungan dengan pembetung, tempat rawatan kumbahan atau tangki septik atau hingga mana-mana tempat sambungan lain yang ditentukan oleh Suruhanjaya, ***tetapi tidak termasuk sistem kebersihan dalam sesuatu bangunan***

Ini bermakna, Kaedah-Kaedah Industri Perkhidmatan Air (Perancangan, Reka Bentuk dan Pembinaan Sistem Pembetungan dan Tangki Septik) 2013 tidak menggariskan prosedur permohonan kelulusan kerja-kerja pembetungan bagi sistem perpaipan pembetungan/ sistem kebersihan dalam sesuatu bangunan disebabkan SPAN tiada punca kuasa untuk mengawal selia komponen tersebut.

Justeru, tiada elemen penilaian reka bentuk atau pemeriksaan di tapak dilakukan oleh SPAN atau Agensi Perakuan Pembetungan (APP) yang dilantik oleh SPAN untuk memastikan kerja-kerja pemasangan sistem perpaipan pembetungan/ kebersihan dalam sesuatu bangunan adalah teratur dan dibina/ dipasang mengikut pelan dan spesifikasi.

Dalam Akta Jalan, Parit dan Bangunan 1974 (Akta 133) pula, Bahagian VII, Seksyen 133 Undang-Undang Kecil perkara (vi) dan (xvii) menggariskan berkenaan keperluan ruang kebersihan (*sanitary accommodation*) tanpa melibatkan sistem perpaipan pembetungan/ sistem kebersihan dalam sesuatu bangunan. Selain itu, Bahagian 1, Seksyen 3 Akta 133 mentafsirkan komponen berkaitan pembawaan kumbahan seperti di atas:

AKTA 133

Akta Jalan, Parit dan Bangunan 1974

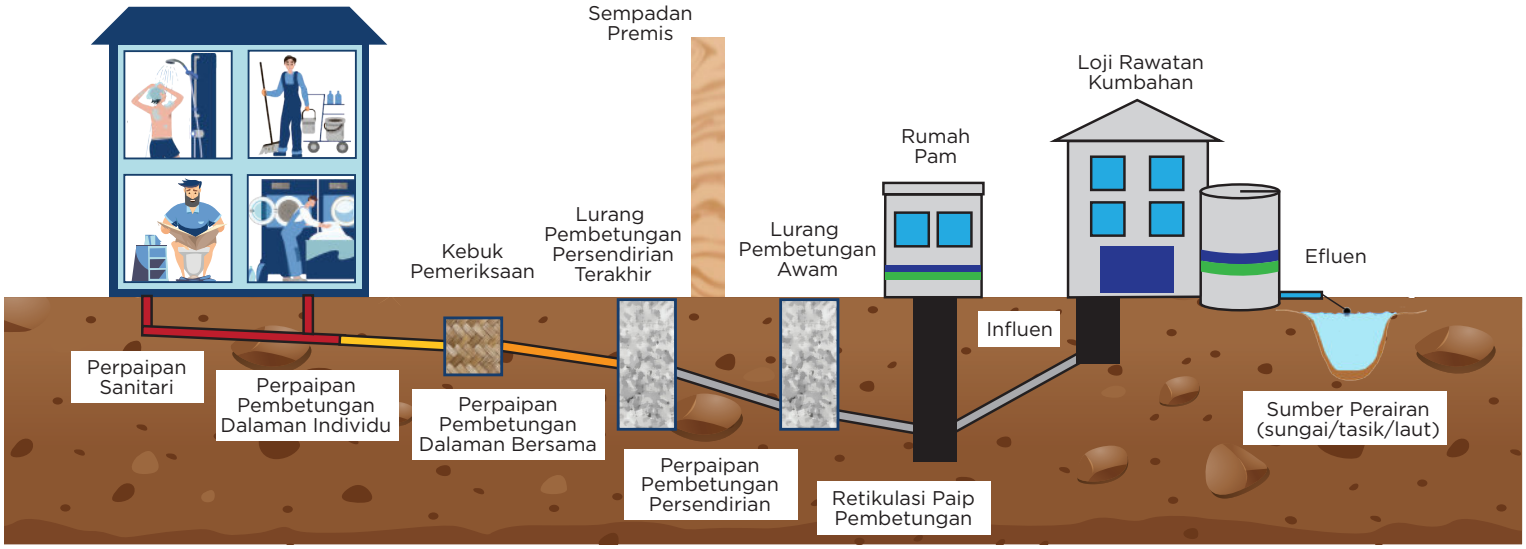
"betung" mempunyai erti yang diberikan kepada ***"pembetung"*** *di bawah* ***Akta Perkhidmatan Pembetungan 1993 [Akta 508].***

"paip sambungan persendirian" mempunyai erti yang sama yang diberikan kepadanya di bawah ***Akta Perkhidmatan Pembetungan 1993 [Akta 508].***

sistem pembetungan" mempunyai erti yang sama yang diberikan kepadanya di bawah ***Akta Perkhidmatan Pembetungan 1993 [Akta 508].***

Semua perihal yang berkaitan dengan sistem pembetungan atau kemudahan rawatan kumbahan dalam Akta 133 disaling rujuk (*cross-referred*) dengan tafsiran sedia ada dalam Akta 508.

Dalam Akta 508 pula, tafsiran pembetung, paip sambungan persendirian dan sistem pembetungan adalah seperti **Rajah 3**:



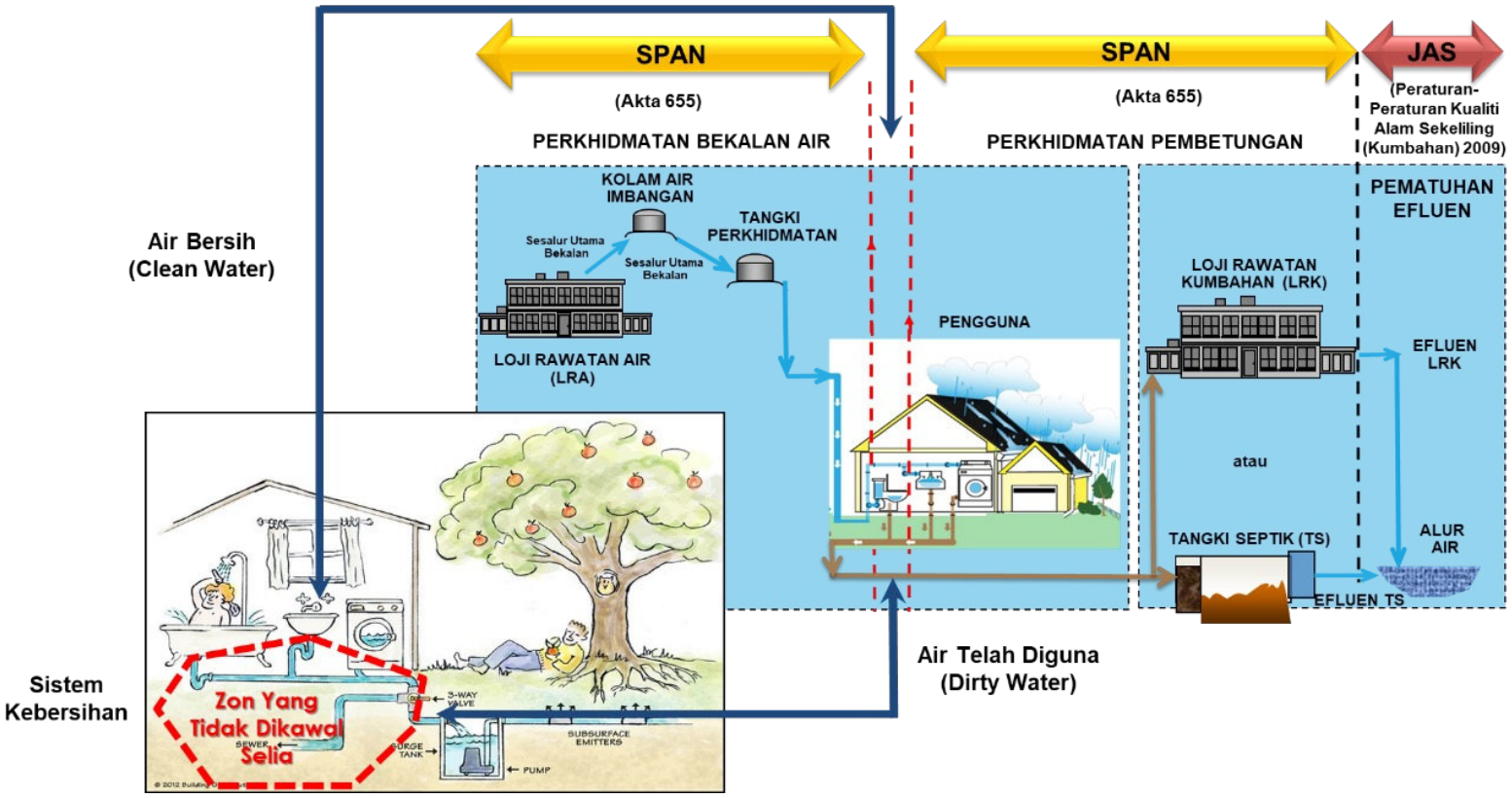
Rajah 3: Pembetung, paip sambungan persendirian dan sistem pembetungan.

AKTA 508

"paip sambungan persendirian" ertinya apa-apa paip, saluran, pembuluh atau struktur seumpamanya yang digunakan, atau yang boleh digunakan, bagi menyalirkan kumbahan ***dari premis hingga ke tempat sambungan dengan pembetung atau tempat pengolahan atau tangki septik.***

"pembetung" ertinya apa-apa paip, dengan perlengkapannya, yang direka bentuk untuk membawa kumbahan dari ***dua premis atau lebih ke tempat pengolahan pembetungan.***

"sistem pembetungan" ertinya sistem yang mengandungi *pembetung, paip pelupusan, stesen pengepam atau tempat pengolahan atau apa-apa kombinasinya dan segala struktur, kelengkapan dan perlengkapan lain* ***yang digunakan atau dimaksudkan untuk digunakan bagi mengumpulkan, membawa, mengepam atau mengolah kumbahan atau bagi melupuskan efluen atau enap cemar atau kumbahan yang sudah diolah.***



Rajah 4: Bidang Kuasa Pengawalseliaan Semasa SPAN

Tafsiran yang terkandung dalam Akta 508 tidak menyatakan dengan jelas skop kawal selia Jabatan Perkhidmatan Pembetungan (JPP) pada masa itu berkenaan sistem perpaipan pembetungan/ sistem kebersihan dalam sesuatu bangunan. Sekiranya dilihat daripada ketiga-tiga Akta yang disebutkan di atas, adalah jelas bahawa tiada agensi yang mengawal selia *greywater* atau sistem perpaipan pembetungan/ sistem kebersihan dalam sesuatu bangunan sepertimana yang diterangkan dalam **Rajah 4**.

Mekanisme Tadbir Urus Semasa *Greywater*

Secara amnya, tidak dapat dinafikan bahawa wujud kekurangan punca kuasa pengawalseliaan berhubung sistem perpaipan pembetungan/ sistem kebersihan dalam satu-satu bangunan. Setakat ini, tiada agensi yang diamanahkan untuk memberi kelulusan atau mengawal selia sistem perpaipan pembetungan dalam sesuatu bangunan bermula daripada peringkat permohonan kelulusan sehingga ke peringkat pembinaan dan penyerahan (tiada elemen semak dan imbang).

Amalan semasa adalah *submitting person* (SP) akan menghantar lukisan terperinci bagi sistem perpaipan pembetungan/ sistem kebersihan dalam sesuatu bangunan kepada pihak PBT untuk tujuan rekod (*lodgement*) sahaja. Setelah projek berkenaan siap dibina, pengemukaan borang G6 - *Stage Certification Internal Sanitary Plumbing* bagi tujuan memperoleh *Certificate of Fitness for Occupation of a Building* (CFO) perlu dilaksanakan oleh SP mengikut ketetapan dalam Seksyen 25, *Uniform Building By-Law* (UBBL) 1984 seperti berikut:

SEKSYEN 25

Uniform Building By-Law (UBBL) 1984

Suatu perakuan siap dan pematuhan dalam Borang F sebagaimana yang dinyatakan dalam Jadual Kedua hendaklah dikeluarkan oleh orang utama yang mengemukakan—

*b) apabila **Borang G1 hingga G21** berkenaan dengan perakuan berperingkat sebagaimana yang dinyatakan dalam Jadual Kedua telah diperakui dengan sewajarnya dan diterima olehnya;*

*(c) apabila semua perkhidmatan perlu, termasuk jalan akses, pandangan darat, tempat letak kereta, parit, **pemasangan alat-alat sanitari,** air elektrik dan komunikasi, pili bomba, kehendak **pembetungan** dan pembuangan sampah dan, lif bomba jika dikehendaki, telah disediakan; dan*

[Pin.M.P.U.27/2012:s4]

Dari sudut ketetapan SPAN pula, pada masa ini penggunaan produk sanitari seperti *dual flush water closets*, *urinal*, sinki, paip dan lain-lain kelengkapan yang dipasang dalam tandas perlu didaftarkan terlebih dahulu mengikut Seksyen 129, Akta 655 yang menjelaskan perihal penggunaan atau pembekalan yang menyalahi undang-undang melibatkan kelengkapan, peranti, bahan, sistem atau kemudahan yang tidak standard seperti berikut:

SEKSYEN 129, AKTA 655

Seksyen 129 menyatakan seseorang yang menggunakan atau membekalkan apa-apa kelengkapan, peranti, bahan, sistem atau kemudahan yang tidak standard bagi tujuan memasang, menjalankan atau mengendalikan kelengkapan, peranti, bahan, sistem atau kemudahan itu melakukan suatu kesalahan dan boleh, apabila disabitkan, didenda tidak melebihi lima puluh ribu ringgit atau dipenjarakan selama tempoh tidak melebihi enam bulan atau kedua-duanya.

*"lengkapan air" termasuklah paip (selain sesalur utama awam) spesial, kepala paip, pili penutup, injap, simpai logam, meter, submeter, tangki, **tempat mandi, tandas, radas air panas, takungan kotoran dan radas atau perkakas serupa yang lain yang digunakan berkaitan dengan pembekalan dan penggunaan air***

Memandangkan tiada agensi bertanggungjawab dalam pengawalseliaan sistem perpaipan pembetungan/ sistem kebersihan dalam satu-satu bangunan secara menyeluruh, permasalahan yang kerap berlaku adalah apabila pemilik membuat pengubahsuaian premis dan mengalirkan lepasan daripada sinki dapur, mesin basuh dan lain-lain terus ke dalam longkang. Ini merupakan satu kesalahan di bawah Akta 655 yang mewajibkan pengaliran *greywater* dan *blackwater* ke dalam sistem pembetungan atau tangki septik.

Selain itu, sistem perpaipan pembetungan/ sistem kebersihan dalam satu-satu bangunan juga merangkumi perangkap lemak, minyak dan gris. Sekiranya perangkap ini tidak dikawal selia dengan sewajarnya, pelepasan lemak, minyak dan gris yang berlebihan ke dalam sistem pembetungan boleh mengakibatkan sumbatan paip, kacau ganggu seperti pencemaran bau atau limpahan yang boleh mengakibatkan pencemaran sumber air serta memberi impak kepada proses di loji rawatan kumbahan (LRK) seperti **Gambar 1**, **2, 3** dan **4**:



Gambar 1: Perangkap Lemak, Minyak dan Gris yang tidak diselenggara.



Gambar 2: *Greywater* yang dilepaskan terus ke Longkang.



Gambar 3: Kebuk Pemeriksaan dalam Premis yang dipenuhi Lemak, Minyak dan Gris.



Gambar 4: LRK SPI 576 (Taman Sejati) dipenuhi Lemak, Minyak dan Gris.

Menurut perspektif PBT pula, pemasangan perangkap lemak, minyak dan gris adalah merupakan satu keperluan sebelum lesen perniagaan diluluskan. Namun demikian, keperluan penyenggaraan perangkap itu tidak dikawal selia secara menyeluruh. Hanya segelintir PBT sahaja yang melaksanakan operasi pematuhan piawaian bagi memastikan perangkap tersebut diselenggarakan secara berkala dan direkodkan untuk tujuan pemeriksaan/ audit.



Sumber: NAHRIM

Mekanisme Penguatkuasaan Semasa *Greywater*

Berhubung dengan mekanisme penguatkuasaan, setiap agensi bertindak secara berasingan untuk menangani isu pelepasan *greywater* secara terus ke alur air. Di peringkat SPAN, aktiviti penguatkuasaan adalah berdasarkan punca kuasa di bawah Seksyen 61, Akta 655 seperti berikut:

SEKSYEN 61, AKTA 655

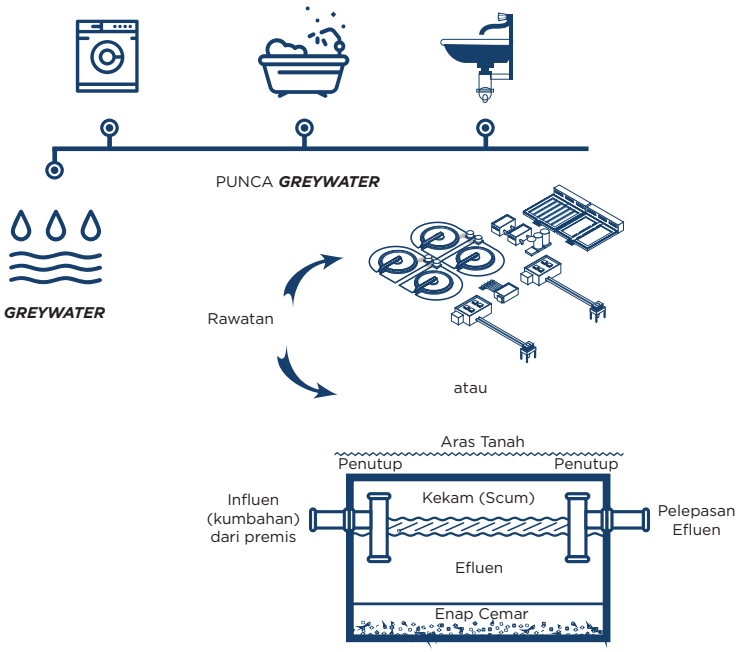
Tiada seorang pun boleh melepaskan ke dalam atau membenarkan dilepaskan ke dalam mana-mana pembetung awam atau tempat rawatan kumbahan awam—

(a) apa-apa efluen terlarang, ***tanpa kelulusan Suruhanjaya;***

(b) apa-apa bahan berbahaya, mudah meruap atau mudah terbakar atau apa-apa benda lain ***yang mungkin merosakkan atau mengurangkan fungsi mana-mana pembetung awam atau tempat rawatan kumbahan awam*** *atau* ***mengganggu aliran bebas kandungannya atau menjejaskan perawatan atau pelupusan kandungannya****; atau*

(c) apa-apa efluen, benda atau bahan daripada pengisar sampah atau apa-apa peranti lain yang ditentukan oleh Suruhanjaya, ***tanpa kelulusan Suruhanjaya****.*

Efluen terlarang ditafsirkan sebagai efluen industri atau apa-apa efluen lain yang ditetapkan oleh Menteri. Selaras dengan tafsiran ini, satu senarai efluen terlarang telah diwartakan dalam **Peraturan-Peraturan Industri Perkhidmatan Air (Efluen Terlarang) 2021** pada 25 November 2021. Justeru, sekiranya terdapat pelepasan *greywater* termasuk lemak, minyak dan gris yang tidak menepati senarai dalam peraturan tersebut, maka tindakan penguatkuasaan boleh diambil oleh SPAN.



Walau bagaimanapun, bagi membolehkan SPAN melaksanakan penguatkuasaan yang meliputi pemeriksaan dalam satu-satu premis untuk mengenal pasti punca pelepasan *greywater* termasuk lemak, minyak dan gris yang merosakkan atau mengurangkan fungsi mana-mana pembetung awam atau tempat rawatan kumbahan awam, kerjasama daripada PBT adalah amat diperlukan memandangkan SPAN tidak mengawal selia sistem perpaipan pembetungan/ sistem kebersihan dalam satu-satu bangunan.

Ini adalah kerana PBT mempunyai punca kuasa di bawah Akta Kerajaan Tempatan 1976 dan Undang-undang Kecil Establisymen Makanan 1991 serta Undang-undang Kecil Kebersihan dan Keselamatan Awam 1980 yang antara lain menjelaskan:

SEKSYEN 69

Akta Kerajaan Tempatan 1976 (Melakukan kacau ganggu dalam anak sungai, dsb.)

Seseorang yang melakukan sesuatu kacau ganggu atau meletakkan apa-apa kekotoran dalam atau *di atas tebing mana-mana anak sungai, saluran,* ***parit awam atau lain-lain alur air dalam kawasan pihak berkuasa tempatan*** *melakukan suatu kesalahan dan boleh, apabila disabitkan, didenda tidak melebihi dua ribu ringgit atau dipenjara selama tempoh tidak melebihi satu tahun atau kedua-duanya dan didenda tambahan tidak melebihi lima ratus ringgit bagi setiap satu hari kesalahan itu diteruskan selepas sabitan.*

Sehubungan itu, bagi mengatasi isu pelepasan *greywater* termasuk sisa makanan, sisa lemak, minyak dan gris oleh pengusaha premis makanan ke dalam parit yang mengakibatkan longkang tercemar dan berbau busuk selain mengakibatkan sumbatan kepada sistem pembetungan awam atau tempat rawatan kumbahan awam, penguatkuasaan secara bersepadu adalah diperlukan. Ini merupakan strategi jangka pendek atau *quick win strategy* yang perlu dilaksanakan oleh SPAN dan PBT demi memastikan kelestarian sumber air dapat dicapai.

Hala Tuju Pengawalseliaan *Greywater*

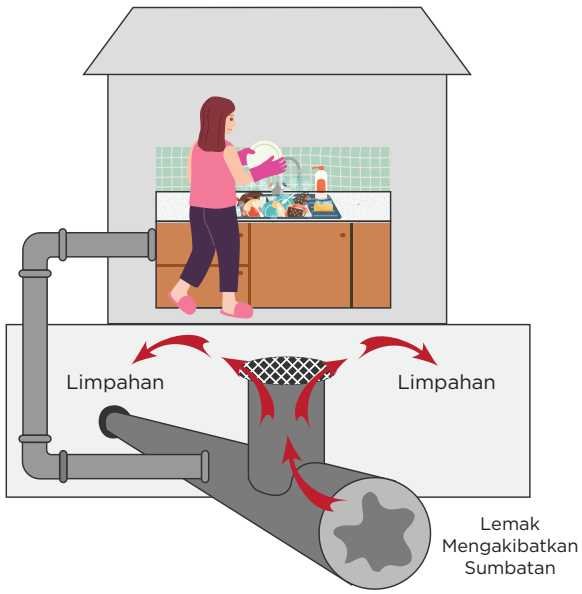
Sikap tidak ambil peduli oleh pemilik premis yang melepaskan *greywater* ke dalam alur air berpunca daripada kelompangan dalam akta berkaitan sehingga pesalah lebih rela berdepan dengan denda minimum berbanding kos untuk menyediakan kaedah pelepasan *greywater* yang teratur.

Kepincangan akta sedia ada pula telah memberi laluan kepada segelintir pemilik premis untuk menjadikan alur air sebagai saliran *greywater* tanpa memikirkan impak kepada sumber air dan ekosistem semula jadi.

Justeru, agensi-agensi yang berkaitan perlu memikirkan jalan penyelesaian yang komprehensif untuk memastikan greywater tidak lagi dilepaskan secara terus ke dalam sistem perparitan, longkang atau alur air tanpa dirawat.

Pada 8 Ogos 2019, SPAN telah memperolehi kelulusan daripada Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan (kini dikenali sebagai Kementerian Pembangunan Kerajaan Tempatan) untuk meminda skop pengawalseliaan berkaitan sistem perpaipan pembetungan/ sistem kebersihan dalam satu-satu bangunan. Objektif pindaan Akta 655 adalah untuk memperluas skop kawal selia SPAN yang akan merangkumi sistem perpaipan pembetungan/ sistem kebersihan dalam satu-satu bangunan termasuk perangkap lemak, minyak dan gris.

Selain itu, SPAN sebagai badan kawal selia untuk perkhidmatan air dan pembetungan akan bertindak sebagai *Lead Agency* selepas pindaan Akta 655 diwartakan bagi menyelesaikan zon yang tidak dikawal selia seperti yang tertera dalam **Rajah 4**. Secara amnya, akta yang perlu dipinda adalah Akta 655 dan tidak melibatkan Akta 133. Bidang kuasa penetapan ruang kebersihan untuk satu-satu bangunan masih kekal di bawah skop PBT yang berkenaan. Dengan pindaan Akta 655, beberapa perkara dapat dicapai seperti **Jadual 1**.



Jadual 1: Mekanisme Pengawalseliaan Sebelum dan Selepas Pindaan Akta IPA 2006.

KOMPONEN	SEBELUM PINDAAN AKTA IPA 2006	SELEPAS PINDAAN AKTA IPA 2006
Greywater	☑	☑
Perpaipan pembetungan dalam sesuatu bangunan	☒	☑
Pendaftaran pembekal perangkap lemak, minyak & gris individu	☒	☑
Tindakan penguatkuasaan bagi sistem kebersihan & perangakap lemak, minyak & gris	☒	☑
Audit pematuhan	☒	☑
Air basuhan di luar premis bangunan	☒	☒

Pengawalseliaan SPAN selepas Pindaan Akta 655 dikuatkuasakan adalah seperti berikut:



Walau bagaimanapun aktiviti di luar premis, sebagai contoh restoran yang menjalankan aktiviti mencuci di luar premis yang mana menyebabkan *greywater* mengalir terus ke longkang, tidak akan dikawal selia oleh SPAN. Sebaliknya, perkara ini perlu dikawal selia menerusi undang-undang di bawah Akta Kerajaan Tempatan 1976, Undang-undang Kecil Establisymen Makanan 1991 dan Undang-undang Kecil Kebersihan dan Keselamatan Awam 1980.

Kesimpulan

Pada tahun 2020, hanya 53 peratus lembangan sungai di Malaysia dikelaskan sebagai bersih, 42 peratus lagi dikategorikan tercemar dan bakinya pada tahap tercemar teruk. Pelbagai program dan kempen berkaitan sungai telah dijalankan namun pencemaran sumber air masih berterusan. Tidak dapat dinafikan kes-kes pencemaran sungai berpotensi untuk terus meningkat selaras dengan kepesatan pembangunan dan aktiviti perindustrian. Justeru, kawalan bagi aktiviti pencemaran di punca adalah sangat penting bagi mengurangkan impak negatif terhadap alam sekitar dan kawasan persekitaran. Dalam kes *greywater*, cadangan pendekatan yang perlu diambil oleh pihak berkepentingan adalah seperti berikut:

a) Mengurangkan pencemaran terhadap alam sekitar dan sumber air
   - Air mentah bukannya satu sumber yang kekal. Situasi ini telah terbukti secara global, terdapat negara yang menghadapi masalah akibat daripada kekurangan air. Oleh itu, pengurangan pencemaran tidak boleh dilihat sebagai satu pilihan tetapi keperluan bagi mewujudkan sumber air yang lebih mampan demi menjamin kelangsungan kehidupan dan pembangunan pada masa hadapan.

b) Agensi peneraju untuk pematuhan dan tindakan penguatkuasaan
   - SPAN bertindak sebagai agensi peneraju dalam memastikan pematuhan dan mengambil tindakan penguatkuasaan sewajarnya ke atas mana-mana ketidakpatuhan yang melibatkan pelepasan greywater secara terus ke alur air termasuk pelepasan lemak, minyak dan gris yang berlebihan ke dalam kemudahan rawatan kumbahan seperti sistem pembetungan atau tangki septik.

c) Bidang kuasa kawal selia yang jelas
   - Had persempadanan penguatkuasaan perlu lebih jelas, tiada pertindihan skop kawal selia atau kuasa antara agensi-agensi terlibat.

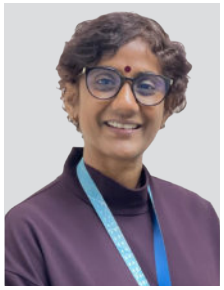
d) Kolaborasi antara Agensi
   - Kolaborasi antara SPAN dan PBT adalah penting bagi memupuk kesedaran di kalangan orang awam berkenaan kepentingan untuk tidak melepaskan *greywater* terus ke alur air.
   - SPAN juga perlu mengkaji dan membangunkan mekanisme kerjasama strategik untuk menggalakkan pemilik premis membuat penyambungan ke sistem pembetungan atau tangki septik.
   - SPAN dan PBT perlu memperhalusi penyediaan platform aduan untuk orang awam memberi maklumat berkaitan kewujudan premis haram, pelepasan efluen terlarang atau kumbahan yang tidak terawat.
   - SPAN dan PBT perlu menggalakkan pemilik premis untuk mengitar semula sisa minyak. Melalui kaedah ini, elemen pengawalan dapat diwujudkan agar sisa minyak tersebut tidak dibuang ke dalam sistem perpaipan.

Kesimpulannya, kemantapan akta dan perundangan subsidiarinya yang disokong oleh tindakan penguatkuasaan yang efisien adalah amat diperlukan untuk memperkasakan tadbir urus *greywater* di Malaysia demi kelangsungan hidup generasi masa depan serta menjamin kelestarian sumber air dan alam sekitar.

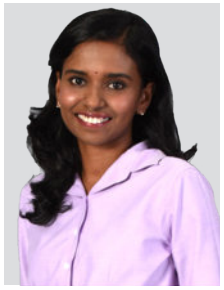
Rujukan

1. Akta Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara (Akta 654)
2. Akta Industri Perkhidmatan Air 2006 (Akta 655)
3. Akta Perkhidmatan Pembetungan 1993 (Akta 508)
4. Akta Jalan, Parit dan Bangunan 1993 (Akta 133)
5. Akta Kerajaan Tempatan 1976
6. Undang-undang Kecil Establishment Makanan 1991
7. Undang-undang Kecil Kebersihan dan Keselamatan Awam 1980
8. Garis Panduan Pemasangan Perangkap Minyak Di Premis Makanan Di Kawasan PBT

PROFIL PENULIS



RECCA THARMARAJAH
Pengarah
Bahagian Standard Teknikal
dan Pematuhan
Jabatan Kawal Selia Air
dan Pembetungan
Suruhanjaya Perkhidmatan
Air Negara (SPAN)
Email: *recca@span.gov.my*



DHAARISHENI A/P MUNIANDY
Eksekutif Kanan
Bahagian Standard Teknikal
dan Pematuhan
Jabatan Kawal Selia Air dan
Pembetungan
Suruhanjaya Perkhidmatan
Air Negara (SPAN)
Email: *dhaarisheni@span.gov.my*









Sumber: NAHRIM

TADBIR URUS PENGURUSAN *GREYWATER* DI KAWASAN PIHAK BERKUASA TEMPATAN

– Daripada Perspektif Perundangan Berkaitan Kerajaan Tempatan

Mohamed Yazid Kuman
Raihani Che Mamat
Aida Fathirah Mohd Faridz
Nurulasmaa Ibrahim
Manin Anak Kana
Jabatan Kerajaan Tempatan (JKT)


Sumber: NAHRIM

Pengenalan

Masalah pencemaran sungai menjadi agenda utama dalam pembangunan di Malaysia. Sejak berdekad lamanya, pelbagai pendekatan telah dilaksanakan secara berterusan oleh pelbagai jabatan/ agensi terlibat bagi memastikan pencemaran sungai di negara ini tidak menjadi semakin serius.

Pelbagai punca pencemaran yang telah dikenalpasti, salah satunya adalah *greywater* atau air limbah yang terhasil daripada aktiviti basuhan di premis makanan, pasar, cucian kereta, dobi atau lain-lain premis komersil. Dalam konteks Malaysia, Kerajaan Negeri melalui Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) mempunyai kuasa-kuasa tertentu melalui peruntukan perundangan bagi pengurusan *greywater* ini.



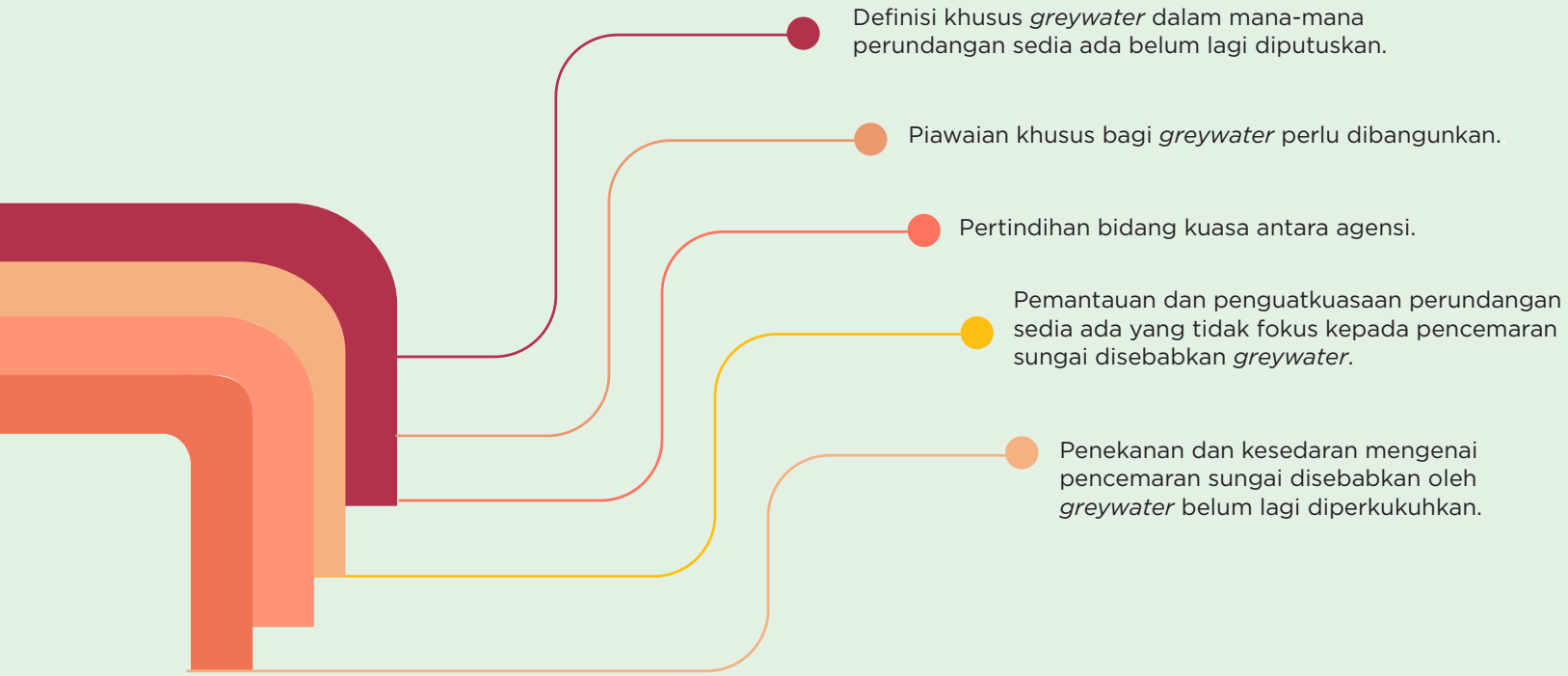
Punca Kuasa Perundangan

Secara amnya, kuasa-kuasa PBT bagi negeri-negeri di Semenanjung Malaysia adalah tertakluk di bawah Akta Kerajaan Tempatan 1976 (Akta 171) dan Akta Parit, Jalan dan Bangunan 1974 (Akta 133). Di bawah Akta 171, PBT boleh mewujudkan Undang-Undang Kecil (UUK) untuk menjalankan tanggungjawabnya sebagai PBT mengikut akta tersebut.

Manakala bagi PBT di Sabah dan Sarawak, Akta Kerajaan Tempatan 1976 (Akta 171) tidak diterima pakai berdasarkan Perkara 95D Perlembagaan Persekutuan. Sabah dan Sarawak mempunyai undang-undang kerajaan tempatan sendiri iaitu *Local Government Ordinance, 1961 (Sabah No. 11 of 1996)* bagi negeri Sabah dan *Local Authorities Ordinance, 1996* serta *City of Kuching North (Amendment) Ordinance, 2007* bagi negeri Sarawak. Selain itu, PBT di kedua-dua negeri juga mempunyai undang-undang perancangan dan bangunan sendiri. Berikut adalah ringkasan perundangan berkaitan pengurusan *greywater* yang dikuatkuasakan oleh PBT:

1. Akta Kerajaan Tempatan 1976 (Akta 171); dan
2. Akta Jalan, Parit dan Bangunan 1974 (Akta 133)

CABARAN PENGURUSAN *GREYWATER*



Inisiatif Jabatan Kerajaan Tempatan (JKT)

Jabatan Kerajaan Tempatan (JKT) telah memulakan beberapa inisiatif bagi menambahbaik tadbir urus di peringkat PBT mengenai pengurusan *greywater*. Antara inisiatif tersebut adalah menerbitkan beberapa garis panduan seperti berikut:



Kesemua Garis Panduan yang diterbitkan ini telah diedarkan bertujuan untuk memberi panduan kepada PBT, pengusaha, peniaga dan mana-mana pihak berkepentingan dalam urusan yang berkaitan dengan pengurusan *greywater* di premis yang dilesenkan oleh PBT. Bagi mempromosikan garis panduan tersebut di PBT, JKT melaksanakan penilaian pematuhan di PBT dan pada masa yang sama memberi khidmat perundingan teknikal bagi menambah baik pengurusan *greywater* di kawasan PBT. Selain itu, JKT juga melaksanakan program kesedaran awam melalui pelbagai medium seperti sesi taklimat dan kursus kepada PBT, menerbitkan poster melalui media sosial yang berkaitan seperti *Twitter, Facebook* dan lain-lain dengan harapan agar masyarakat setempat memahami kesan *greywater* ini.

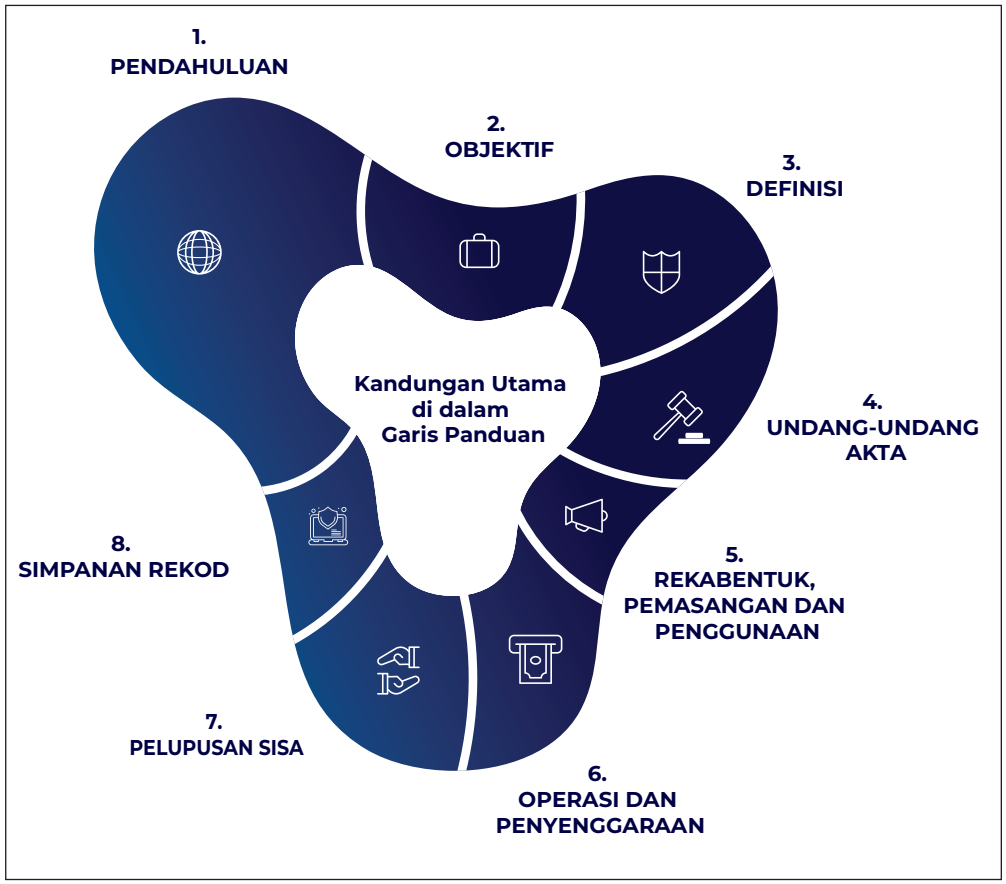
Hala Tuju Bagi Penambahbaikan Pengurusan *Greywater* di Kawasan PBT

Bagi memastikan PBT sentiasa komited di dalam mengurangkan pencemaran air disebabkan oleh *greywater*, JKT sentiasa memberi khidmat nasihat teknikal secara berterusan, melaksanakan penilaian pematuhan di lapangan dan menganjurkan kempen promosi kesedaran awam secara berterusan di kalangan komuniti. Di samping itu, penerbitan pelbagai garis panduan oleh JKT adalah bersifat dinamik dan sentiasa ditambahbaik selaras dengan perkembangan semasa dan pindaan perundangan sedia ada.

Garis Panduan Pemasangan Perangkap Minyak di Kawasan PBT

Maklumat Perangkap Minyak

KPKT telah mengedarkan Pekeliling Ketua Setiausaha KPKT Bil.1/2018 pada 16 Julai 2018 berkenaan pemakaian Garis Panduan Pemasangan Perangkap Minyak Di Premis Makanan Di Kawasan PBT. Penyediaan garis panduan tersebut adalah selaras dengan keputusan Mesyuarat Majlis Negara Bagi Kerajaan Tempatan (MNKT) ke-53 pada tahun 2005. Antara kandungan utama di dalam garis panduan ini adalah:



Jenis Perangkap Minyak

a) Perangkap Minyak Individu



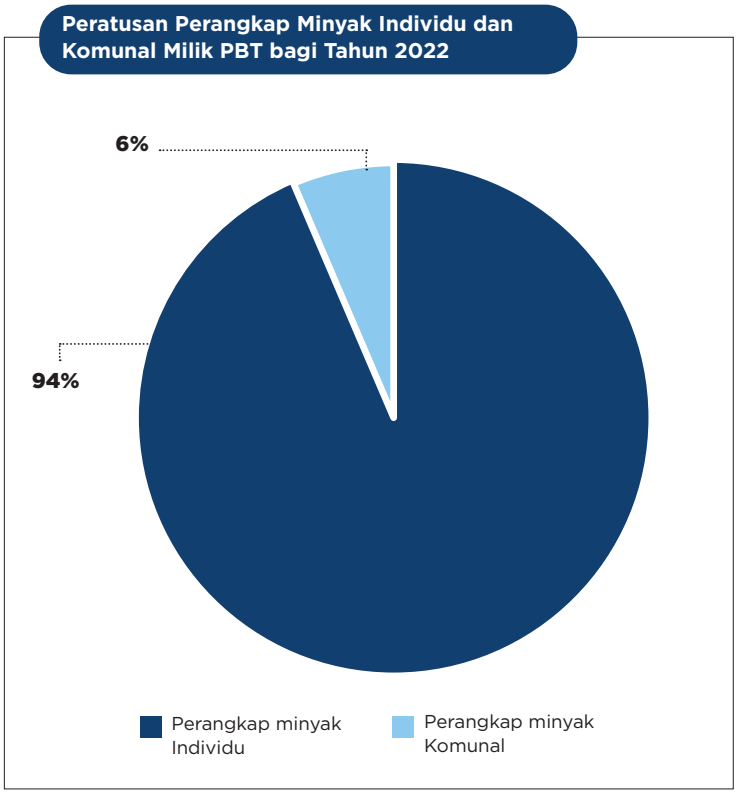
Perangkap minyak yang dipasang disatu sinki di premis makanan.

b) Perangkap Minyak Komunal



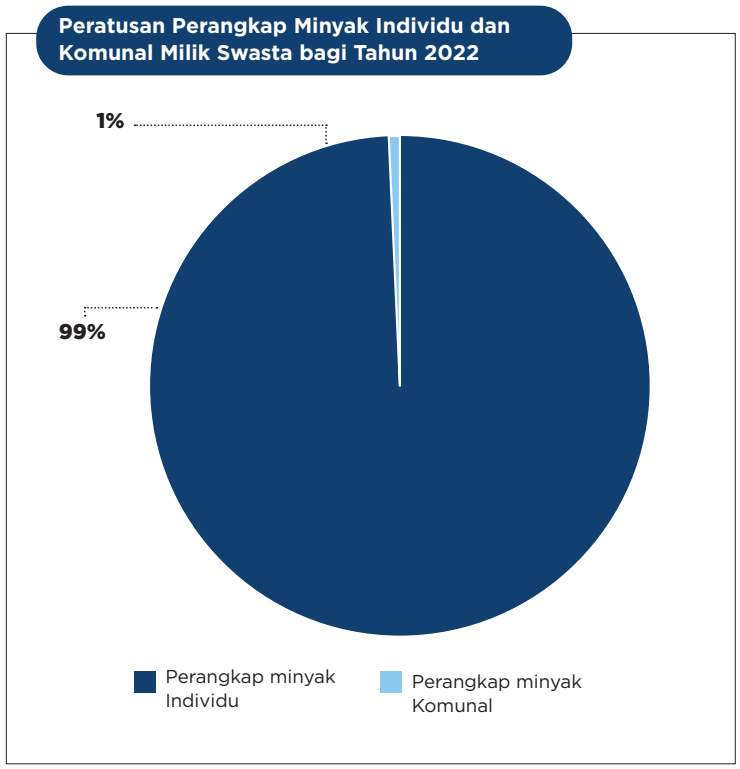
Perangkap minyak yang dibina melibatkan dua atau lebih sinki di sesuatu premis makanan atau dari beberapa premis makanan.

Carta 1 menunjukkan peratusan perangkap minyak mengikut jenis yang dipasang di premis makanan milik PBT. Sebanyak 94 peratus perangkap minyak adalah jenis individu. Manakala bilangan perangkap minyak jenis komunal adalah sebanyak 6 peratus.



Carta 1: Peratusan Perangkap Minyak Individu & Komunal Milik PBT bagi Tahun 2022

Terdapat 61,652 unit perangkap minyak di premis makanan milik swasta. **Carta 2** menunjukkan peratusan perangkap minyak mengikut jenis yang dipasang di premis makanan milik swasta. Sebanyak 99 peratus premis makanan memasang perangkap minyak jenis individu. Manakala, premis makanan yang memasang perangkap minyak jenis komunal adalah sebanyak 1 peratus.



Carta 2: Peratusan Perangkap Minyak Individu dan Komunal Milik Swasta bagi Tahun 2022

Tatacara Bagi Menyenggara Perangkap Minyak

Jadual 1 menunjukkan tatacara bagi penyenggaraan perangkap minyak individu dan komunal yang perlu dilaksanakan oleh mana-mana pemilik premis dan pihak ketiga yang dilantik oleh PBT:

Jadual 1: Tatacara bagi Penyenggaraan Perangkap Minyak Individu dan Komunal.

JENIS SISTEM	AKTIVITI PENYELENGGARAAN
Perangkap Minyak Individu	1. Pembersihan sistem penyaringan boleh dilakukan sendiri oleh pemilik premis (harian). 2. Mengeluarkan lapisan *brown grease* yang telah terasing di ruang sesekat dan melupus *brown grease* yang dikumpul ketika kerja pembersihan mengikut kaedah yang telah ditetapkan PBT. 3. Memeriksa dan memastikan tiada halangan pada aliran air limbah di sistem perpaipan daripada premis ke perangkap minyak dan daripada perangkap minyak ke sistem pembetung atau tangki septik. 4. Melengkapkan laporan jadual penyenggaraan perangkap minyak untuk semakan ketika pemeriksaan PBT.
Perangkap Minyak Komunal	1. Digalakkan untuk melantik pihak ketiga pembersihan bagi menjalankan kerja pembersihan dan penyenggaraan yang mana langkah 1-5 perlu dipatuhi. 2. Memeriksa sistem elektrik dan mekanikal, jika ada, bagi memastikan perangkap minyak berfungsi sepenuhnya.

Contoh Perangkap Minyak di Premis Makanan

a) Perangkap Minyak Individu



Gambar 1: Perangkap minyak individu dipasang disetiap premis makanan

b) Perangkap Minyak Komunal



Gambar 2: Perangkap minyak komunal



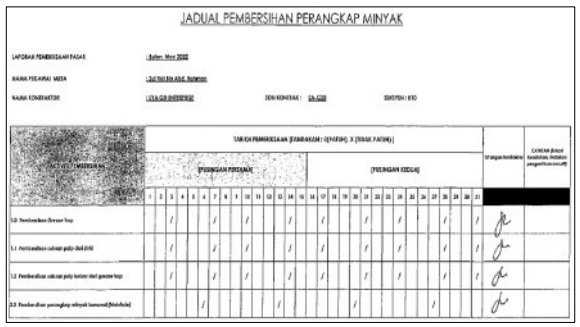
Gambar 3: *Outlet pipe* bagi perangkap minyak komunal menyalirkan efluen akhir terus ke longkang

Amalan Pengurusan Terbaik di Lapangan

i. Minyak yang telah digunakan hendaklah dituang ke dalam bekas yang sesuai dan bertutup;
ii. Pastikan semua sisa makanan pada perkakas dibuang ke dalam tong sampah dan bukan ke dalam sinki dapur;
iii. Mengelap sisa minyak peralatan dapur sebelum membasuh di sinki;
iv. Memastikan tiada apa-apa halangan pada ruang akses perangkap minyak yang dipasang;
v. Perangkap minyak perlu disenggara secara berkala mengikut jadual;
vi. Melengkapkan jadual penyenggaraan dan dipamerkan di tempat yang mudah dilihat;
vii. Menyediakan dan menyimpan rekod kerja penyenggaraan perangkap minyak;
viii. Menyediakan tanda amaran/ halangan sebelum memulakan kerja pemeriksaan dan penyenggaraan; dan
ix. Penggunaan cecair pelarut di dalam perangkap minyak tidak dibenarkan.

Contoh Jadual Dan Rekod Penyenggaraan

Jadual 2: Contoh Jadual Penyenggaraan Perangkap Minyak



JADUAL PEMBERSIHAN PERANGKAP MINYAK

JADUAL PENYELENGGARAAN PERANGKAP MINYAK

JANUARI 2022

Bil	Lokasi Gerai	Tarikh Penyelenggaraan			
1.	Medan Selera Taman Sri Jaya, Bukit gambir	6.1.2022 (Khamis)	13.1.2022 (Khamis)	20.1.2022 (Khamis)	27.1.2022 (Khamis)
2.	Medan Selera Taman Tangkak Jaya, Tangkak	5.1.2022 (Rabu)	12.1.2022 (Rabu)	19.1.2022 (Rabu)	26.1.2022 (Rabu)
3.	Medan Selera Serom Utama, Tangkak	6.1.2022 (Khamis)	13.1.2022 (Khamis)	20.1.2022 (Khamis)	27.1.2022 (Khamis)

Jadual 3: Contoh Rekod Penyenggaraan Perangkap Minyak

REKOD PENYELENGGARAAN PERANGKAP MINYAK

LOKASI : Medan Selera Gerai Taman Sri Jaya, Bukit Gambir.

BULAN : Februari 2022

BIL	TARIKH	MASA PEMBERSIHAN	NAMA PETUGAS	NAMA PENYELIA
1.	3.02.2022 (Khamis)	9.30 am	- Hamraj - Havamani	- Sahom (mando)
2.	10.02.2022 (Khamis)	2.30 pm	- Hamraj - Shamsah	- Mudzilan (Pengawas)
3.	17.02.2022 (Khamis)	9.00 am	- Hasni - Shahizi - Filus	- Mudzilan (Pengawas)
4.	24.02.2022 (Khamis)	3.00 pm	- Hamraj - Hasni - Filus	- Sahom (mando)
5.				
6.				

Garis Panduan Pengurusan Premis Cucian Kenderaan di Kawasan PBT

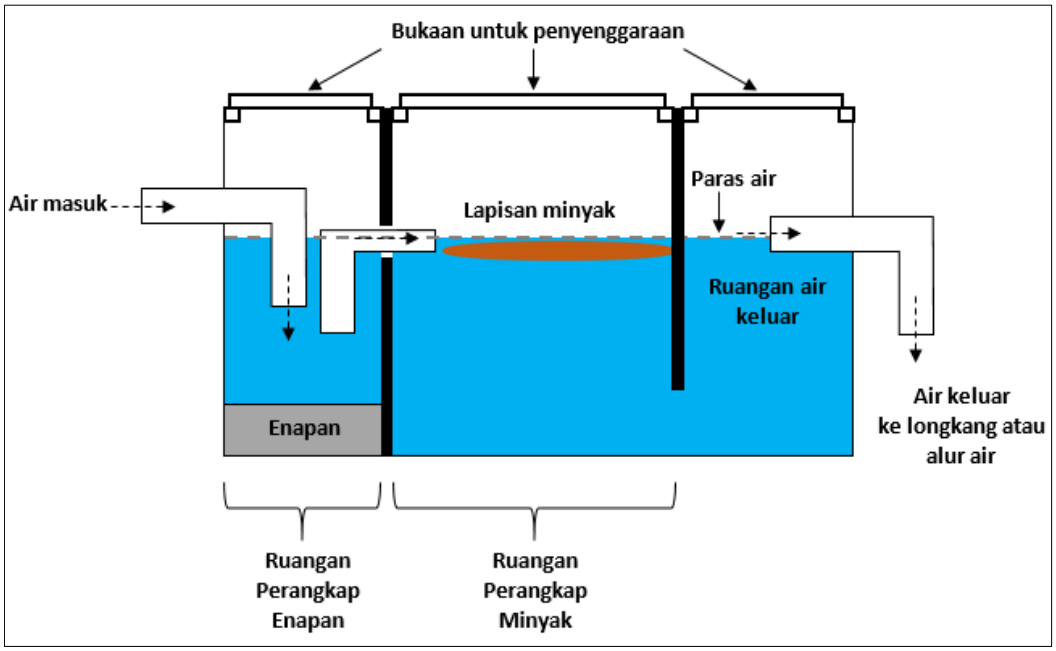
Garis Panduan Pengurusan Premis Cucian Kenderaan di Kawasan PBT yang telah dipersetujui dalam MNKT ke-75 pada 10 Jan 2020 dan dikuatkuasakan melalui Pekeliling Ketua Setiausaha bertarikh 13 Februari 2020.

Definisi Premis Cucian Kenderaan

MANUAL	AUTOMATIK	SEPARA AUTOMATIK
Pembersihan dilakukan oleh pekerja-pekerja melalui beberapa siri aktiviti secara berturutan sehingga kenderaan bersih.	Pembersihan menggunakan mesin atau peralatan pembersihan yang mempunyai fungsi tertentu disusun secara berturutan sehingga kenderaan bersih. Kenderaan digerakkan ke setiap mesin atau peralatan basuhan automatik sehingga aktiviti pembersihan selesai.	Pembersihan secara manual oleh pekerja-pekerja pada peringkat awal untuk menghilangkan kekotoran luaran, seterusnya menggunakan mesin/ peralatan pembersihan yang mempunyai fungsi tertentu disusun secara berturutan sehingga kenderaan bersih. Pemilik kenderaan perlu memandu sendiri kenderaan ke setiap mesin/ peralatan basuhan automatik sehingga aktiviti pembersihan selesai. Seterusnya, kenderaan dikeringkan oleh pekerja.

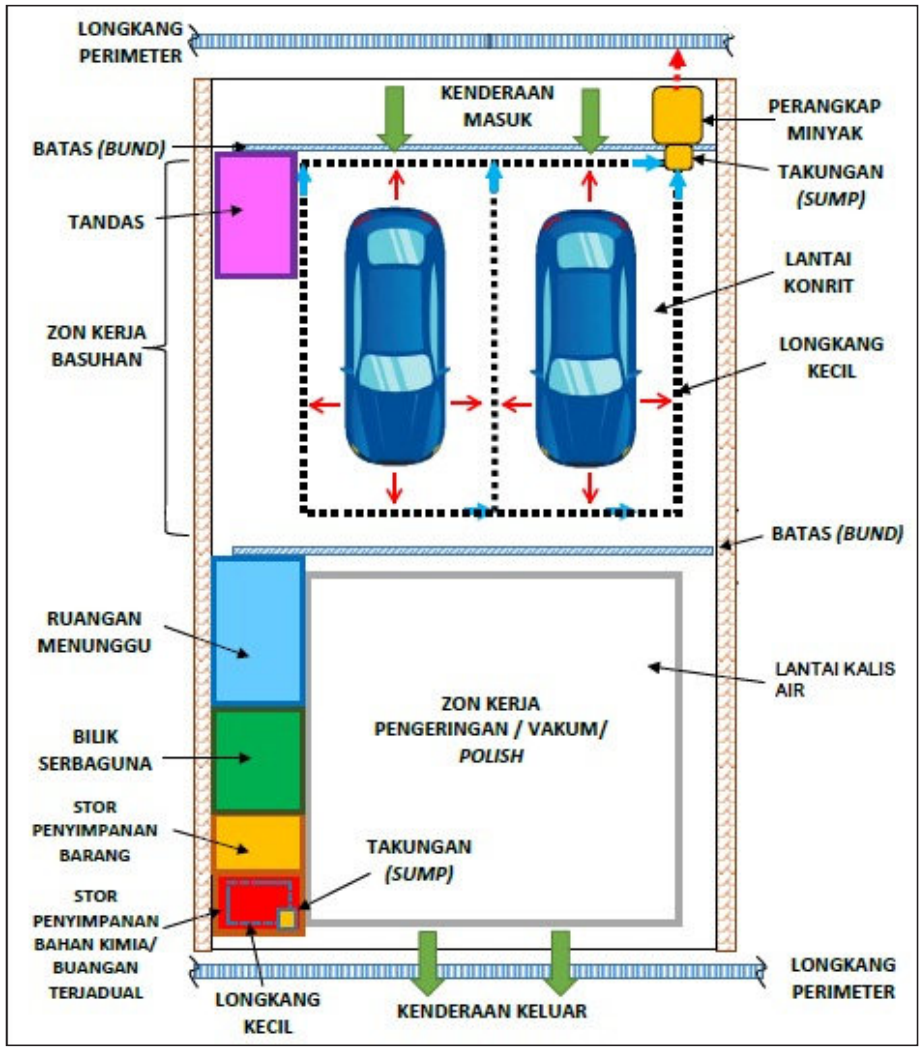
Definisi Perangkap Minyak di Premis Cucian Kenderaan

Perangkap minyak adalah alat yang berfungsi untuk mengasingkan enapan, sisa minyak dan gris daripada air cucian kenderaan. **Rajah 1** adalah contoh keratan rentas perangkap minyak yang ada di pasaran.



Rajah 1: Contoh Keratan Rentas Perangkap Minyak

Rajah 2 menunjukkan cadangan lokasi perangkap minyak di premis cucian kenderaan. Air sisa basuhan perlu dialirkan ke parit kecil dan terus ke perangkap minyak. Selain itu, lantai berkecerunan juga penting untuk memastikan aliran air ke tempat yang sepatutnya bagi mengelakkan pencemaran berlaku.

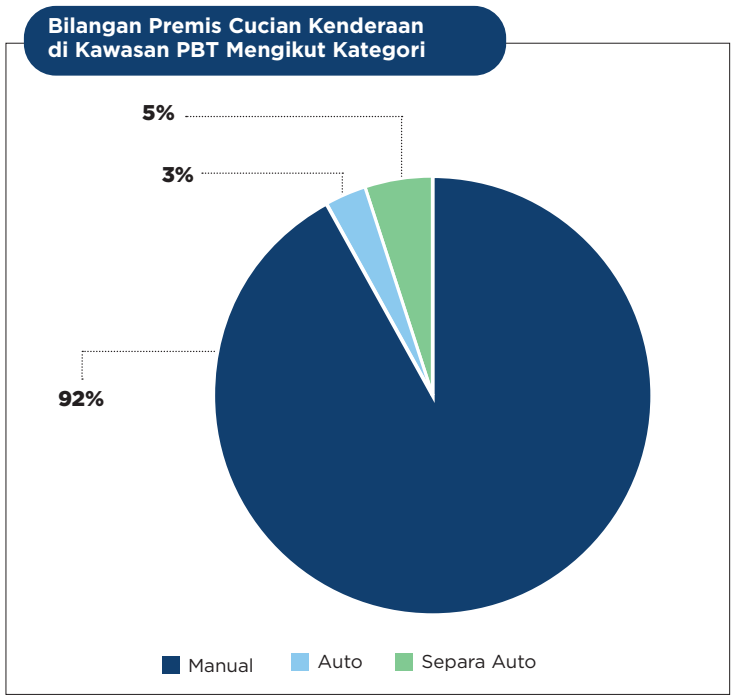


Rajah 2: Lokasi Perangkap Minyak

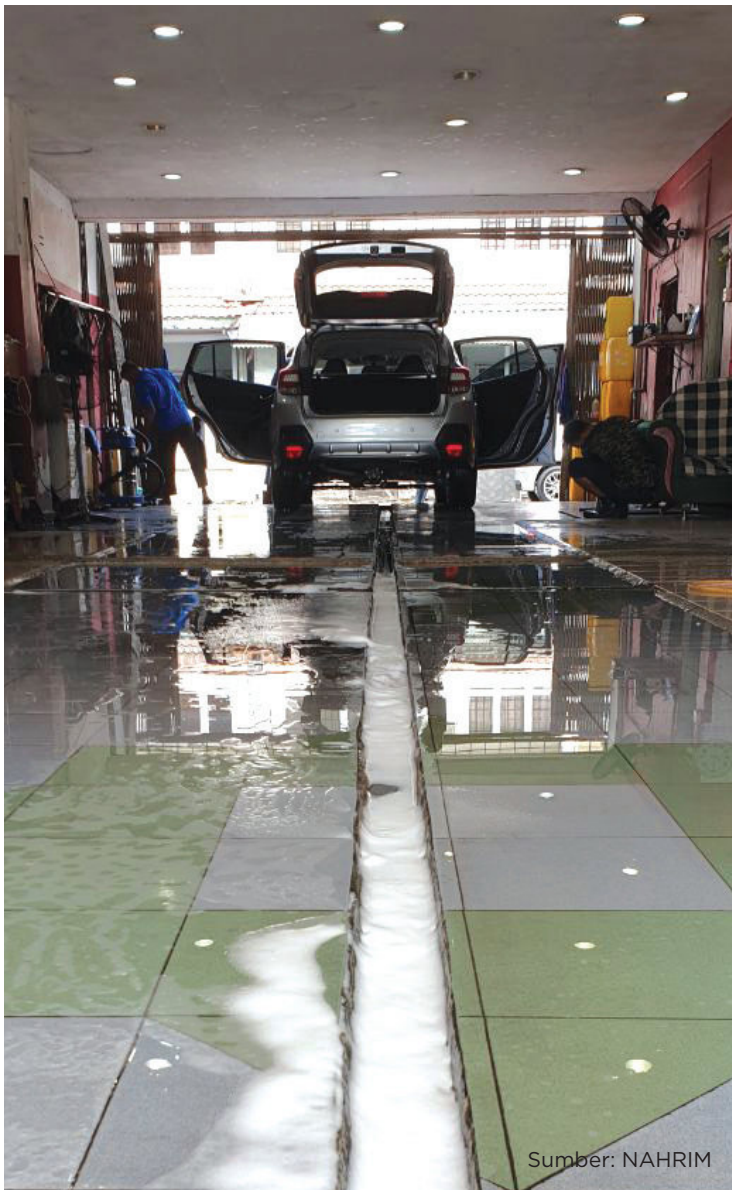
Maklumat Premis Cucian Kenderaan

JKT melalui Bahagian Perunding Kejuruteraan Kesihatan Umum melaksanakan pengemaskinian data berkaitan pengurusan premis cucian kenderaan sebanyak dua (2) kali dalam tempoh setahun. Berikut adalah data premis cucian kenderaan sehingga Mei 2023.

Carta 3 menunjukkan bilangan premis cucian kenderaan di PBT berdasarkan kategori. Sebanyak 92 peratus premis cucian kenderaan membuat pembersihan secara manual manakala pembersihan automatik pula sebanyak 3 peratus dan 5 peratus lagi adalah premis cucian kenderaan yang menjalankan pembersihan secara separa automatik.

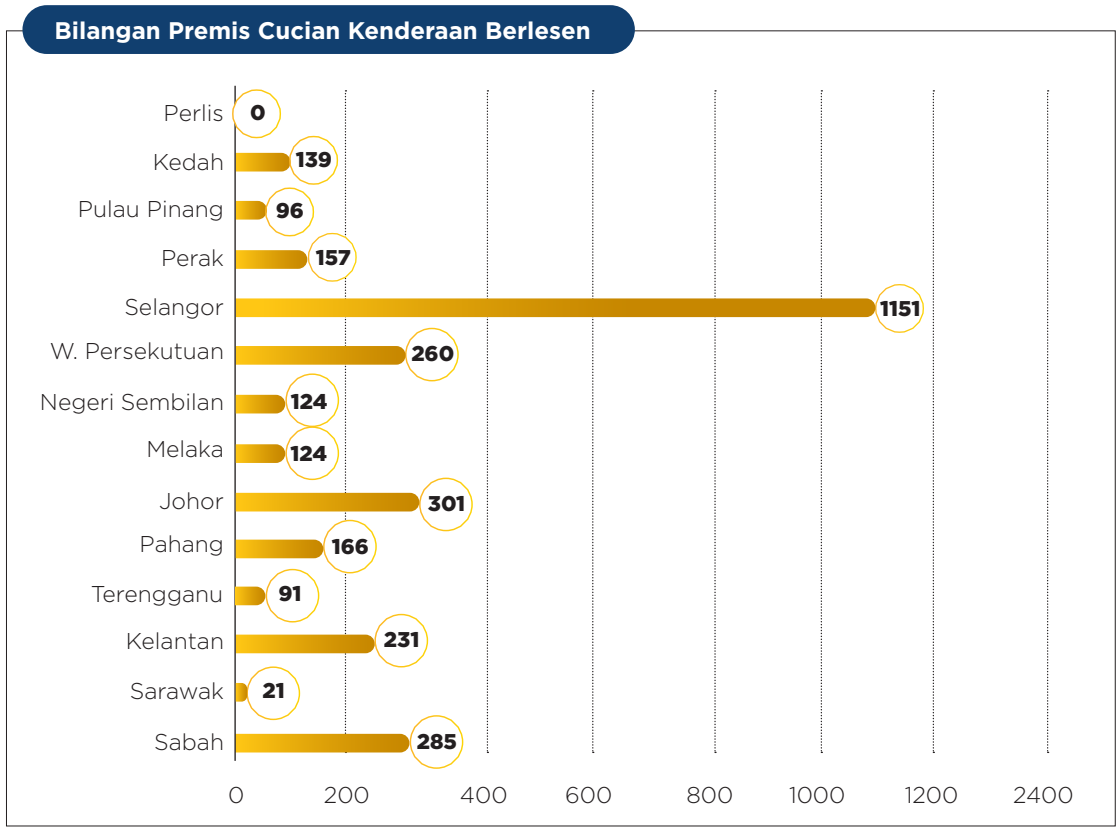


Carta 3: Bilangan Premis Cucian Kenderaan di kawasan PBT mengikut kategori



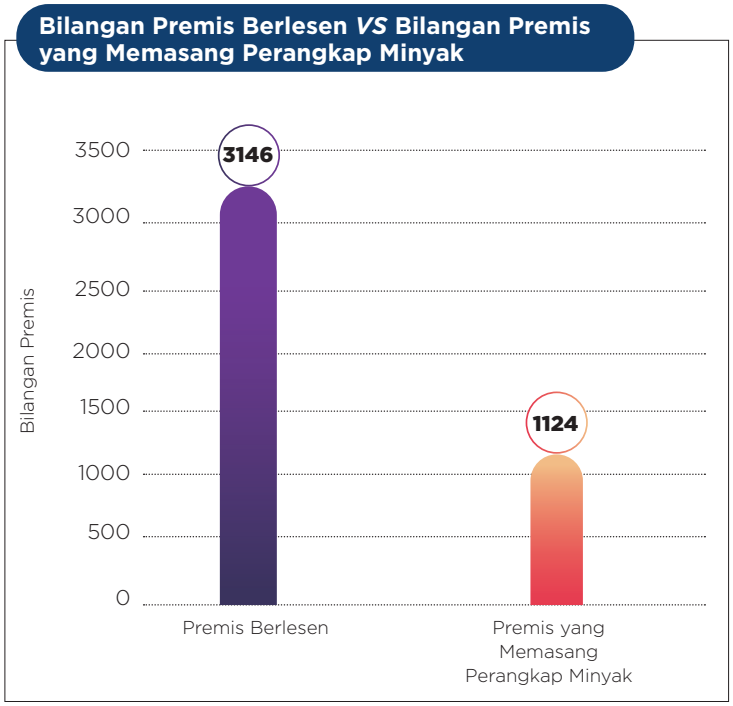
Sumber: NAHRIM

Carta 4 menunjukkan bilangan premis cucian kenderaan berlesen setiap negeri di Malaysia berdasarkan maklumat yang diperoleh daripada setiap PBT. Selangor merekodkan bilangan premis berlesen tertinggi di Malaysia manakala Perlis tidak merekodkan bilangan premis berlesen.



Carta 4: Bilangan Premis Cucian Kenderaan Berlesen

Carta 5 menunjukkan bilangan premis berlesen dan bilangan premis yang memasang perangkap minyak. Berdasarkan pengumpulan data oleh JKT, sejumlah 1124 premis daripada 3146 premis yang memasang perangkap minyak.



Carta 5: Bilangan Premis Berlesen *VS* Bilangan Premis yang Memasang Perangkap Minyak

Contoh Premis Cucian Kenderaan



Gambar 4 Contoh Premis Cucian Kenderaan Manual



Gambar 5 Contoh Premis Cucian Kenderaan Automatik



Gambar 6 Contoh Premis Cucian Kenderaan Separa Automatik

Contoh Perangkap Minyak di Premis Cucian Kenderaan

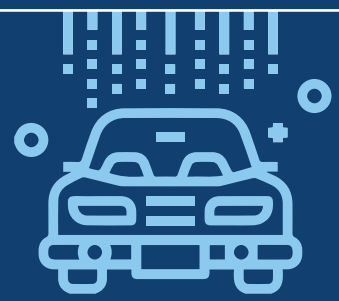


Gambar 7: Contoh Perangkap Minyak di Premis Cucian Kenderaan di Kawasan PBT.

Amalan Pengurusan Terbaik

1

Cecair pencuci dan cecair pengilap kereta mesti disimpan di tempat penyimpanan khas dengan jarak yang sesuai dan jauh dari longkang bagi mengelakkan pencemaran atau tindakbalas kimia.



2

Sekiranya berlaku tumpahan cecair penggilap kereta, pembersihan mesti dilakukan segera menggunakan kain penyerap yang sesuai. Kain atau bahan penyerap perlu dilupuskan mengikut peraturan yang telah ditetapkan.

3

Setiap pekerja di premis telah diberi penerangan berkaitan penyimpanan dan pengendalian cecair pencuci, cecair penggilap kereta atau sebarang bahan kimia lain di premis yang mendatangkan risiko pencemaran.



Sumber: NAHRIM

Penyenggaraan Perangkap Minyak

i. Perangkap minyak mesti diletakkan di kawasan yang mudah diakses pada bila-bila masa;

ii. Enapan yang terperangkap di bahagian bawah perangkap minyak tidak boleh dibiarkan terkumpul melebihi 20 peratus daripada ketinggian basah perangkap minyak. Sekiranya ini berlaku, kecekapan perangkap minyak akan menurun dan meningkatkan kebarangkalian pepejal atau enapcemar melepasi perangkap minyak ke longkang atau alur air;

iii. Ketebalan minyak dan gris yang terapung di permukaan perangkap minyak tidak boleh dibiarkan terkumpul melebihi 3 cm kerana boleh menimbulkan masalah bau dan kesihatan. Ini juga boleh menyebabkan kecekapan perangkap minyak menurun;

iv. Perangkap minyak mesti disenggarakan bagi memastikan perangkap minyak itu sentiasa berfungsi dengan baik. Proses pembersihan tidak boleh menggunakan sebarang cecair pencuci atau pelarut kimia;

v. Pemilik premis perlu memastikan rekod penyenggaraan berhubung seperti tarikh pemeriksaan dan penyenggaraan perangkap minyak disimpan rapi di premis untuk tujuan pemeriksaan oleh pihak berkuasa;

vi. Pemegang lesen premis cucian kenderaan bertanggungjawab untuk menyediakan semua rekod berkaitan kerja-kerja pemeriksaan, pembersihan dan penyenggaraan untuk setiap unit sistem tersebut secara berkala;

vii. Rekod perlu disimpan di premis masing-masing untuk tujuan pemeriksaan oleh PBT dan perlu dikemukakan kepada PBT semasa pemeriksaan dan pemantauan di premis; dan

viii. Bagi tujuan permohonan pembaharuan lesen premis cucian kenderaan rekod pemasangan, pembersihan dan penyenggaraan perangkap minyak perlu dikemukakan sebagai dokumen sokongan. Pemegang lesen perlu menyimpan rekod 1 tahun terkini bagi rekod pembersihan dan penyenggaraan sistem pra-rawatan di premis mereka.

Garis Panduan Pasar Sejahtera di Kawasan PBT

Garis Panduan Pasar Sejahtera di Kawasan PBT telah dipersetujui dalam MNKT ke-77 pada 2 Mac 2021 dan dikuatkuasakan melalui Pekeliling Ketua Setiausaha bertarikh 23 Mac 2021.

Objektif Garis Panduan

i. Menyeragamkan perancangan dan reka bentuk bagi pembangunan pasar baharu dan naik taraf pasar sedia ada berkonsepkan pasar sejahtera yang berbangunan kekal yang mempunyai ciri-ciri bersih, sihat, selamat, selesa, mesra alam, moden dan dilengkapi dengan fasiliti yang sesuai dengan masyarakat majmuk Malaysia; dan

ii. Menyeragamkan pengurusan pasar supaya lebih cekap, berkesan, mampan dan berdaya saing.



Sumber: NAHRIM

Keperluan Rekabentuk Pasar Sejahtera Berkaitan Pengurusan *Greywater* di dalam Garis Panduan Pasar Sejahtera

Komponen Fasiliti Dalaman **Sistem Saliran Dalaman**	i. Sistem perparitan yang sistematik dan mencukupi hendaklah dibina di dalam bangunan pasar bagi menyalurkan air buangan/ limbah daripada aktiviti pasar ke sistem rawatan dan hendaklah mematuhi kehendak SPAN; ii. Longkang hendaklah dibina daripada bahan jenis tembikar bergilap (*clay glazed*) kalis air dengan saiz mengikut kawasan serta mempunyai kecerunan yang sesuai dan mestilah berpenutup mudah alih bagi mengelakkan objek lain masuk ke dalam longkang di samping mengelakkan kecederaan serta memudahkan kerja pembersihan; iii. Kedudukan longkang di petak gerai hendaklah di sebelah bahagian peniaga bagi memastikan bahagian laluan pelanggan sentiasa kering; dan iv. *Sump*, perangkap minyak (*grease trap*) serta *floor gully trap* hendaklah dibina untuk menyalirkan air limbahan ke sistem pra-rawat diluar bangunan sebelum dilepaskan ke loji rawatan kumbahan.
Komponen Fasiliti Luaran **Sistem Pembetungan**	i. Semua air kumbahan dari tandas hendaklah disalurkan ke sistem pembetungan sedia ada; ii. Semua alir limbah dari pasar hendaklah disalur ke sistem pra-rawat yang direka bentuk sebagaimana keperluan SPAN sebelum efluennya dilepaskan ke sistem pembetungan; iii. Jika tiada sistem pembetungan sedia ada yang berdekatan, hendaklah dibina sistem rawatan kumbahan yang bersesuaian; dan iv. Loji rawatan kumbahan (STP) hendaklah direka bentuk sebagaimana kehendak *Malaysia Sewerage Industrial Guideline* yang dikeluarkan oleh SPAN dan efluen yang dilepaskan perlu mematuhi kehendak JAS.

Rujukan

1. Garis Panduan Pemasangan Perangkap Minyak di Kawasan Pihak Berkuasa Tempatan (PBT)
2. Garis Panduan Pengurusan Premis Cucian Kenderaan di Kawasan Pihak Berkuasa Tempatan (PBT)
3. Garis Panduan Pasar Sejahtera Di Kawasan Pihak Berkuasa Tempatan (PBT)
4. Akta Kerajaan Tempatan 1976 (Akta 171)
5. Akta Jalan, Parit dan Bangunan 1974 (Akta 133)
6. Undang-Undang Kecil Pelesenan Tred, Perniagaan dan Perindustrian
7. Undang-Undang Kecil Pemungutan, Pembuangan dan Pelupusan Sampah Sarap
8. Undang-Undang Kecil Iklan
9. Akta Kerajaan Tempatan (Akta 171) Sekyen 72, Seksyen 73(1)(d)(i) dan Seksyen 73(1)(e)(vi)
10. Undang-Undang Kecil Bangunan Seragam 1984
11. Undang-Undang Kecil Pasar

PROFIL PENULIS



MOHAMED YAZID KUMAN
Bahagian Perundingan Kejuruteraan Kesihatan Umum,
Jabatan Kerajaan Tempatan (JKT),
Kementerian Pembangunan Kerajaan Tempatan (KPKT)
Email: *yazidkuman@kpkt.gov.my*



NURULASMAA IBRAHIM
Bahagian Perundingan Kejuruteraan Kesihatan Umum,
Jabatan Kerajaan Tempatan (JKT),
Kementerian Pembangunan Kerajaan Tempatan (KPKT)
Email: *nurul_asmaa@kpkt.gov.my*



RAIHANI CHE MAMAT
Bahagian Perundingan Kejuruteraan Kesihatan Umum,
Jabatan Kerajaan Tempatan (JKT),
Kementerian Pembangunan Kerajaan Tempatan (KPKT)
Email: *raihani_cm@kpkt.gov.my*



MANIN ANAK KANA
Bahagian Perundingan Kejuruteraan Kesihatan Umum,
Jabatan Kerajaan Tempatan (JKT),
Kementerian Pembangunan Kerajaan Tempatan (KPKT)
Email: *manin@kpkt.gov.my*



AIDA FATHIRAH MOHD FARIDZ
Bahagian Perundingan Kejuruteraan Kesihatan Umum,
Jabatan Kerajaan Tempatan (JKT),
Kementerian Pembangunan Kerajaan Tempatan (KPKT)
Email: *aida_fathirah@kpkt.gov.my*






NASI KANDAR


Sumber: NAHRIM

KAWALAN DAN PENGUATKUASAAN PELEPASAN *GREYWATER* DI MALAYSIA

BAHAGIAN 3

PENGURUSAN DAN PENGUATKUASAAN *GREYWATER* DI PUTRAJAYA

Ruhselah binti Hj. Ismail
Bahtiar bin Md Sharif
Fatin Amanina binti Shamshul Joehari
Jabatan Perancangan Bandar
Perbadanan Putrajaya (PPJ)

Abstrak

Greywater adalah merupakan air buangan yang dijana daripada kegiatan domestik melibatkan kawasan perumahan, pusat komersil dan bangunan pejabat seperti sisa basuhan tangan, cucian dapur, cucian lantai dan sisa aktiviti masakan. Pembuangan *greywater* ke dalam sistem perparitan atau secara langsung ke dalam badan air akan menyebabkan pencemaran kualiti air kerana ianya mengandungi bahan pencuci dan juga sisa berminyak. Oleh yang demikian, sisa *greywater* di Putrajaya terus disalurkan ke dalam sistem pembetungan setelah dirawat dengan menyediakan perangkap minyak dan gris (OGGT). Punca pencemaran *greywater* di Putrajaya yang dikesan adalah dari premis-premis yang menjalankan aktiviti berasaskan makanan dan minuman (F&B). Selain itu penganjuran acara di Putrajaya juga turut menyumbang kepada pencemaran *greywater* di Putrajaya. Melalui siasatan dan pemantauan yang dijalankan ke atas peniaga, didapati bahawa aktiviti basuhan peralatan masakan dan minuman dari premis F&B seringkali menjadi penyumbang utama pencemaran *greywater* di Putrajaya. Sisa basuhan dibuang terus ke dalam longkang awam dan menyumbang kepada pencemaran dan penurunan kualiti air tasik di Putrajaya. Bagi mengatasi isu pencemaran *greywater* ini, Perbadanan Putrajaya telah melaksanakan tindakan penguatkuasaan dengan mengeluarkan kompaun atau memberi amaran secara bertulis kepada pelaku yang menyebabkan pencemaran. Data berkaitan pengurusan dan penguatkuasaan yang dijalankan bagi tahun 2022 turut dikongsi untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai kaedah urus tadbir dan penguatkuasaan yang dijalankan oleh Perbadanan Putrajaya bagi menangani masalah pencemaran *greywater* khususnya di Putrajaya.

Pengurusan *Greywater* di Putrajaya

Semua permohonan lesen premis perniagaan di Putrajaya perlu mematuhi syarat lesen semasa beroperasi. Syarat lesen operasi F&B di Putrajaya yang telah ditetapkan adalah seperti di bawah:

- Hendaklah memasang perangkap minyak & gris (OGGT);
- Hendaklah menyenggarakan OGGT yang telah dipasang; dan
- Air basuhan/ *greywater* yang terhasil daripada kerja-kerja pencucian pinggan mangkuk, peralatan memasak atau sebagainya tidak dibenarkan dilepaskan ke dalam sistem perparitan/ longkang awam, sebaliknya hendaklah disalurkan ke dalam sinki dan disambungkan ke sistem pembetungan.

Dengan mewajibkan pemasangan OGGT di dalam premis-premis F&B dan penyenggaraan OGGT yang berterusan, dijangkakan isu pencemaran *greywater* ke Tasik Putrajaya atau sistem perparitan yang berdekatan dapat dikawal. Sifat kerjasama dan bertanggungjawab di kalangan pemilik/ operator premis dapat mengelakkan pencemaran *greywater* di Putrajaya. Walau bagaimanapun, melalui pemantauan dan pemeriksaan yang dijalankan di sebahagian premis F&B di Putrajaya, terdapat beberapa pelanggaran syarat kelulusan lesen seperti yang ditetapkan di atas. Antara kesalahan yang seringkali dilakukan oleh pengendali premis F&B adalah gagal menyenggarakan OGGT yang telah dipasang yang menyebabkan saluran sinki yang disambungkan ke sistem pembetungan tersumbat. Ini menyebabkan operator/ pekerja premis mengambil jalan mudah dengan melakukan aktiviti basuhan di luar dan menyalurkan *greywater* terus ke dalam sistem perparitan yang berdekatan yang akhirnya akan mencemar badan air dan Tasik Putrajaya. Pada tahun 2022 sahaja terdapat 122 pemeriksaan dan pemantauan alam sekitar yang telah dijalankan di premis F&B oleh Perbadanan Putrajaya. Pemantauan dan pemeriksaan yang dijalankan ini adalah secara berjadual dan termasuk pemeriksaan yang berkaitan dengan aduan-aduan yang diterima.

Berdasarkan rekod aduan berkaitan pencemaran alam sekitar yang diterima pada tahun 2022, sejumlah 39 aduan telah diterima berkaitan dengan pencemaran alam sekitar. Daripada keseluruhan aduan, lima (5) daripadanya adalah berkaitan dengan pencemaran *greywater* dan masalah tersebut adalah berpunca daripada kegagalan pengendali premis F&B menyediakan OGGT dan melakukan aktiviti basuhan di luar premis.





Gambar 1: Pemasangan OGGT di bawah sinki yang telah disyaratkan semasa premis F&B beroperasi.



Gambar 2: Aktiviti basuhan peralatan memasak dan pinggan mangkuk yang dilakukan di luar premis yang menyebabkan pencemaran *greywater* kepada sistem perparitan awam.

Peruntukan Undang-Undang Berkaitan Pencemaran *Greywater*

Di Putrajaya, terdapat beberapa perundangan yang berkaitan dengan pencemaran *greywater* yang boleh digunapakai untuk penguatkuasaan. Akta Kerajaan Tempatan 1976 dan beberapa Undang-Undang Kecil yang digubal di bawahnya, mengandungi beberapa peruntukan yang membolehkan tindakan penguatkuasaan diambil bagi mengekang masalah pencemaran *greywater* melibatkan sungai dan saluran-saluran air daratan yang lain seperti sistem perparitan awam dan badan air yang berpunca daripada kegiatan atau perbuatan manusia.

Perbadanan Putrajaya juga memberi fokus untuk menjalankan tindakan penguatkuasaan di bawah Undang-Undang Kecil (UUK) Pengawalan Aktiviti Tasik (Wilayah Persekutuan Putrajaya) 2004 dan Undang-Undang Kecil (UUK) Pelesenan Petempatan Makanan (Wilayah Persekutuan Putrajaya) 2016. Bermula pada tahun 2019, Perbadanan Putrajaya mula menumpukan penguatkuasaan ke atas pencemaran *greywater* memandangkan aduan yang diterima mengenai pencemaran *greywater* ini semakin meningkat.

Pelaksanaan penguatkuasaan di bawah Undang-Undang Kecil (UUK) Pengawalan Aktiviti Tasik (Wilayah Persekutuan Putrajaya) 2004 adalah bertujuan bagi mengawal kesalahan mengalirkan apa-apa bahan cemar yang akhirnya mengalir masuk ke dalam Tasik dan Wetland Putrajaya yang dilakukan secara langsung tanpa kawalan. Manakala Undang-Undang Kecil (UUK) Pelesenan Petempatan Makanan (Wilayah Persekutuan Putrajaya) 2016 pula adalah berkaitan pematuhan syarat bagi pemasangan dan penyelenggaraan alat perangkap minyak dan gris (OGGT) bagi memastikan tidak berlaku pencemaran *greywater* ke dalam sistem perparitan awam dan memasuki Tasik serta Wetland Putrajaya.

Selain daripada peruntukan di dalam Undang-Undang Kecil di atas, Perbadanan Putrajaya turut menggunapakai peruntukan di bawah Seksyen 69 dan Seksyen 70, Akta Kerajaan Tempatan 1976 bagi mengawal semua kesalahan berkaitan mengalirkan apa-apa bahan cemar ke dalam sistem perparitan dan lain-lain badan air selain yang mengalir masuk ke dalam Tasik dan Wetland Putrajaya.

Pada tahun 2022, melalui penguatkuasaan yang dijalankan ke atas perlanggaran syarat lesen yang telah dikeluarkan kepada pengendali F&B ini, sebanyak 6 kompaun (rujuk **Jadual 1**) telah dikeluarkan kepada pencemar-pencemar kualiti air termasuklah premis-premis yang gagal di dalam mematuhi syarat lesen perniagaan dan melakukan aktiviti basuhan di luar sinki yang dipasang OGGT. Selain itu, arahan bertulis turut dikeluarkan kepada operator premis.

Jadual 1 Ringkasan kompaun yang dikenakan kepada operator premis yang melanggar syarat lesen premis F&B di Putrajaya pada tahun 2022.

KOMPAUN		2022
UUK PETEMPATAN MAKANAN (WP PUTRAJAYA) 2016		
UUK 15(1)	Tidak menyediakan perangkap minyak	1
UUK 15(2)	Tidak salurkan discaj ke sistem pembetungan	0
UUK 15(4)	Tidak menyelenggara perangkap minyak	0
UUK PENGAWALAN AKTIVITI TASIK (WP PUTRAJAYA) 2004		
UUK 8(1)(b)	Menyebabkan aliran air sisa ke Tasik	1
AKTA KERAJAAN TEMPATAN 1976		
Seksyen 69	Kacauganggu anak sungai/ sistem perparitan awam dan sebagainya (melakukan aktiviti pembersihan peralatan di luar premis dan mencemarkan sistem perparitan awam)	4
Seksyen 70	Kacau ganggu sampah pepejal/ sampah cecair/ apa-apa buangan mencemar air anak sungai	0
JUMLAH KOMPAUN		6

Perbadanan Putrajaya menggunapakai borang Arahan Pemeriksaan di Premis Perniagaan yang digunakan untuk tujuan pemeriksaan premis perniagaan di Putrajaya.

Borang 1 : **BORANG ARAHAN DAN PEMERIKSAAN PREMIS PERNIAGAAN DI PUTRAJAYA YANG DI GUNAPAKAI**

ARAHAN PEMERIKSAAN DI PREMIS PERNIAGAAN No. Siri:
PENGURUSAN ALAM SEKITAR PUTRAJAYA

PEMILIK / OPERATOR	:	
NAMA PREMIS	:	
LOKASI	:	
TARIKH & MASA	:	

BIL	PERKARA	SILA TANDAKAN (√)			CATATAN
		Patuh	Tidak Patuh	Tidak Berkaitan	
1.0	Pemasangan perangkap minyak dan gris (OGGT).				
2.0	Menyelenggara OGGT secara berterusan.				
3.0	Air sisa/basuhan tidak dilepaskan ke dalam sistem perparitan / longkang awam dan perlu disalurkan ke dalam sistem pembetungan.				
4.0	Memastikan sisa minyak tidak dilupuskan ke lantai / sistem perparitan awam.				

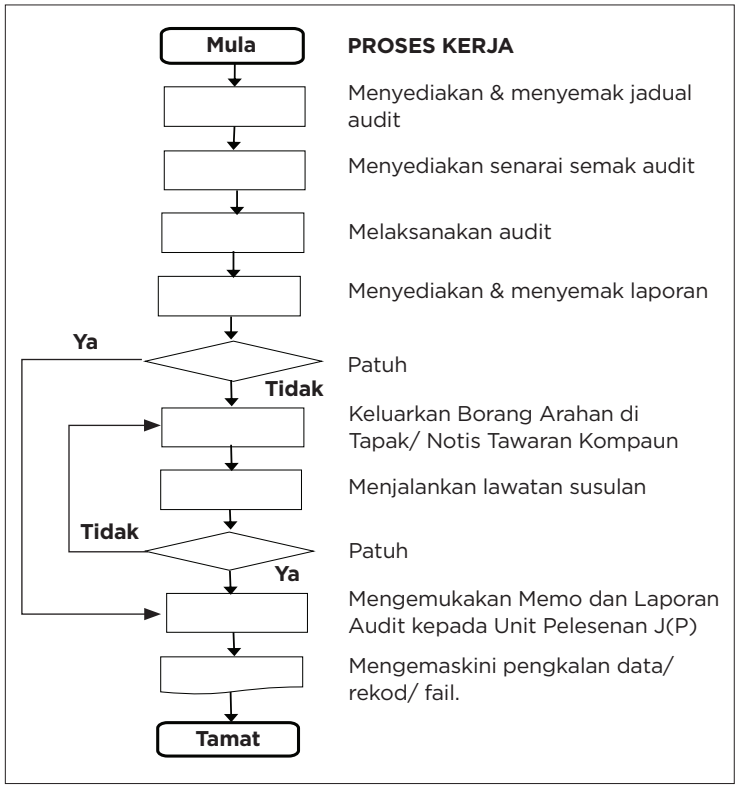
PEMATUHAN:

Lawatan pematuhan akan dijalankan sebelum atau pada tarikh _____.

Pegawai Audit :	**Pemilik/Operator/Wakil :**
.....	.....
Nama:	**Nama:**
Jawatan:	**Jawatan:**
Tarikh:	**Tarikh:**

Kaedah Audit dan Tadbir Urus Untuk Pemantauan dan Penguatkuasaan *Greywater* di Putrajaya

Kaedah audit dan tadbir urus untuk aktiviti pemantauan dan penguatkuasaan yang digunapakai di Putrajaya adalah seperti di dalam Carta Alir di bawah:



Gambar 3 dan 4 menunjukkan proses audit/ pemeriksaan yang dijalankan oleh Perbadanan Putrajaya bagi memeriksa tahap pematuhan syarat lesen dan pencemaran *greywater* melibatkan premis-premis F&B:



Gambar 3: Pemeriksaan OGGT oleh Perbadanan Putrajaya.



Gambar 4: Pengumpulan maklumat dan butiran sebelum penyerahan kompaun kepada pelaku kesalahan.

Tatacara Pelaksanaan Tindakan Penguatkuasaan di Putrajaya

Tatacara pelaksanaan tindakan penguatkuasaan yang digunapakai oleh Perbadanan Putrajaya adalah dinyatakan seperti di bawah:

1. Notis Tawaran Mengkompaun Suatu Kesalahan (Kompaun) boleh dikeluarkan kepada:
   - Mana-mana orang yang didapati sedang atau telah melakukan kesalahan;
   - Pemegang lesen, penghuni atau tuan punya premis itu atau pekerjanya; atau
   - Penjaja, penjaja sementara atau penjaja statik; atau tuan punya gerai.
2. Sebelum sesuatu kompaun dikeluarkan atau disampaikan kepada seseorang, perkara-perkara berikut perlu dipertimbangkan iaitu:
   - Sesuatu kesalahan sedang atau telah dilakukan;
   - Kesalahan tersebut telah dikenalpasti boleh dikeluarkan notis kompaun ke atas kesalahan tersebut; dan
   - Semua maklumat lengkap tentang kesalahan perlu diperolehi untuk mendakwa orang yang dikompaun.
3. Sebelum menulis atau mengeluarkan sesuatu kompaun, pegawai hendaklah:
   - Menunjukkan kad kuasa;
   - Menerangkan kesalahan yang dilakukan;
   - Menyerahkan notis kesalahan dengan tertib kepada orang yang dikompaun; dan
   - Melayan orang yang dikompaun dengan baik dan memberi nasihat supaya tidak meneruskan kesalahan tersebut dan menjelaskan tentang undang-undang yang berkaitan dengan kesalahan.

4. Sesuatu Notis Tawaran Mengkompaun Suatu Kesalahan mestilah mengandungi perkara-perkara berikut:
   - Nama individu/ syarikat yang dikompaun;
   - Nombor kad pengenalan/ pendaftaran syarikat yang dikompaun;
   - Alamat sebenar orang yang dikompaun;
   - Tarikh, masa dan lokasi kesalahan dilakukan;
   - Seksyen/ Akta berkaitan;
   - Butir-butir kesalahan;
   - Nilai tawaran kompaun;
   - Tempoh masa penyelesaian kompaun;
   - ID pengeluar kompaun; dan
   - Tarikh kompaun dikeluarkan.

Kawalan Pencemaran *Greywater* melalui Pemasangan dan Penyenggaraan OGGT

Secara amnya, setiap premis F&B perlu mematuhi syarat-syarat lesen sebelum memulakan operasi di Putrajaya. Setiap premis hendaklah menyedia dan memasang OGGT serta sentiasa memastikan OGGT yang dipasang agar disenggarakan untuk mengelakkan pencemaran ke dalam tasik, sistem perparitan dan badan air yang berdekatan. Terdapat pelbagai jenis OGGT yang biasanya dipasang di premis-premis. Kesemua aliran *greywater* ini akhirnya hendaklah disalurkan ke dalam sistem pembetungan berpusat sama ada jenis individu ataupun komunal. **Gambar 5, 6 dan 7** menunjukkan beberapa contoh OGGT yang dipasang semasa pemeriksaan yang dijalankan.



Gambar 5: Pemeriksaan OGGT Individu yang dipasang.



Gambar 6: OGGT yang dipasang secara bersiri di premis F&B.



Gambar 7: Perangkap Minyak dan Gris Jenis Komunal.

Selain daripada pencemaran *greywater* daripada aktiviti premis F&B, terdapat juga beberapa insiden pencemaran *greywater* yang dikesan berpunca daripada penganjuran acara. Tindakan penguatkuasaan juga telah dijalankan ke atas pelaku kesalahan yang menyebabkan pencemaran *greywater* daripada aktiviti penganjuran acara terutamanya daripada kegagalan penyenggaraan sinki semasa acara.



Gambar 8: Sinki tersumbat yang boleh menyebabkan pencemaran *greywater* semasa penganjuran acara.

Untuk sebarang penganjuran acara di Putrajaya, pihak pengurus acara digalakkan untuk menggunakan tangki pengumpulan air sisa basuhan peralatan masakan dan sinki-sinki mudah alih bagi meminimakan pencemaran *greywater* semasa acara. Sisa-sisa *greywater* ini akan diangkut keluar dari tapak acara untuk dilupuskan yang sekaligus mengurangkan impak pencemaran *greywater* akibat penganjuran acara.



Gambar 9: Tangki sisa yang digunakan semasa penganjuran acara dapat mengurangkan pencemaran *greywater* semasa acara berlangsung.



Gambar 10: Sinki mudah alih semasa penganjuran acara.

Kesimpulan

Perbadanan Putrajaya menerusi undang-undang berkaitan telah melaksanakan tindakan penguatkuasaan kepada pelaku yang menyebabkan pencemaran khususnya *greywater* ini. Namun demikian, masih banyak yang boleh dilakukan khususnya menerusi pendedahan berterusan dan pendidikan bagi memberi kesedaran bukan sahaja kepada operator-operator perniagaan bahkan masyarakat setempat akan kesan pencemaran *greywater* ini. Usaha bersepadu perlu digembleng bagi memastikan Putrajaya bebas daripada pencemaran *greywater* pada masa depan.

Rujukan

1. Akta Kerajaan Tempatan 1976, Bahagian VIII, Pencemaran Anak Sungai.
2. Undang-Undang Kecil Petempatan Makanan 2016.
3. Undang-undang Kecil Pengawalan Aktiviti Tasik 2004.



PROFIL PENULIS



RUHSELAH BINTI HJ. ISMAIL

Pengarah
Bahagian Alam Sekitar, Tasik & Wetland
Jabatan Perancangan Bandar
Perbadanan Putrajaya
Email: *shel@ppj.gov.my*



FATIN AMANINA BINTI SHAMSHUL JOEHARI

Penolong Pengarah
Bahagian Alam Sekitar,
Tasik & Wetland
Jabatan Perancangan Bandar
Perbadanan Putrajaya
Email: *fatin.amanina@ppj.gov.my*



BAHTIAR BIN MD SHARIF

Ketua Penolong Pengarah
Bahagian Alam Sekitar, Tasik & Wetland
Jabatan Perancangan Bandar
Perbadanan Putrajaya
Email: *bahtiar@ppj.gov.my*











Sumber: NAHRIM

PENGURUSAN *GREYWATER* DI PULAU PINANG

– KAWALAN DAN PENGUATKUASAAN DI BAWAH MAJLIS BANDARAYA PULAU PINANG (MBPP)

Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP)

Pengenalan

Majlis Perbandaran Pulau Pinang telah ditubuhkan pada 15 Disember 1976 di bawah Akta Kerajaan Tempatan 1976 [1]. Pihak Berkuasa Negeri Pulau Pinang telah bersetuju pada 25 Jun 2010 agar Majlis Perbandaran Pulau Pinang dinaik taraf kepada Majlis Bandaraya Pulau Pinang berdasarkan peruntukan di bawah Seksyen 4(2) Akta Kerajaan Tempatan 1976 (Akta 171) [1]. Seterusnya, Majlis Perbandaran Pulau Pinang (MPPP) dinaik taraf kepada Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP) pada 1 Januari 2015 [1].

MBPP mentadbir kawasan seluas lebih kurang 305.77 kilometer persegi dengan bilangan penduduk berbilang kaum seramai lebih kurang 722,300 orang. MBPP merupakan sebuah organisasi yang menyediakan perkhidmatan Pihak Berkuasa Tempatan untuk Pulau Pinang (Pulau) [1]. Misi MBPP adalah untuk meningkatkan dan memelihara kualiti kehidupan penduduk bandaraya Pulau Pinang melalui perkhidmatan dan pembangunan yang berkualiti dan seimbang, persekitaran dan kemudahan yang kondusif dan lengkap, dan tadbir urus yang cekap [2].

Bandaraya Pulau Pinang (George Town) di bawah pentadbiran MBPP telah memenangi ***ASEAN Clean Tourist City Award*** sebanyak tiga (3) kali berturut-turut pada 2018 – 2020 di Chiangmai, Thailand, 2020 – 2022 di Bandar Seri Begawan, Brunei Darussalam dan 2022 – 2024 di Preah Sihanoukville, Kemboja [3].

Akta Dan Undang-Undang Dalam Pengurusan *Greywater*

Akta dan undang-undang kecil yang digunakan oleh MBPP berkaitan pengurusan *greywater* secara langsung atau tidak langsung adalah seperti berikut [4-6]:

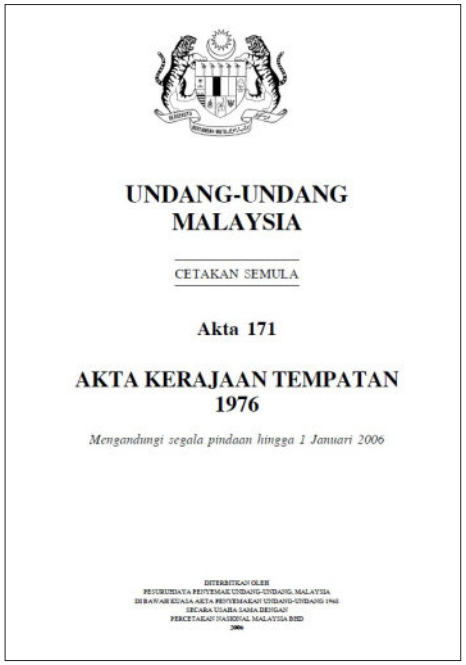
Akta-akta

- Akta Jalan, Saliran dan Bangunan 1974 (Akta 133);
- Akta Kerajaan Tempatan 1976 (Akta 171); dan
- Akta Pencegahan dan Pengawalan Penyakit Berjangkit 1988.

Undang-Undang Kecil

- Undang-Undang Kecil Penjaja-Penjaja 1979; Undang-Undang Kecil (Pindaan) Penjaja-Penjaja 1987; Undang-Udang Kecil (Pindaan) Penjaja-Penjaja 1991;
- Undang-Undang Kecil (Mengkompaun Kesalahan-kesalahan) Majlis Perbandaran Pulau Pinang 2019;
- Undang-Undang Kecil Hotel (Majlis Bandaraya Pulau Pinang) 2017;
- Pengasingan Sampah dan Pelesenan Perkhidmatan Kutipan Sampah Kitar Semula (Majlis Bandaraya Pulau Pinang) 2016;
- Undang-Undang Kecil (Establisymen Makanan) Majlis Perbandaran Pulau Pinang 1991;
- Undang-Undang Kecil (Pasar-pasar) Majlis Perbandaran Pulau Pinang 1990;
- Undang-Undang Kecil (Pengendali Makanan) Majlis Perbandaran Pulau Pinang 1983;
- Undang-Undang Kecil (Memelihara Babi) Majlis Perbandaran Pulau Pinang 1987;
- Undang-Undang Kecil (Tred, Perniagaan dan Perindustrian) Majlis Perbandaran Pulau Pinang 1991;
- Undang-Undang Kecil (Tempat Letak Kereta Persendirian) Majlis Perbandaran Pulau Pinang 1988;
- Undang-Undang Kecil Majlis Perbandaran Pulau Pinang (Tandas Awam) 1993;
- Undang-Undang Kecil (Taman) (Majlis Perbandaran Pulau Pinang) 1993;
- Undang-Undang Kecil (Kebersihan dan Keselamatan Awam) Majlis Perbandaran Pulau Pinang 1980;
- Undang-Undang Kecil (Lembu-Kerbau) Bandaraya George Town, Pulau Pinang 1968;
- Undang-Undang Kecil (Lembu-kerbau) Majlis Daerah Luar Bandar Pulau Pinang, 1972;
- *The Rural Board, Penang, Cattle Sheds, Cow Houses and Piggeries By-laws 1951*;
- Undang-Undang Kecil (Rumah-Rumah Sembelih) Majlis Perbandaran Pulau Pinang, 1979;
- Undang-Undang Kecil (Rumah Bantai Perbandaran) Majlis Perbandaran Pulau Pinang 1980; Undang-Undang Kecil (Rumah Bantai Perbandaran) Majlis Perbandaran Pulau Pinang (Pindaan) 1997; dan
- *Penang Garage By-laws 1952*.

Contoh-contoh Akta dan Undang-Undang Kecil adalah seperti ditunjukkan di **Rajah 1**.



UNDANG-UNDANG MALAYSIA

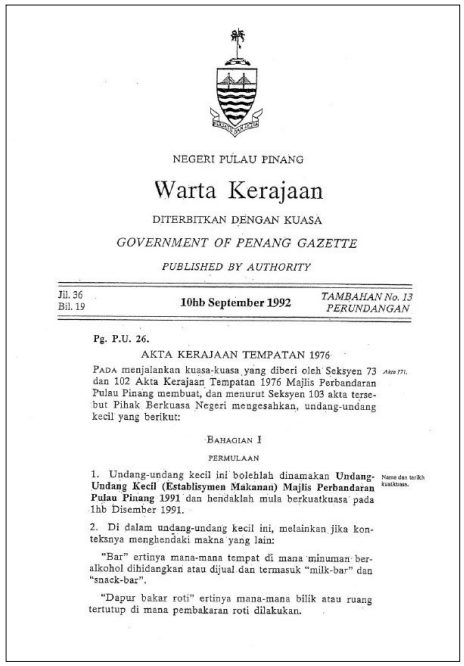
CETAKAN SEMULA

Akta 171

AKTA KERAJAAN TEMPATAN 1976

Mengandungi segala pindaan hingga 1 Januari 2006

(a) Akta Kerajaan Tempatan 1976



NEGERI PULAU PINANG

Warta Kerajaan

DITERBITKAN DENGAN KUASA

GOVERNMENT OF PENANG GAZETTE

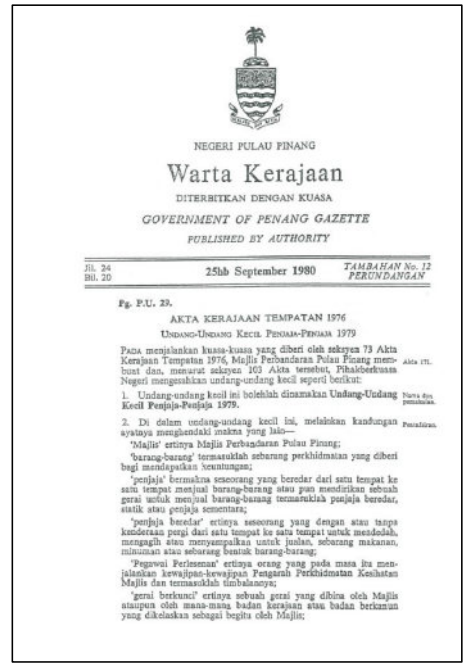
PUBLISHED BY AUTHORITY

Jil. 36 Bil. 19 — 10hb September 1992 — *TAMBAHAN No. 13 PERUNDANGAN*

Pg. P.U. 26.

AKTA KERAJAAN TEMPATAN 1976

(b) Undang-Undang Kecil (Establisymen Makanan) Majlis Perbandaran Pulau Pinang 1991



NEGERI PULAU PINANG

Warta Kerajaan

DITERBITKAN DENGAN KUASA

GOVERNMENT OF PENANG GAZETTE

PUBLISHED BY AUTHORITY

Jil. 24 Bil. 20 — 25hb September 1980 — *TAMBAHAN No. 12 PERUNDANGAN*

Pg. P.U. 29.

AKTA KERAJAAN TEMPATAN 1976

UNDANG-UNDANG KECIL PENJAJA-PENJAJA 1979

(c) Undang-Undang Kecil Penjaja-Penjaja 1979; Undang-undang Kecil (Pindaan) Penjaja-Penjaja 1987; Undang-Udang Kecil (Pindaan) Penjaja-penjaja 1991

Rajah 1: Contoh-contoh Akta dan Undang-Undang Kecil yang digunapakai oleh Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP).

Kawalan dan Penguatkuasaan

Kawalan dan penguatkuasaan ke atas pemegang lesen dijalankan oleh Jabatan Pelesenan, MBPP dari semasa ke semasa. Operasi penguatkuasaan iaitu Operasi Bersih (Ops Bersih) (tidak termasuk Ops Aduan dan Ops Bersepadu) dijalankan oleh MBPP pada hari Isnin dan Rabu di Divisyen Utara manakala operasi dijalankan pada hari Selasa dan Khamis di Divisyen Selatan setiap minggu [4]. **Rajah 2 – Rajah 4** menunjukkan contoh-contoh laporan siasatan/ aduan di premis-premis yang melanggar undang-undang kecil MBPP termasuk penyaluran minyak, gris, air limbah, basuhan kotor ke dalam parit atau jalan awam, kekotoran di premis makanan dan pemasangan perangkap gris yang tidak mencukupi. Manakala **Rajah 5** pula menunjukkan contoh laporan Operasi Bersepadu yang melibatkan Jabatan Alam Sekitar (JAS), MBPP dan agensi berkaitan dalam memantau pencemaran sistem perparitan dan sungai [4].

Jadual 1: Kompaun yang telah dikeluarkan oleh MBPP pada tahun 2019 – 2023.

TAHUN/ BULAN	2019	2020	2021	2022	2023
JANUARI	9	12	4	10	5
FEBRUARI	23	12	0	0	1
MAC	18	17	6	9	5
APRIL	12	PKP	7	4	5
MEI	2	PKP	0	12	4
JUN	9	8	3	10	-
JULAI	11	7	6	3	-
OGOS	11	5	1	8	-
SEPTEMBER	14	14	8	10	-
OKTOBER	7	16	0	8	-
NOVEMBER	10	10	0	0	-
DISEMBER	6	4	0	4	-
JUMLAH	**132**	**105**	**35**	**78**	**20**





MAJLIS BANDARAYA PULAU PINANG

ADUAN / SIASATAN (CSR) 15269/06/23 (BERULANG): PENYALURAN MINYAK, GRIS, AIR LIMBAH *(SULLAGE)* & AIR BASUHAN KOTOR

Info Penting : Rujuk Laporan / Arahan - Arahan Kerja Yang Diberikan Oleh Pegawai Pelesenan MBPP (Merangkumi Tempoh / Durasi Tindakan / Pembetulan):-

Penyiasatan (CSR) telah dilakukan pada 27 Mei 2023 (Sabtu) sekitar jam 2.00 Petang.

Premis perniagaan adalah berlesen. Namun satu (1) Notis Tawaran Kompaun (NTK) telah dikeluarkan berhubung kesalahan / pelanggaran di bawah UUK 2, Undang - Undang Kecil Kebersihan dan Keselamatan Awam MPPP 1980; penyaluran / pengaliran minyak, gris dan air limbah *(sullage),* basuhan kotor ke dalam parit atau jalan awam.

Arahan kerja / *field citation* telah diberikan agar memberi panduan kepada pengusaha berhubung perangkap gris / alat penapis sisa makanan (pepejal) dan minyak yang dipasang agar ianya memenuhi tatacara / spesifikasi amalan kejuruteraan yang sistematik / terkawal (efektif) bagi tujuan pengawalan pencemaran air dari sumber.

Praktikal: Sewajarnya mempunyai sijil perakuan SIRIM yang mematuhi peraturan kualiti alam sekitar dari keberkesanan mengeluar *(removal efficiency)* bagi gris dan minyak *(oil & grease)* hendaklah tidak kurang 99% dan *total suspended solid* tidak kurang dari 95%. Pemasangan sinki dan *grease trap* perlu berasingan *(separators)* dari sinki penggerai - penggerai di kedai makan - menitikberatkan elemen (makanan halal & tidak halal) memandangkan Gerai Nasi Kandar yang masih tidak mematuhi / akur syarat - syarat serta peraturan yang ditetapkan.

Pengusaha memohon / menetapkan tempoh tiga (3) minggu bagi tujuan melengkapkan kerja - kerja instalasi. Maka, ianya adalah tanggungjawab pemilik perniagaan / pengendali premis bagi memastikan kesemua penggerai di dalam kedai makan mendapat fasiliti / kemudahan yang baik dan sempurna.

Sasaran Pengasingan Effluen / *Outlet:* sisa makanan, lemak haiwan, minyak / gris, air buangan / cecair (basuhan dan cucian bahan mentah), perkakasan bahan memasak, pinggan mangkuk perlu dipraktikkan sepenuhnya sebelum air limbah tersebut dialirkan ke sistem pembentung, tangki septik dan perparitan awam.

Pengusaha juga diarahkan melantik kontraktor (individu / syarikat pembekal) bagi menjalankan kerja - kerja pemeriksaan, pembersihan, pengosongan, pengendalian, penyenggaraan, membaiki perangkap gris / fungsi perpaipan dan pengutipan berjadual atau kekerapan pelupusan sisa *(fat, oil & grease)* secara berkala / rutin. Tambahan, pengusaha perlu memastikan komponen perangkap minyak *(inlet, sieve container, baffles, sampling point & outlet)* yang dipasang berfungsi dengan baik mengikut keefisienan ketumpatan air dan F.O.G. (mengikut had maksima kualiti effluen).

Pemantauan, tinjauan semula *(follow - up),* semakan dan evaluasi akan dijalankan dari semasa ke semasa **(selepas tempoh tarikh arahan kerja yang dipersetujui)** bagi memastikan pengusaha mematuhi *field citations,* advokasi / teguran serta bimbingan yang diberikan oleh pegawai pelesenan, MBPP. Penguatkuasaan NTK akan diteruskan sekiranya ketidakpatuhan masih berulang.

Sekian, dilaporkan. Terima kasih.

CATATAN / RUJUKAN:-

i) Nama Pemegang Lesen MBPP:

ii) No. Kad Pengenalan:

iii) No. Lesen Premis Perniagaan (EM) MBPP:

Rajah 2a: Contoh laporan aduan/ siasatan (CSR) bagi kesalahan penyaluran minyak, gris, air limbah (*sullage*) dan air basuhan kotor di premis makanan oleh MBPP.

Penolong Pegawai Kesihatan Persekitaran (U29)
Unit Tred Industri dan Establisymen Makanan (TIEM),
Jabatan Pelesenan,
Majlis Bandaraya Pulau Pinang.

NO PEJ : 04-2638818
NO FAKS : 04-2638921

"GO GREEN. JANGAN CETAK E-MEL INI KECUALI JIKA BENAR-BENAR DIPERLUKAN "
"GO GREEN. DON'T PRINT THIS E-MAIL UNLESS IT IS ABSOLUTELY NECESSARY

LAMPIRAN GAMBAR FOTO ADUAN / SIASATAN (CSR) 15269/06/23 (BERULANG): PENYALURAN MINYAK, GRIS, AIR LIMBAH *(SULLAGE)* & AIR BASUHAN KOTOR



Rajah 2b: Contoh laporan aduan/ siasatan (CSR) bagi kesalahan penyaluran minyak, gris, air limbah (*sullage*) dan air basuhan kotor di premis makanan oleh MBPP.



MAJLIS BANDARAYA PULAU PINANG

ADUAN / SIASATAN 15524/07/22: KEKOTORAN PREMIS MAKANAN

Berdasarkan aduan yang diterima, permasalahan / rungutan telah diambil maklum, dirujuk (konten) dan dilakukan penyiasatan di lapangan.

Siasatan (CSR) / pemeriksaan premis telah dilakukan pada 28 Julai 2022 (Khamis) sekitar jam 12.20 Tengah Hari.

Hasil penyiasatan, kondisi dan persekitaran premis berada dalam keadaan tidak memuaskan / tidak bersih.

Justeru, penguat kuasa / pegawai Jabatan Pelesenan, MBPP telah mengeluarkan tiga (3) Notis Tawaran Kompaun seperti pengelasan / keterangan berikut:-

i) UUK 2, OR01, Undang - Undang Kecil Kebersihan dan Keselamatan Awam MPPP 1980

Klasifikasi Kesalahan: Menyalurkan air basuhan kotor, minyak *(grease)* ke dalam perparitan awam. Perangkap minyak tidak diselenggara dengan baik / terurus.

ii) UUK 13(1), OD04 Undang - Undang Kecil Establisymen Makanan MPPP 1991

Klasifikasi Kesalahan: Premis makanan tidak bersih / kotor.

iii) UUK 17(1), OA33 Undang - Undang Kecil Pengendali Makanan MPPP 1983

Klasifikasi Kesalahan: Tidak menjalani pemeriksaan kesihatan / mendapatkan suntikan Anti - Tifoid yang diperakukan pegawai perubatan. Kad pelalian imunisasi demam kepialu *(typhoid fever)* tamat tempoh dan tiada kursus latihan pengendali makanan.

Hasil penggredan / penilaian kebersihan premis makanan, Nasi Kandar Nana memperoleh 59%, gred (C). Pengusaha diarah (wajib) melaksanakan kerja - kerja pembersihan secara menyeluruh dan melakukan penambahbaikan terhadap demerit *(critical control point)* berhubung aspek - aspek pengendali makanan, penyediaan / penyajian makanan, struktur / penyelengaraan premis / fasiliti dan lain - lain generik. Jika didapati pemantauan / pemeriksaan susulan tidak mencapai piawaian / standard kebersihan yang ditetapkan. Maka, sebagai saranan, pentadbiran ini akan menguatkuasakan tindakan penutupan premis makanan di bawah UUK 38(1), Undang - Undang Kecil Establisymen Makanan MPPP 1991.

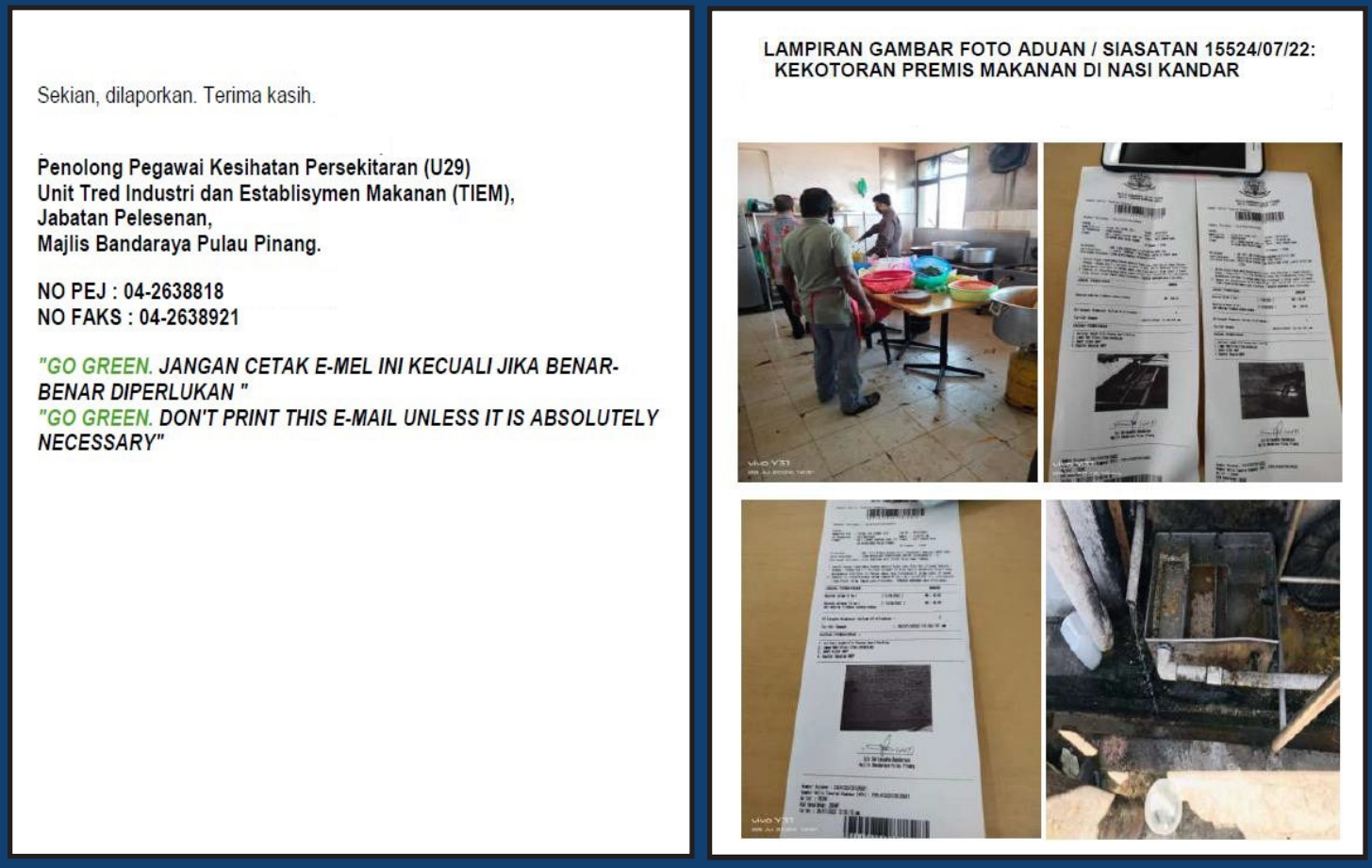
Advokasi dan arahan kerja *(field citation)* yang diberikan adalah bertujuan bagi melindungi orang ramai daripada penyakit bawaan air dan makanan terutama (keracunan makanan). Aktiviti penguatkuasaan yang diketengahkan bukan bersifat menghukum namun mendidik / membimbing pengusaha dan pengendali makanan agar menjaga aspek keselamatan, kebersihan serta mematuhi peraturan - peraturan yang dikuatkuasakan dalam mempastikan perkhidmatan dan kualiti hidangan makanan adalah terjamin, bersih serta sihat.

CATATAN / RUJUKAN:-

i) Nama Pemegang Lesen Premis Perniagaan MBPP:

ii) No. Lesen:
iii) Pegawai Kawasan:
iv) Divisyen:

Rajah 3: Contoh laporan aduan/ siasatan berkaitan kekotoran premis makanan oleh MBPP.



Sekian, dilaporkan. Terima kasih.

Penolong Pegawai Kesihatan Persekitaran (U29)
Unit Tred Industri dan Establisymen Makanan (TIEM),
Jabatan Pelesenan,
Majlis Bandaraya Pulau Pinang.

NO PEJ : 04-2638818
NO FAKS : 04-2638921

"GO GREEN. JANGAN CETAK E-MEL INI KECUALI JIKA BENAR-BENAR DIPERLUKAN "
"GO GREEN. DON'T PRINT THIS E-MAIL UNLESS IT IS ABSOLUTELY NECESSARY"

LAMPIRAN GAMBAR FOTO ADUAN / SIASATAN 15524/07/22: KEKOTORAN PREMIS MAKANAN DI NASI KANDAR

Rajah 3: Contoh laporan aduan/ siasatan berkaitan kekotoran premis makanan oleh MBPP.

MAJLIS BANDARAYA PULAU PINANG

ADUAN / SIASATAN 09171/05/22: PENIAGA KECIL (PENGGERAI) DI DALAM PREMIS MAKANAN MENYEBABKAN PENYALURAN AIR BASUHAN / LIMBAH KE DALAM PARIT AWAM, PEMASANGAN PERANGKAP GRIS TIDAK MENCUKUPI DAN MEMBASUH PERKAKAS DAPUR PADA PARAS YANG TIDAK DIBENARKAN DI PREMIS

Berdasarkan aduan yang diterima, permasalahan / rungutan telah diambil maklum, dirujuk (konten) dan dilakukan penyiasatan di lapangan.

Penyiasatan (CSR) telah dilkukan pada 19 Mei 2022 (Khamis) sekitar jam 4.00 petang. Segelintir *hawker / stall* mempunyai perangkap minyak *(oil filter)* di bahagian sinki. Daripada lima (5), tiga (3) tidak mempunyai pemasangan *grease trap*. Untuk makluman, premis perniagaan adalah tidak berlesen kerana berstatus rumah kediaman tetap sedia ada.

Sehubungan itu, Jabatan Pelesenan, MBPP telah mengeluarkan Notis Tawaran Kompaun (NTK) berhubung kesalahan dasar / mengikut peruntukan undang - undang berikut:-

UNDANG - UNDANG KECIL ESTABLISYMEN MAKANAN MPPP 1991

1) Mengendalikan establisymen makanan tanpa lesen yang sah dikeluarkan oleh pegawai pelesenan, MBPP / pihak Majlis.

No. Kompaun: PSPL48U220519043645

Kadar Bayaran: RM 250

UNDANG - UNDANG KECIL KEBERSIHAN DAN KESELAMATAN AWAM MPPP 1980

2) Menyalurkan air basuhan / limbah ke dalam longkang awam. Perangkap gris tidak mencukupi atau tiada tapisan.

No. Kompaun: PSPL48U220519043405

Kadar Bayaran: RM 250

Wakil pengusaha / pemilik perniagaan juga dinasihatkan untuk memasang tiga (3) lagi perangkap gris bagi mengelakkan para peniaga kecil menyalurkan air basuhan ke dalam perparitan awam. Perangkap minyak yang dipasang hendaklah dipastikan berfungsi dengan baik dan sisa terhasil dilupuskan dengan sempurna / cara yang betul atau melantik kontraktor penyelenggaraan kebersihan *grease trap* tersebut bagi mempastikan pematuhan terhadap pelupusan sisa perangkap minyak yang dihasilkan oleh premis makanan dikendalikan secara sistematik / teratur.

Sekian, dilaporkan. Terima kasih.

Penolong Pegawai Kesihatan Persekitaran (U29)
Unit Tred Industri dan Establisymen Makanan (TIEM), Jabatan Pelesenan,
Majlis Bandaraya Pulau Pinang.

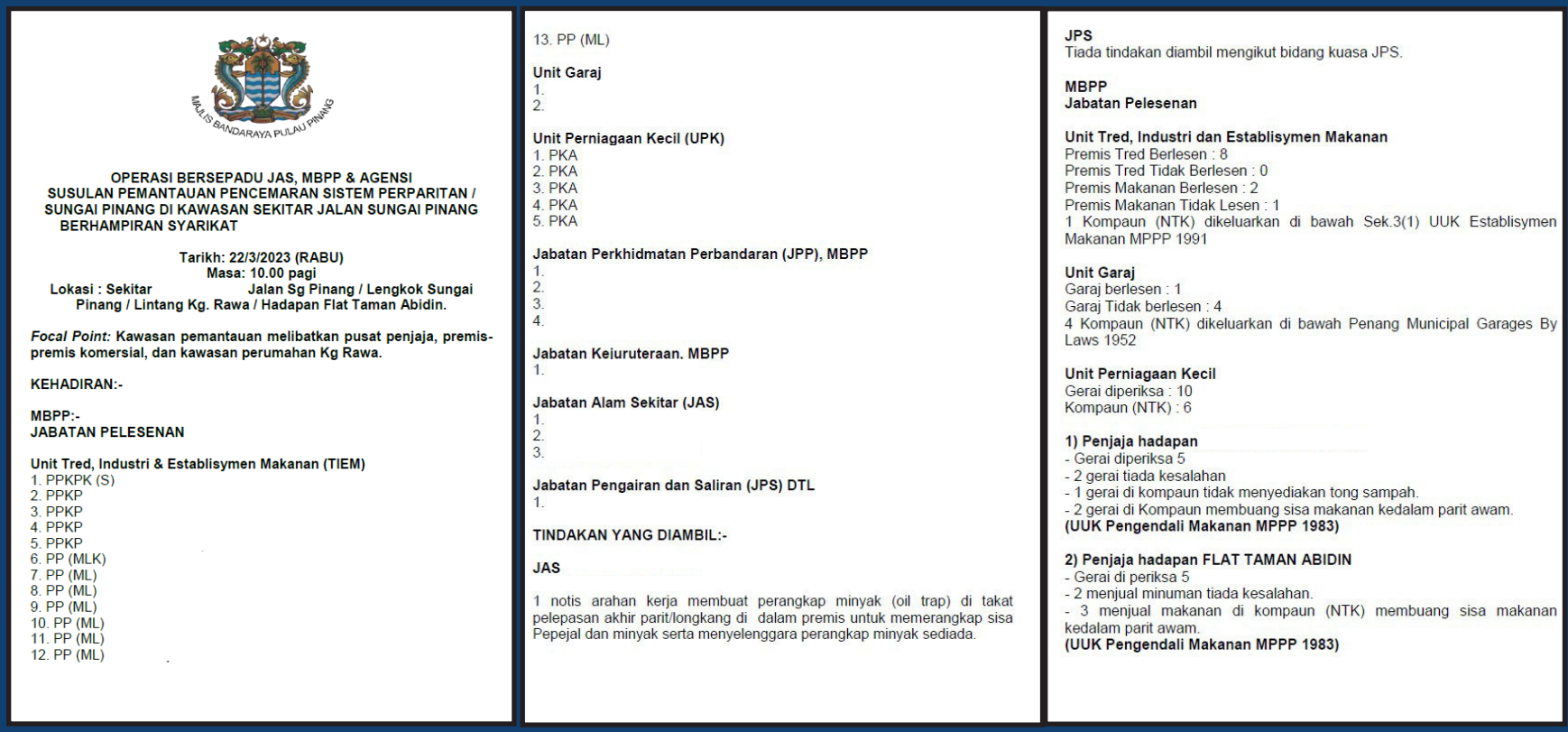
NO PEJ : 04-2638818
NO FAKS : 04-2638921

"GO GREEN. JANGAN CETAK E-MEL INI KECUALI JIKA BENAR-BENAR DIPERLUKAN"
"GO GREEN. DON'T PRINT THIS E-MAIL UNLESS IT IS ABSOLUTELY NECESSARY"

LAMPIRAN GAMBAR FOTO ADUAN / SIASATAN 09171/05/22: PENIAGA KECIL (PENGGERAI) DI DALAM PREMIS MAKANAN MENYEBABKAN PENYALURAN AIR BASUHAN / LIMBAH KE DALAM PARIT AWAM, PEMASANGAN PERANGKAP GRIS TIDAK MENCUKUPI DAN MEMBASUH PERKAKAS DAPUR PADA PARAS YANG TIDAK DIBENARKAN



Rajah 4: Contoh laporan siasatan aduan oleh MBPP mengenai penyaluran air basuhan/ limbah ke dalam parit awam, pemasangan perangkap gris tidak mencukupi dan membasuh perkakas dapur pada paras yang tidak dibenarkan oleh penggerai di premis makanan.



MAJLIS BANDARAYA PULAU PINANG

OPERASI BERSEPADU JAS, MBPP & AGENSI SUSULAN PEMANTAUAN PENCEMARAN SISTEM PERPARITAN / SUNGAI PINANG DI KAWASAN SEKITAR JALAN SUNGAI PINANG BERHAMPIRAN SYARIKAT

Tarikh: 22/3/2023 (RABU)
Masa: 10.00 pagi
Lokasi : Sekitar Jalan Sg Pinang / Lengkok Sungai Pinang / Lintang Kg. Rawa / Hadapan Flat Taman Abidin.

Focal Point: **Kawasan pemantauan melibatkan pusat penjaja, premis-premis komersial, dan kawasan perumahan Kg Rawa.**

KEHADIRAN:-

MBPP:-
JABATAN PELESENAN

Unit Tred, Industri & Establisymen Makanan (TIEM)
1. PPKPK (S)
2. PPKP
3. PPKP
4. PPKP
5. PPKP
6. PP (MLK)
7. PP (ML)
8. PP (ML)
9. PP (ML)
10. PP (ML)
11. PP (ML)
12. PP (ML)
13. PP (ML)

Unit Garaj
1.
2.

Unit Perniagaan Kecil (UPK)
1. PKA
2. PKA
3. PKA
4. PKA
5. PKA

Jabatan Perkhidmatan Perbandaran (JPP), MBPP
1.
2.
3.
4.

Jabatan Keiuruteraan. MBPP
1.

Jabatan Alam Sekitar (JAS)
1.
2.
3.

Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) DTL
1.

TINDAKAN YANG DIAMBIL:-

JAS

1 notis arahan kerja membuat perangkap minyak (oil trap) di takat pelepasan akhir parit/longkang di dalam premis untuk memerangkap sisa Pepejal dan minyak serta menyelenggara perangkap minyak sediada.

JPS
Tiada tindakan diambil mengikut bidang kuasa JPS.

MBPP
Jabatan Pelesenan

Unit Tred, Industri dan Establisymen Makanan
Premis Tred Berlesen : 8
Premis Tred Tidak Berlesen : 0
Premis Makanan Berlesen : 2
Premis Makanan Tidak Lesen : 1
1 Kompaun (NTK) dikeluarkan di bawah Sek.3(1) UUK Establisymen Makanan MPPP 1991

Unit Garaj
Garaj berlesen : 1
Garaj Tidak berlesen : 4
4 Kompaun (NTK) dikeluarkan di bawah Penang Municipal Garages By Laws 1952

Unit Perniagaan Kecil
Gerai diperiksa : 10
Kompaun (NTK) : 6

1) Penjaja hadapan
- Gerai diperiksa 5
- 2 gerai tiada kesalahan
- 1 gerai di kompaun tidak menyediakan tong sampah.
- 2 gerai di Kompaun membuang sisa makanan kedalam parit awam.

(UUK Pengendali Makanan MPPP 1983)

2) Penjaja hadapan FLAT TAMAN ABIDIN
- Gerai di periksa 5
- 2 menjual minuman tiada kesalahan.
- 3 menjual makanan di kompaun (NTK) membuang sisa makanan kedalam parit awam.

(UUK Pengendali Makanan MPPP 1983)

Rajah 5a: Contoh laporan Operasi Bersepadu Jabatan Alam Sekitar (JAS), MBPP dan agensi berkaitan susulan pemantauan pencemaran sistem perparitan di kawasan Sungai Pinang.

Jabatan Perkhidmatan Perbandaran / Jabatan Kejuruteraan
Jumlah premis/rumah diperiksa : 27
Jumlah Notis / NTK : tiada

Catatan :
Pemeriksaan mendapati parit dibawah seliaan Majlis berada dalam keadaan baik dan terkawal. Tiada pembakaran terbuka dan pembuangan sampah yang terkawal oleh penduduk.

Ringkasan :-
Jumlah premis perniagaan diperiksa : 16
Jumlah Penjaja diperiksa : 10
Jumlah rumah diperiksa : 27

Jumlah Kompaun (NTK) dikeluarkan : 11
Jumlah notis dikeluarkan : 1

Para peniaga / pekerja dan penduduk juga diberi khidmat nasihat agar tidak menyebabkan pencemaran minyak / sisa makanan / sisa perniagaan / air buangan ke sistem perparitan / sungai dan menyedia tong sampah yang mencukupi. Pemantauan dan tindakan diambil sekiranya terdapat pelanggaran syarat atau perundangan, tindakan diambil mengikut bidang kuasa agensi / jabatan.

Sekian, untuk makluman. Terima kasih.

Unit TIEM (SELATAN)
JABATAN PELESENAN
MBPP
Bertarikh: 23/03/2023

LAMPIRAN GAMBAR FOTO OPERASI BERSEPADU JAS, MBPP & AGENSI SUSULAN PEMANTAUAN PENCEMARAN SISTEM PERPARITAN / SUNGAI PINANG DI KAWASAN SEKITAR JALAN SUNGAI PINANG



LAMPIRAN GAMBAR FOTO OPERASI BERSEPADU JAS, MBPP & AGENSI SUSULAN PEMANTAUAN PENCEMARAN SISTEM PERPARITAN / SUNGAI PINANG DI KAWASAN SEKITAR JALAN SUNGAI PINANG



Rajah 5b: Contoh laporan Operasi Bersepadu Jabatan Alam Sekitar (JAS), MBPP dan agensi berkaitan susulan pemantauan pencemaran sistem perparitan di kawasan Sungai Pinang.

Kesimpulan

Secara kesimpulannya, kawalan dan penguatkuasaan *greywater* oleh MBPP adalah sangat penting dalam kawalan pencemaran badan air bagi menjamin kelestarian alam sekitar khasnya di Bandaraya Pulau Pinang yang telah memenangi *ASEAN Clean Tourist City Award* sebanyak tiga (3) kali.

Artikel ini disediakan oleh Ang Shin Ying (NAHRIM) dan disemak oleh ChM. Dr. Bashirah binti Mohd Fazli (NAHRIM) berdasarkan maklumat yang dibekalkan oleh Dr. Chin Wee Loon (Majlis Bandaraya Pulau Pinang)

Rujukan

1. MBPP (2023a). Latar Belakang Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP). http://www.mbpp.gov.my/ms/mbpp/profil/latar-belakang. Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP), Pulau Pinang.
2. MBPP (2023b). Visi dan Misi Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP). http://www.mbpp.gov.my/ms/mbpp/profil/visi-misi. Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP), Pulau Pinang.
3. MOTAC (2023). *ASEAN Clean Tourist City Awards*. https://www.motac.gov.my/en/programme/standards/asean-tourism-awards/list/asean-clean-tourist-city-awards
4. MBPP (2023c). Slaid Pembentangan ASEAN Clean Tourist City Standard 2024 – 2026: City Council of Penang Island. Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP), Pulau Pinang.
5. MBPP (2023d). Akta. http://www.mbpp.gov.my/ms/perniagaan/perundangan/akta. Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP), Pulau Pinang.
6. MBPP (2023e). Undang-Undang Kecil. http://www.mbpp.gov.my/ms/perniagaan/perundangan/undang-undang-kecil. Majlis Bandaraya Pulau Pinang (MBPP), Pulau Pinang.



TEKNOLOGI RAWATAN *GREYWATER* DI MALAYSIA

BAHAGIAN 4







Sumber: NAHRIM

TEKNOLOGI RAWATAN DAN DISINFEKSI *GREYWATER* DI MALAYSIA: KAJIAN DAPATAN

Dr. Mohamad Firdaus Mohamad Yusop
Prof. Dr. Mohd Azmier Ahmad
Universiti Sains Malaysia

Abstrak

Kenaikan yang ketara dalam populasi Malaysia telah menyebabkan peningkatan pesat dalam penggunaan air bersih. Oleh itu, adalah sangat penting untuk memberi keutamaan kepada usaha pemuliharaan air dengan melaksanakan kitar semula *greywater* untuk aktiviti harian bukan minum yang tidak memerlukan air berkualiti tinggi. Artikel ini membentangkan koleksi kajian kes yang boleh dijadikan sebagai sumber maklumat penting bagi negara-negara yang berminat untuk melancarkan projek yang menumpukan kepada kitar semula *greywater*. Dengan mengkaji projek-projek kitar semula *greywater* yang telah dilaksanakan sebelum ini serta mengambil pengajaran daripada negara-negara lain, cabaran dan halangan yang berkaitan dengan pelaksanaan inisiatif tersebut telah dikenal pasti.

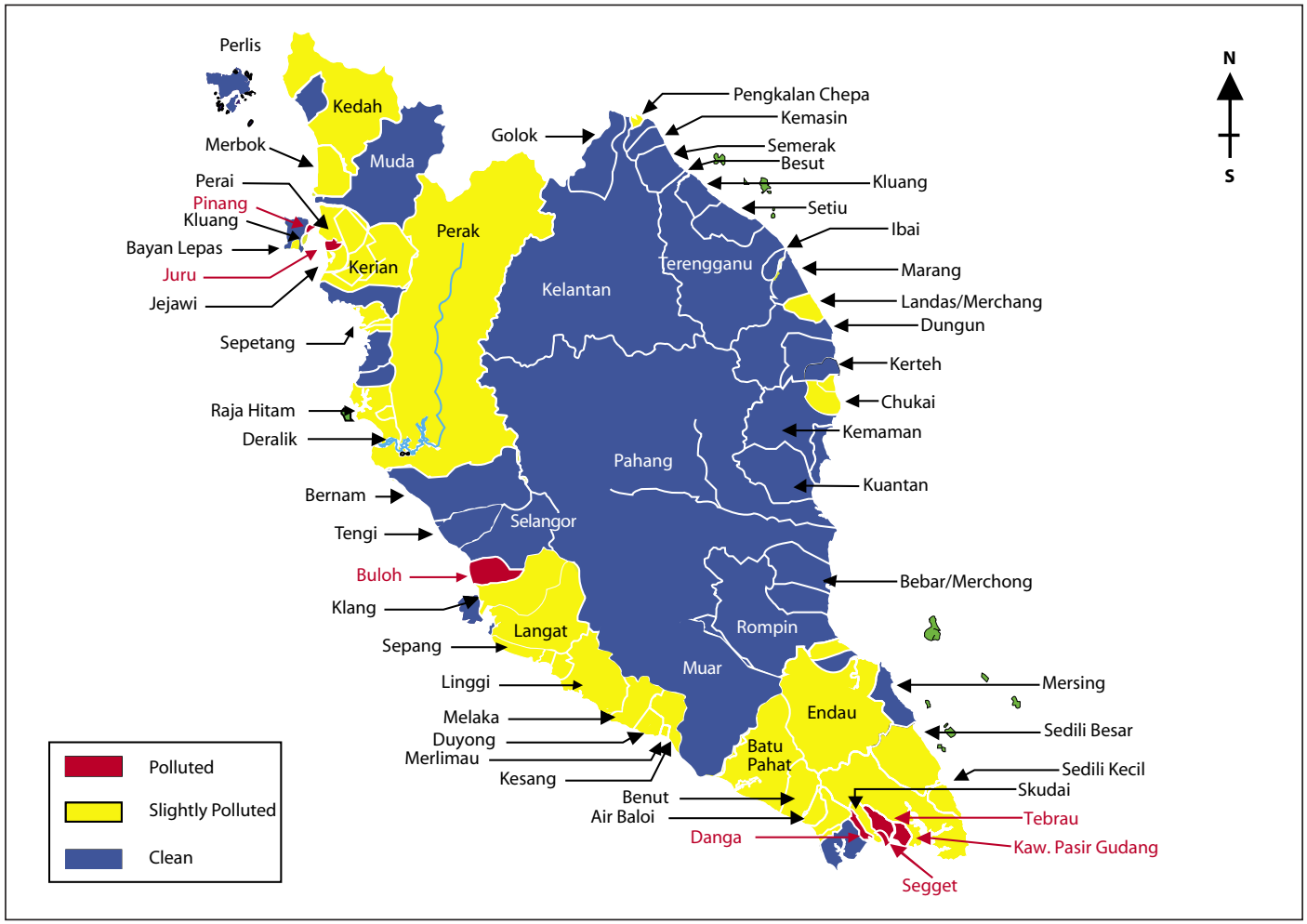
Terdapat keperluan mendesak untuk mengkaji mengenai ciri-ciri *greywater* di Malaysia. Kajian ini akan memberikan pandangan penting bagi merekabentuk dan melaksanakan sistem kitar semula *greywater* yang praktikal, dengan mengambil kira jumlah dan kualiti *greywater* yang tersedia. Untuk memulakan usaha kitar semula *greywater*, Malaysia boleh bermula dengan memberi tumpuan kepada kitar semula *greywater* ringan yang dihasilkan daripada aktiviti mandi dan bersuci. Rawatan *greywater* ringan ini untuk kegunaan semula boleh dicapai dengan menggunakan gabungan penyaringan fizikal dan unit pensterilan. Pemantauan berkala terhadap *greywater* yang telah dirawat adalah penting untuk memastikan keselamatannya dalam penggunaan semula untuk pembilasan tandas dan pengairan taman. Kualiti *greywater* yang telah dirawat harus memenuhi kriteria tertentu, seperti tahap pH antara 6 dan 9, pepejal terampai keseluruhan (TSS) di bawah 20 mg/L, keruhannya di bawah 5 NTU, permintaan oksigen biokimia (BOD_5) di bawah 20 mg/L, dan tahap *Escherichia coli* (*E. coli*) di bawah 10 unit pembentukan koloni (CFU) setiap 100 mL.

Keseluruhannya, kerajaan tempatan memainkan peranan penting dalam mempromosikan kelestarian air dengan menyediakan sokongan kewangan dalam bentuk subsidi dan rebat untuk menggalakkan pemasangan sistem kitar semula *greywater*. Selain itu, inisiatif pendidikan awam perlu dilaksanakan secara konsisten untuk meningkatkan kesedaran di kalangan penduduk umum tentang manfaat kitar semula *greywater* dan sumbangannya kepada pemuliharaan air.

Kata kunci: *Greywater*, Malaysia, Rawatan Air, Teknologi, Disinfeksi

Pengenalan

Kesampaian air di Malaysia telah menunjukkan peningkatan yang signifikan dari semasa ke masa, tetapi cabaran masih wujud di kawasan tertentu. Malaysia mempunyai sumber air yang mencukupi, termasuk sungai, tasik, dan simpanan air bawah tanah. Negara ini telah melaksanakan pelbagai dasar dan projek infrastruktur untuk memastikan bekalan air yang selamat kepada penduduknya. Kerajaan telah memberikan penekanan yang lebih tinggi terhadap pemuliharaan air dan pengurusan lestari dalam beberapa tahun kebelakangan ini. Di kawasan bandar, akses kepada air minum bersih adalah secara amnya dapat dipercayai. Sistem bekalan air negara, di bawah pengawasan Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara (SPAN), menyediakan air yang dirawat kepada kebanyakan kawasan bandar melalui rangkaian paip. Loji rawatan air memainkan peranan penting dalam mengekalkan piawaian kualiti air. Walau bagaimanapun, kawasan luar bandar, terutamanya kampung-kampung terpencil dan komuniti pribumi, menghadapi kesulitan yang lebih besar dalam mendapatkan bekalan air bersih. Komuniti-komuniti ini sering bergantung kepada simpanan air hujan, telaga, atau titik air bersama. Usaha sedang dijalankan untuk menggalakkan penggunaan air yang bertanggungjawab melalui kempen kesedaran awam, bersama dengan inisiatif yang menggalakkan simpanan air hujan dan kitar semula air. Kerajaan juga telah melabur dalam projek infrastruktur air untuk meningkatkan dan meluaskan sistem bekalan air. **Rajah 1** menunjukkan status kualiti air lembangan sungai di Semenanjung Malaysia.



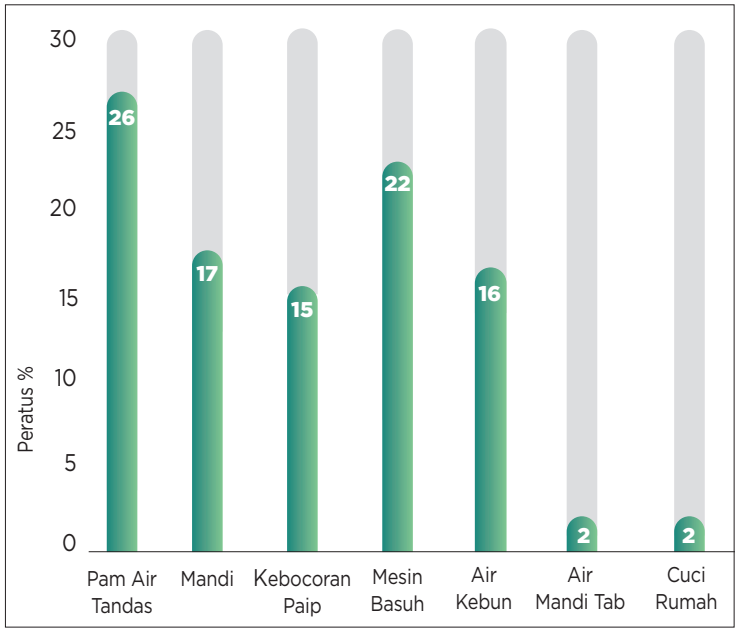
Rajah 1: Status kualiti air lembangan sungai di Semenanjung Malaysia [1]

Seiring dengan hasrat Malaysia untuk menjadi sebuah negara maju, perkembangan pesat perbandaran, perindustrian, pelancongan, dan kemajuan dalam komunikasi telah berlaku. Namun, aktiviti-aktiviti ini telah menyebabkan peningkatan pencemaran air di pelbagai kawasan yang mengehadkan ketersediaan sumber air tawar. Akibatnya, kawasan dengan kepadatan penduduk tinggi yang mempunyai permintaan air yang tinggi mungkin akan menghadapi cabaran yang lebih akut dalam mendapatkan bekalan air tawar yang mencukupi. Mengikut sumber [2], pembangunan lembangan sungai yang meluas bagi projek-projek berskala besar di Malaysia telah menyebabkan pemekaran dasar sungai, meningkatkan risiko banjir dan mengurangkan ketersediaan air bersih. Walaupun Malaysia mempunyai jumlah curahan hujan yang tinggi, kekurangan bekalan air telah timbul disebabkan oleh perbandaran yang pesat dan akses yang terhad kepada sumber air bersih, yang mencetuskan cabaran terhadap kelestarian air.

Untuk menangani isu-isu ini dan mempromosikan kelestarian air di kawasan bandar, bandar-bandar yang peka terhadap keperluan sumber air telah meneroka pelbagai strategi untuk merawat dan mengguna semula air sisa. *Greywater*, yang merujuk kepada air sisa rumah tangga dari sumber-sumber seperti sinki dapur, sinki bilik mandi, pancuran, dan mesin basuh (tidak termasuk tandas), boleh dikitar semula untuk pelbagai tujuan seperti pembilasan tandas dan pengairan, dengan mengurangkan kebergantungan terhadap air tawar [3, 4]. Salah satu kelebihan pengitaran *greywater* adalah ia merupakan sumber air bandar yang banyak dan mudah dirawat, kerana ia mengandungi tahap pencemar organik dan patogen yang rendah [5]. Walaupun hanya mewakili 30 peratus daripada pecahan organik dan 9 hingga 20 peratus daripada nutrien dalam air sisa domestik, *greywater* membentuk 50 hingga 70 peratus daripada jumlah keseluruhan [6]. G*reywater* yang dirawat untuk kegunaan bukan minum dapat menyumbang kepada pemuliharaan air dan mengatasi kekurangan bekalan air. Kajian menunjukkan potensi penjimatan air sebanyak 30 hingga 50 peratus untuk air minum melalui pengitaran semula *greywater* untuk tujuan pengairan taman dan pembilasan tandas [7].

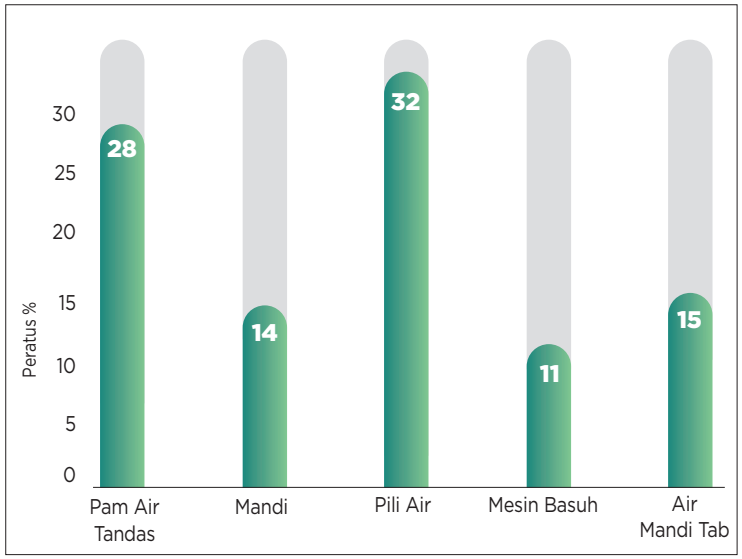
Penghasilan *Greywater*

Menurut sumber [8], analisis penggunaan air bagi isi rumah di Malaysia, seperti yang dipaparkan dalam **Carta 1**, menunjukkan bahawa kira-kira 0.226 m^3/hari air bersih digunakan oleh 1792 keluarga. Penggunaan air di Malaysia tercatat lebih tinggi berbanding negara jiran seperti Thailand (0.09 m^3/hari) dan Singapura (0.155 m^3/hari). Dalam **Carta 1**, sebanyak 67 peratus daripada jumlah air minuman di Malaysia digunakan untuk aktiviti seperti pembuangan, mandi, dan mencuci pakaian [8]. Aktiviti-aktiviti dalam rumah yang memerlukan air minuman termasuk berkebun, mencuci kereta, aktiviti di luar rumah, dan membersihkan rumah. Selain itu, kira-kira 15 peratus daripada bekalan air hilang disebabkan kebocoran paip yang seringkali tidak dikesan dalam tempoh yang panjang [8]. Di Malaysia, sebanyak 43 peratus daripada jumlah penggunaan air adalah *greywater*, yang menghasilkan kira-kira 0.097 m^3/hari. Sebagai perbandingan, United Kingdom (UK) melaporkan penghasilan jumlah *greywater* yang sedikit lebih rendah, iaitu 0.088 m^3/hari [9].



Carta 1: Analisa penggunaan air purata (%) oleh 1792 keluarga di Malaysia

Sebaliknya, analisa penggunaan air di kalangan 100 keluarga di UK, seperti yang ilustrasi dalam **Carta 2**, menunjukkan corak yang serupa dengan Malaysia. Peratusan gabungan air minuman yang digunakan untuk membuang air di pembuangan, mandi, dan mencuci pakaian mencecah 68 peratus daripada penggunaan keseluruhan dalam isi rumah di UK, serupa dengan taburan penggunaan air yang dilihat di Malaysia [9]. Penemuan ini selari dengan kajian yang dijalankan oleh Pidou et al. [10], yang menunjukkan bahawa *greywater* yang dihasilkan daripada sinki cuci tangan, pancuran, mandi, mesin basuh, dan mesin pencuci pinggan sebanyak 44 peratus daripada permintaan air isi rumah secara keseluruhan di UK. Begitu juga, Chaillou et al. [11] melaporkan bahawa 50 hingga 60 peratus daripada jumlah air yang digunakan menjadi *greywater*. Kajian-kajian ini menyoroti potensi yang besar bagi penggunaan semula *greywater* di kawasan yang menghadapi kekurangan air.



Carta 2: Analisa penggunaan air (%) oleh 100 keluarga di UK

Variabiliti dalam data penggunaan akhir *greywater* boleh dikaitkan dengan beberapa faktor, termasuk bilangan penghuni dalam satu isi rumah dan demografi mereka, tabiat penggunaan air, keadaan cuaca, rutin harian, dan status kesihatan penghuni [12, 13]. Sebagai contoh, gaya hidup keluarga yang berbeza boleh menghasilkan kadar pengeluaran *greywater* yang berbeza, dengan jumlah yang lebih rendah pada waktu bekerja biasa [14]. Faktor cuaca juga boleh memberi kesan kepada jumlah *greywater*, dengan jumlah yang lebih tinggi dihasilkan daripada aktiviti bilik mandi semasa cuaca panas dan jumlah yang lebih rendah semasa cuaca sejuk. Memandangkan banyak faktor yang mempengaruhi kuantiti dan kualiti *greywater*, adalah penting untuk menjalankan kajian yang khusus kepada sesuatu kawasan sebelum mencadangkan sistem rawatan. Memahami ciri purata *greywater* dalam kawasan tertentu adalah penting untuk mengelakkan ketidakseimbangan dan ketidaksempurnaan rekabentuk sistem rawatan [15].

Greywater di Malaysia

Kitar semula *greywater* di Malaysia masih pada peringkat permulaan berbanding dengan negara lain. Sumber dan pengetahuan yang terhad mengenai pelaksanaan dan pengurusan kitar semula *greywater* telah menghalang penggunaannya yang meluas di negara ini. Secara konvensional, *greywater* di Malaysia dirawat bersama-sama air hitam (iaitu air sisa tandas) di pusat rawatan yang terpusat [16]. Proses rawatan air sisa yang berpusat di Malaysia kebiasaannya melibatkan empat peringkat utama. Pada mulanya, air sisa yang masuk akan melalui proses pra-rawatan untuk menghilangkan zarah yang lebih besar. Air sisa yang telah melalui peringkat rawatan utama kemudiannya diarahkan ke unit rawatan sekunder, seperti sistem enapcemar teraktif, reaktor jujukan (SBR), pengstabilan sentuhan, atau penjajar biologi berputar (RBC) untuk rawatan lanjut sebelum dibuang. Air sisa yang telah melalui peringkat rawatan sekunder ini biasanya selamat untuk dilepaskan ke aliran air alam sekitar [17].

Namun, proses rawatan ini adalah kompleks, mahal, dan sensitif terhadap perubahan alam sekitar [8]. Selain itu, kekurangan nutrien dalam *greywater* dapat membatasi keberkesanan sistem rawatan biologi [18]. Untuk memastikan kebersihan dan estetik, penyahjangkitan adalah langkah terakhir yang diperlukan dalam proses rawatan untuk menghilangkan bakteria patogen dan menghapuskan bau daripada *greywater*. Secara keseluruhan, keadaan semasa kitar semula *greywater* di Malaysia menghadapi pelbagai cabaran seperti sumber yang terhad, kekurangan pengetahuan dan kekompleksan yang terlibat dalam proses rawatan yang rumit. Walau bagaimanapun, kesedaran di kalangan semua pihak terlibat semakin meningkat tentang keperluan untuk meneroka dan membangunkan sistem kitar semula *greywater* yang cekap dan berkesan serta kos efektif di Malaysia untuk memaksimumkan sumber air dan menggalakkan amalan pengurusan air yang mampan.

Salah satu kajian terhad mengenai kitar semula *greywater* di Malaysia adalah kajian Mah et al. [16] mengenai pemodelan konseptual kitar semula *greywater*. Kajian ini memperkenalkan projek perintis yang dikenali sebagai Ekologi Sanitasi (Ecosan) yang menggunakan pemodelan matematik dan simulasi di Kuching, Sarawak pada tahun 2003. Projek ini memberi fokus kepada rawatan *greywater* yang dihasilkan daripada aktiviti dapur, pancuran, dan mesin basuh. Unit rawatan utama yang digunakan dalam projek Ecosan adalah tanah bencah dengan penapis aerobik yang terintegrasi [16]. Objektif projek ini adalah untuk mengatasi pencemaran akibat pembuangan *greywater* ke dalam longkang air hujan dengan merawat air sisa rendah ini. Mah et al. [16] mendapati bahawa pelaksanaan projek perintis ini tidak hanya membantu

mengurangkan pencemaran di dalam longkang air hujan, tetapi juga menunjukkan bahawa *greywater* yang dirawat adalah sesuai untuk kegunaan bukan air minum. Selain itu, kajian tersebut meramalkan bahawa pengurangan purata sebanyak 40 peratus dalam penggunaan air minum boleh dicapai melalui pendekatan ini. Walaupun terdapat cabaran yang dihadapi oleh kementerian tempatan dalam membuat keputusan dan mengurus proses rawatan tersebut disebabkan pengalaman yang terhad, projek Ecosan di Sarawak memberikan peluang dan membuka jalan untuk pelaksanaan projek kitar semula *greywater* di Malaysia.

Selain projek Ecosan, beberapa sistem kitar semula *greywater* berskala perintis juga diteliti. Satu contoh adalah sistem kitar semula *greywater* yang terletak di Universiti Monash Malaysia, dengan kapasiti maksimum 14.4 m^3/hari [19]. Sistem ini merangkumi penapis pasir, penapis karbon teraktif, dan unit penyahjangkitan ozon. Pengoptimuman dos ozon telah dilakukan untuk meningkatkan keberkesanan penyahjangkitan dan membolehkan penghasilan *greywater* yang dirawat memenuhi piawaian penggunaan bukan air minum (contohnya, < 20 mg/L BOD_5, < 2 NTU, pH 6-9). Kajian ini juga menunjukkan bahawa jumlah air bersih yang dapat dijimatkan oleh sistem kitar semula *greywater* ini setara dengan memenuhi permintaan air untuk 140 individu, iaitu kira-kira 28 keluarga dengan purata 5 ahli. Sebagai catatan tambahan, sistem kitar semula *greywater* wuduk dilaksanakan di dua masjid yang terletak di Batu Pahat, Johor [20]. *Greywater* wuduk, yang dicirikan oleh kepekatan pencemar yang rendah, mengalami rawatan menggunakan penapis pasir-kerikil yang mudah. *Greywater* yang telah dirawat ini kemudiannya sesuai digunakan di tandas atau menyiram taman, dengan berkesan yang secara tidak langsung menangani isu permintaan air tawar yang tinggi yang berkaitan dengan aktiviti harian tersebut.

Teknologi Rawatan *Greywater*

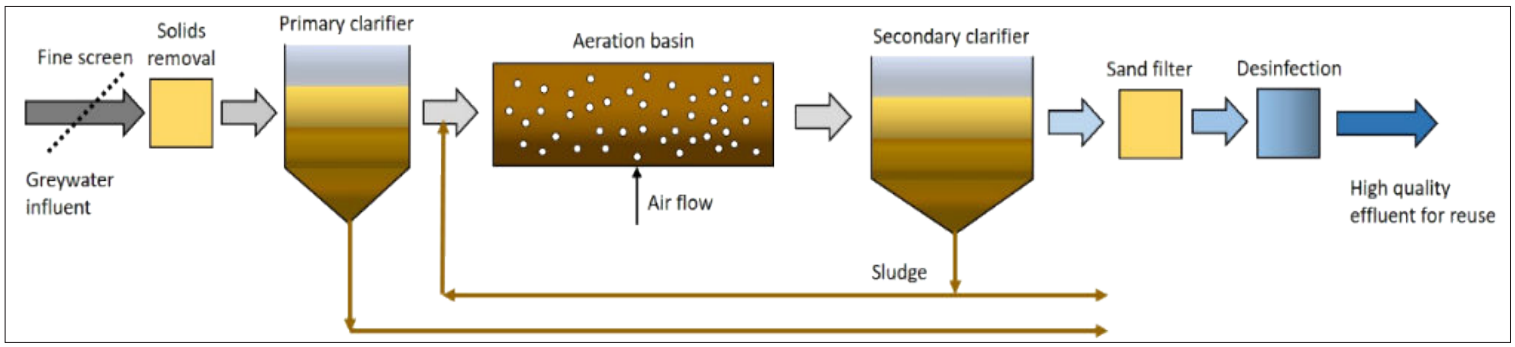
Pemilihan teknik rawatan *greywater* bergantung kepada aplikasi yang dikehendaki bagi *greywater* yang dipulihkan, menekankan kepentingan pendekatan "sesuai dengan tujuan" [21]. Dalam kes di mana *greywater* ringan hendak digunakan semula untuk penyiraman taman luar, penapisan pasir sahaja mungkin sudah mencukupi tanpa perlu rawatan lanjutan [22]. Walau bagaimanapun, perlu diingatkan bahawa air yang keluar daripada sistem penapisan dan pengalihan yang mudah seperti ini mungkin tidak sesuai untuk penyiraman yang melibatkan penyemburan [3, 23]. Adalah penting untuk mempertimbangkan risiko yang berpotensi seperti pencemaran air tanah dan tanah, kerana *greywater* yang tidak dirawat dan digunakan untuk penyiraman boleh mengandungi bakteria patogen, kemasinan, kadar pH, dan juga tahap boron yang tinggi. Sentuhan langsung atau penafasan bakteria patogen daripada *greywater* yang tidak dirawat yang digunakan untuk tujuan penyiraman boleh menyebabkan risiko kesihatan. Oleh itu, rawatan yang sewajarnya terhadap *greywater* adalah penting, terutamanya apabila ia digunakan untuk menyiram tanaman makanan, mengairi ladang, dan kegunaan domestik. Sistem kitar semula *greywater*, selain daripada sistem pengalihan yang mudah, sering menggabungkan pelbagai rawatan.

Kebiasaannya, *greywater* mentah perlu proses penapisan untuk mengeluarkan zarah kasar dan pepejal terampai sebelum memasuki fasa rawatan utama. Unit rawatan biologi, kimia, fizikal, atau rawatan yang menyeluruh digunakan dalam proses rawatan utama, diikuti oleh penyahjangkitan [24]. **Rajah 2** menunjukkan aliran sistem rawatan *greywater* yang tipikal. Contoh kaedah rawatan biologi yang biasa termasuk pemutar biologi berhubungan (RBC), penapis teraerasi biologi (BAF), reaktor turutan kumpulan (SBR), dan bioreaktor terudara.

Kaedah rawatan kimia pula melibatkan sama ada elektro-koagulasi, foto-katalisis, atau koagulan konvensional. Kaedah rawatan fizikal sering merangkumi bioreaktor membran (MBR) dan penapis pasir. Kaedah rawatan yang menyeluruh seperti *reed bed*, kolam, dan kawasan rawa, biasanya memerlukan kawasan yang lebih besar untuk dilaksanakan dengan berkesan.

Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan dalam sistem kitar semula *greywater* telah beralih kepada teknik rawatan yang lebih mesra alam, menjauhkan diri berbanding teknologi konvensional. Satu perkembangan penting ialah penggunaan membran yang diperbuat daripada sisa makanan dan bahan terbiodegradasi untuk rawatan *greywater*. Oh et. al. [26] meneroka penggunaan kitosan dan alginat untuk mencipta membran dwilapisan polielektrolit (PCBM). Kajian tersebut menunjukkan bahawa membran ini dapat secara berkesan menghilangkan pencemar dengan saiz 2.71 kDa, menghasilkan *greywater* terawat dengan tahap kekeruhan rendah (<2 NTU), jumlah pepejal terampai yang rendah (<20 ppm TSS), dan permintaan oksigen kimia yang rendah (<100 ppm COD). Membran PCBM yang terbiodegradasi menawarkan pilihan yang lebih mampan dan mesra alam untuk rawatan *greywater*. Aplikasi terkini dalam kitar semula *greywater* adalah penggunaan dinding hijau atau dinding bervegetasi. Sistem rawatan ini beroperasi dengan cara yang serupa dengan reed bed, di mana *greywater* mengalir melalui tumbuhan yang ditanam dalam pasu yang diisi dengan pelbagai media butiran seperti *vermiculite*, pasir sungai, *growstone, expanded clay, fytofoam, coco air*, dan *perlite* [27]. Media dalam pasu bertindak sebagai penjerap, menangkap pencemar daripada *greywater*, sementara tumbuhan menggunakan nutrien seperti nitrogen dan fosforus yang terdapat dalam *greywater* untuk menyokong pertumbuhan mereka.

Dinding hijau menawarkan pendekatan menarik dalam kitar semula *greywater* kerana ia memerlukan ruang yang lebih sedikit berbanding dengan sistem *reed bed* konvensional [28]. Walau bagaimanapun, terdapat beberapa batasan yang perlu dipertimbangkan. Dinding hijau memerlukan keperluan air yang lebih tinggi kerana tumbuhan, menjadikannya kurang sesuai untuk kawasan kering. Selain itu, keberkesanan penjerapan pencemar boleh berbeza disebabkan oleh sifat dan saiz media yang berbeza yang digunakan. Tambahan pula, sistem ini tidak sesuai untuk merawat *greywater* yang berkualiti tinggi kerana kapasiti penjerapan media tanaman dan masa pengekalan *greywater* yang singkat membataskan keberkesanan rawatan. Penting untuk diingat bahawa unit penjernihan berasingan diperlukan kerana dinding hijau sendiri tidak dapat secara berkesan mensterilkan *greywater*.



Rajah 2: Sistem rawatan *greywater* tipikal [25]

Teknologi Disinfeksi *Greywater*

Bagi mengekalkan kualiti *greywater* yang diperoleh semula dan mengurangkan risiko kesihatan, adalah penting untuk mengelakkan penyimpanan *greywater* selama lebih dari 48 jam. Penyimpanan yang berlarutan lama menyebabkan pertumbuhan bakteria secara berlebihan, pengurangan oksigen terlarut, dan timbulnya masalah bau dan warna [29]. Faktor-faktor ini boleh mengganggu sifat estetik dan kesihatan manusia yang berkaitan dengan penggunaan semula *greywater*. Oleh itu, adalah penting untuk memilih teknologi pensterilan yang sesuai yang dapat memastikan kebersihan *greywater* yang diperoleh semula untuk aktiviti yang melibatkan sentuhan langsung dengan kulit dan untuk aktiviti yang memerlukan penyimpanan semalaman, seperti penggunaan tandas dan menyiram tanaman makanan.

Greywater mengandungi pelbagai bakteria, protozoa, dan virus, kebanyakkannya adalah patogen dan boleh menyebabkan penyakit. Patogen yang biasa dijumpai dalam *greywater* termasuk *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*, yang berkaitan dengan jangkitan kulit dan membran mukus [30]. Patogen pernafasan seperti *Legionella pneumophila* juga telah dikesan dalam *greywater* [31], dan patogen usus seperti *Cryptosporidium* serta *Giardia*, yang biasanya terdapat di dalam usus [32]. Perlu diperhatikan bahawa virus seperti bakteriofaj F-RNA sering terdapat dalam *greywater* yang berasal daripada individu yang terinfeksi, menunjukkan bahawa wujud risiko kesihatan yang signifikan apabila *greywater* digunakan semula di bangunan masyarakat atau berbilang tingkat [33]. Untuk menangani kebimbangan ini, penggabungan pewarna berwarna dalam bahan pencuci boleh berfungsi sebagai ujian visual cepat, dan ini membolehkan pengesahan status operasi sistem pencampuran dengan mudah.

Kaedah yang mudah dan berkesan kos untuk mensterilkan *greywater* melibatkan penggunaan sinar matahari dan botol polietilena tereftalat (PET). Kajian oleh Pansonato et al. [34] telah menunjukkan bahawa pendedahan kepada sinar matahari dapat secara berkesan mensterilkan *greywater* dengan mengurangkan *E. coli* dan jumlah koliform. Dalam sistem kitar semula *greywater* berterusan, keberkesanan rawatan adalah lebih tinggi berbanding sistem turutan. Dengan mendedahkan *greywater* mentah secara berterusan, yang mengandungi tahap bakteria awal berkisar dari 2.0×10^4 hingga 6.6×10^5 MPN/100 mL *E. coli* dan 8.2×10^6 hingga 8.7×10^8 MPN/100 mL jumlah koliform, kepada sinar matahari selama 24 jam, *greywater* yang telah dirawat tidak mengandungi *E. coli* yang boleh dikesan dan $<1\text{-}3.7 \times 10^1$ MPN/100 mL koliform total. Kaedah pensterilan lain melibatkan penggunaan penapisan dengan bahan kasar seperti batu kapur dan zeolit [35].

Dengan mengalirkan semula *greywater* melalui sistem ini, terdapat kemungkinan untuk mencapai pengurangan sebanyak 90 peratus dalam jumlah koliform dan sehingga 99.5% pengurangan dalam *E. coli*. Walaupun kaedah pensterilan ini menawarkan kesederhanaan dan kos yang rendah, tetapi ia mempunyai batasan. Kaedah pensterilan sinar matahari memerlukan tempoh yang panjang, iaitu 24 jam, dan bergantung pada keadaan cuaca, menjadikannya tidak praktikal untuk aplikasi komersial yang meluas. Oleh itu, pembangunan teknologi pensterilan yang pantas, seperti teknologi membran adalah diperlukan. Teknologi membran menyediakan proses pensterilan yang tidak bergantung pada cuaca dan cekap, memastikan penyingkiran patogen yang tekal dan mempercepatkan proses kitar semula *greywater*.

Pensterilan dengan sinar UV adalah teknologi yang berkesan untuk menghilangkan bakteria dalam *greywater*. Keberkesanan penyinaran UV diukur dalam tenaga per luas permukaan (mJ/cm^2) atau keamatan UV purata (mW/cm^2). Isipadu *greywater* yang dirawat menggunakan sistem pensterilan UV boleh berkisar dari 0.036 hingga 2.16 m^3/hari [36]. Di dalam kajian oleh Do Couto et al. [36], dos UV sebanyak 114 mW/cm^2 mencapai penghapusan sepenuhnya *E. coli* dari 80 peratus sampel *greywater* yang dirawat secara anaerobik dengan 20 peratus sampel yang tersisa menunjukkan kepekatan *E. coli* di bawah 1 MPN/100 mL. Kajian yang dijalankan oleh [37] menunjukkan bahawa pensterilan *greywater* yang dirawat secara aerobik dengan menggunakan sinar UV menghasilkan jumlah yang sedikit dari pengiraan plat heterotrofik (HPC), koliform fekal, *Staphylococcus aureus*, dan *Pseudomonas aeruginosa*, dengan dos UV yang berkisar dari 69 hingga 439 mW s/cm^2. Kajian ini mendedahkan bahawa beberapa bakteria, seperti koliform fekal dan HPC, menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi terhadap penyerapan sinar UV berbanding dengan bakteria lain seperti *Pseudomonas aeruginosa*. Oleh itu, pengoptimuman masa sentuhan sinar UV dan keamatan cahaya daripada sumber sinar UV adalah penting untuk mencapai penghapusan bakteria yang lengkap berdasarkan keadaan khusus sistem rawatan tersebut. Pengoptimuman ini memastikan bahawa *greywater* boleh digunakan semula dengan selamat.

Penklorinan merupakan kaedah pensterilan yang banyak digunakan di Malaysia untuk merawat *greywater* disebabkan ketersediaannya, harga yang berpatutan, dan kemudahan pengukuran dos berbanding dengan kaedah pensterilan lain. Satu kelebihan penting menggunakan klorin untuk pensterilan *greywater* adalah keupayaannya untuk memanjangkan masa penyimpanan *greywater* yang dirawat kerana klorin mengandungi sisa mencegah pertumbuhan semula bakteria. Keberkesanan penklorinan dipengaruhi oleh saiz zarah jasad terampai, tanpa mengira kepekatan bahan organik dalam sampel *greywater* yang diklorinkan dengan kepekatan klorin bebas yang tetap. Penambahan ammonia kepada klorin boleh membentuk kloramina, yang memperlahankan kemerosotan klorin sisa [38].

Di kalangan mikroorganisma, protozoa seperti *Cryptosporidium* dan *Giardia*, serta *poliovirus* jenis 3, menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi terhadap penklorinan [39]. Klorin boleh dimasukkan ke dalam air melalui natrium hipoklorit, kalsium hipoklorit, atau gas klorin, dengan dua yang pertama lebih mudah diangkut dan disimpan. Konsentrasi hipoklorit yang sesuai dan waktu retensi hidraulik (HRT) adalah faktor penting dalam mencapai kadar penyahpencerobohan yang berkesan dalam sistem pengklorinan. Kajian telah menunjukkan bahawa konsentrasi hipoklorit sebanyak 1 mg/L, yang dikombinasikan dengan HRT selama 6 jam, dapat sepenuhnya menghilangkan koliform feses dan *Staphylococcus aureus*. [40]. Demikian juga, penambahan 1 mL/L hidrogen peroksida (H_2O_2) ke dalam *greywater* yang telah diolah secara aerobik dapat mencegah pertumbuhan mikrob selama hingga 3 hari penyimpanan [41]. Kajian yang dijalankan Ronen et al. [42] menggunakan hidrogen peroksida *plus* (HPP) menunjukkan bahawa kepekatan 125 mg/L dapat menghilangkan 99 peratus jumlah kuman dalam masa retensi 35 minit.

Walaupun unit nyahinfeksi kimia dengan penambahan hipoklorit dan/ atau HPP adalah mudah dioperasikan, penting untuk mengoptimumkan konsentrasi bahan nyahinfektan dan masa retensi hidraulik (HRT). Pengoptimuman ini mencegah keberkesanan nyahinfeksi yang rendah disebabkan oleh penambahan disinfektan yang kurang dan mengelakkan penambahan yang berlebihan yang boleh menghasilkan produk sampingan nyahinfeksi yang berbahaya apabila digabungkan dengan pencemar lain dalam *greywater*. Oleh itu, mencari kaedah nyahinfeksi alternatif yang mudah dioperasikan, kos

efektif dan bebas dari produk sampingan berbahaya seperti nyahinfeksi klorin adalah satu cabaran.

Ozon mempunyai keberkesanan nyahinfeksi yang paling tinggi, melebihi klorin atau bromin dalam nilai CT yang lebih rendah. Sebagai contoh, dalam aplikasi air sisa, dos klorin boleh berbeza dari 60 hingga 900 mg min/L [43]. Di dalam satu kajian oleh Friedler et al. [40], telah ditunjukkan bahawa dos klorin sebanyak 30 mg min/L mengurangkan kepekatan koliform feses masuk sebanyak 1.9 $\log_{10}$ unit. Demikian juga, Beck et al. [44] mendapati bahawa dos klorin sebanyak 45-68 mg min/L menghasilkan pengurangan sebanyak 3.5 $\log_{10}$ unit jumlah koliform. Di sisi lain, ozon hanya memerlukan 0.4-4.3 mg min/L untuk mencapai penonaktifan sebanyak 2 $\log_{10}$ unit jumlah koliform. Salah satu kelemahan nyahinfeksi ozon adalah ketiadaan bahan disinfektan sisa, berbeza dengan klorin yang membawa risiko pertumbuhan semula mikrob selepas rawatan ozon. Walau bagaimanapun, beberapa kajian telah melaporkan bahawa koliform feses tidak menunjukkan pertumbuhan semula dalam tempoh 6 jam apabila kepekatan klorin sisa 1 mg/L dan 0.5 mg/L dikekalkan selepas 30 minit masa sentuhan. Demikian juga, tiada pertumbuhan semula diperhatikan dalam tempoh 6 jam apabila dos sinaran UV sebanyak 19 mJ/cm^2 digunakan [40]. Tambahan pula, Beck et al. [44] tidak menemui pertumbuhan semula *E. coli* dalam tempoh 15 hari selepas nyahinfeksi dengan 288 mg min/L klorin bebas, 1 mg/L ozon, atau 10 mJ/cm^2 sinaran UV.

Cabaran Rawatan *Greywater* di Malaysia

Pemulihan dan kitar semula *greywater* memainkan peranan penting dalam pengurusan air secara lestari dan pemuliharaan alam sekitar. Malaysia sebagai sebuah negara yang menghadapi isu kekurangan air dan pencemaran, perlu melaksanakan pemulihan dan kitar semula *greywater* yang berkesan dapat memberi sumbangan yang signifikan dalam pemuliharaan sumber air dan mengurangkan tekanan terhadap bekalan air tawar. Walau bagaimanapun, terdapat beberapa cabaran yang menghalang pelaksanaan amalan pemulihan dan kitar semula *greywater* secara meluas di Malaysia. Salah satu cabaran utama bagi pemulihan dan kitar semula *greywater* di Malaysia adalah kesedaran dan pemahaman yang terhad dalam kalangan masyarakat secara amnya. Kesedaran akan manfaat potensi dan impak alam sekitar daripada pengurusan dan penggunaan semula *greywater* dengan betul masih di tahap yang rendah. Kempen kesedaran awam, program pendidikan dan bengkel komuniti dapat memainkan peranan penting dalam menyebarkan maklumat tentang kepentingan pemulihan dan kitar semula *greywater*. Dengan meningkatkan kesedaran tentang manfaat amalan-amalan ini, individu dan komuniti dapat digalakkan untuk mengamalkan amalan pengurusan *greywater* yang bertanggungjawab.

Ketiadaan satu rangka kerja kawal selia yang komprehensif yang secara khusus menangani pemulihan dan kitar semula *greywater* membawa cabaran yang besar. Ketiadaan panduan dan piawaian yang jelas bagi pelaksanaan mencipta ketidakpastian bagi individu atau organisasi yang berminat untuk melabur dalam sistem pemulihan *greywater*. Untuk mengatasi cabaran ini adalah penting untuk membentuk satu rangka kerja kawal selia yang kukuh yang merangkumi panduan, permit, dan mekanisme pemantauan. Rangka kerja seperti ini akan memberikan kejelasan, menggalakkan pematuhan, dan memastikan pelaksanaan dan operasi yang berkesan bagi sistem pemulihan dan kitar semula *greywater*. Faktor kos merupakan halangan penting dalam penggunaan amalan pemulihan dan kitar semula *greywater* di Malaysia. Melaksanakan dan mengekalkan sistem pemulihan *greywater* akan melibatkan kos secara kewangan, terutamanya bagi isi rumah atau komuniti berpendapatan rendah. Pelaburan modal awal, kos operasi dan belanja penyelenggaraan mungkin menghalang individu atau komuniti daripada

menerima pemulihan dan kitar semula *greywater*. Untuk mengatasi cabaran ini, adalah penting untuk meneroka teknologi yang kos efektif dan model pembiayaan inovatif. Menyediakan insentif kewangan, subsidi, atau pengecualian cukai bagi pemasangan sistem pemulihan *greywater* juga dapat membantu menjadikannya lebih berpatutan dan mudah diakses.

Pelaksanaan sistem pemulihan dan kitar semula *greywater* yang berjaya memerlukan pengetahuan khusus dan kepakaran teknikal. Walau bagaimanapun, terdapat kekurangan profesional yang mahir dalam bidang pemulihan dan kitar semula *greywater* di Malaysia. Untuk mengatasi cabaran ini, program latihan, bengkel, dan inisiatif pembangunan kapasiti perlu diwujudkan. Inisiatif-inisiatif ini perlu bertujuan untuk melengkapi para profesional dan juruteknik dengan kemahiran dan pengetahuan yang diperlukan untuk merancang, mengendalikan, dan menyelenggara sistem pemulihan *greywater* dengan berkesan. Kerjasama dengan institusi pendidikan, organisasi penyelidikan, dan pakar industri dapat memudahkan pemindahan pengetahuan dan pembangunan kemahiran dalam bidang ini. Faktor budaya dan sosial menimbulkan cabaran tambahan terhadap pemulihan dan kitar semula *greywater* di Malaysia.

Norma sosial-budaya, kebimbangan mengenai kebersihan dan risiko kesihatan, serta salah tanggapan mengenai *greywater* yang telah diproses boleh menghalang penerimaannya dan penggunaannya. Untuk mengatasi cabaran ini, adalah penting untuk berkomunikasi secara berkesan, melibatkan komuniti, dan menjalankan kempen kesedaran yang menangani kesensitifan budaya dan menekankan manfaat pemulihan dan kitar semula *greywater*. Penglibatan pemimpin agama, pengaruh komuniti, dan pihak berkepentingan boleh mendorong penerimaan dan menggalakkan penggunaan yang bertanggungjawab terhadap *greywater* yang telah diproses.

Cabaran yang dihadapi dalam pemulihan dan kitar semula *greywater* di Malaysia adalah pelbagai, termasuk kesedaran dan pemahaman yang terhad, kekurangan kawal selia, implikasi kos, kekurangan kepakaran teknikal, dan halangan sosial-budaya. Untuk mengatasi cabaran ini, pendekatan menyeluruh yang melibatkan agensi kerajaan, komuniti tempatan, institusi pendidikan, dan pihak berkepentingan lain amat diperlukan. Dengan meningkatkan kesedaran, menetapkan rangka kerja kawal selia yang kukuh, menerokai teknologi berkesan kos, mengembangkan kepakaran teknikal, dan mengatasi faktor sosial-budaya, Malaysia dapat mengatasi cabaran ini dan menerima manfaat daripada pemulihan dan kitar semula *greywater*. Pelaksanaan amalan pemulihan dan kitar semula *greywater* yang berkesan tidak hanya akan memulihara sumber air, tetapi juga menyumbang kepada pembangunan lestari, pemuliharaan alam sekitar, dan kesejahteraan komuniti Malaysia secara keseluruhan.

Kesimpulan

Pertumbuhan pesat populasi Malaysia telah menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam penggunaan air tawar. Oleh itu, adalah penting untuk memberi keutamaan kepada pemuliharaan air dengan melaksanakan kitar semula *greywater* untuk aktiviti harian bukan air minum yang tidak memerlukan air berkualiti tinggi. *Greywater* perlu melalui proses rawatan air dan proses pensterilan sebelum boleh digunakan semula. Kaedah rawatan *greywater* digunakan untuk mengeluarkan pencemar dan kotoran, menjadikannya sesuai digunakan semula dalam aplikasi bukan air minum. Terdapat beberapa kaedah rawatan yang biasa digunakan termasuk penyaringan fizikal yang melibatkan penggunaan penghalang fizikal seperti skrin, penapis, atau tangki pengendapan, rawatan biologi. Menerusi kaedah pensterilan, ia membunuh atau menyahaktif mikroorganisma berbahaya dalam *greywater* untuk

memastikan keselamatannya dalam penggunaan semula. Selain itu, pensterilan UV yang menggunakan cahaya ultraungu untuk merosakkan bahan genetik mikroorganisma, mencegah pembiakan mereka dan menjadikan mereka ia tidak berbahaya. Terakhir, rawatan ozon yang menggunakan agen pemangkin oksida yang kuat untuk membasmi mikroorganisma dalam *greywater* dengan berkesan. Pemilihan kaedah rawatan *greywater* dan pensterilan bergantung kepada pelbagai faktor seperti kualiti *greywater* yang masuk, aplikasi penggunaan semula yang diinginkan, sumber yang ada dan peraturan tempatan. Gabungan pelbagai proses rawatan boleh digunakan untuk mencapai tahap kualiti air dan penyingkiran patogen yang diingini.

Rujukan

1. DOE, 2007. *Environmental Quality Report (EQR) 2006*. Department of Environment Malaysia, Putrajaya. pp.25.
2. Ho, S.C. Vision 2020: *Towards an environmentally sound and sustainable development of freshwater resources in Malaysia. In GeoJournal*. 1996.
3. Eriksson, E., et al., *Characteristics of grey wastewater. Urban Water*, 2002. 4(1): p. 85-104.
4. Saumya, S., et al., *Construction and evaluation of prototype subsurface flow wetland planted with Heliconia angusta for the treatment of synthetic greywater. Journal of Cleaner Productio*n, 2015. 91: p. 235-240.
5. Revitt, D.M., E. Eriksson, and E. Donner, *The implications of household greywater treatment and reuse for municipal wastewater flows and micropollutant loads. Water Research,* 2011. 45(4): p. 1549-1560.
6. Fountoulakis, M.S., et al., *Single house on-site grey water treatment using a submerged membrane bioreactor for toilet flushing. Science of the Total Environment*, 2016. 551-552: p. 706-711.
7. Prathapar, S.A., et al., *Overcoming constraints in treated greywater reuse in Oman. Desalination*, 2005. 186(1-3): p. 177-186.
8. Oh, K.S., et al., *A review of greywater recycling related issues: Challenges and future prospects in Malaysia. Journal of Cleaner Production*, 2018. 171: p. 17-29.
9. Liu, S., et al., Impacts of residence time during storage on potential of water saving for grey water recycling system. Water Research, 2010. 44(1): p. 267-277.
10. Pidou, M., et al., *Greywater recycling: Treatment options and applications. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability*, 2007. 160(3): p. 119-131.
11. Chaillou, K., et al., *Bathroom greywater characterization and potential treatments for reuse. Water, Air, and Soil Pollution*, 2011. 215(1-4): p. 31-42.
12. De Gois, E.H.B., C.A.S. Rios, and R.N. Costanzi, *Evaluation of water conservation and reuse: A case study of a shopping mall in southern Brazil. Journal of Cleaner Production*, 2015. 96: p. 263-271.
13. DoH, W., *Code of practice for the reuse of greywater in Western Australia 2010.* Department of health Western Australia, Perth, Western Australia, Australia, 2010.
14. Eriksson, E. and E. Donner, *Metals in greywater: Sources, presence and removal efficiencies. Desalination,* 2009. 248(1-3): p. 271-278.
15. Jamrah, A., et al., *Evaluating greywater reuse potential for sustainable water resources management in Oman. Environmental Monitoring and Assessment,* 2008. 137(1-3): p. 315-327.
16. Mah, D.Y.S., et al., *A conceptual modeling of ecological greywater recycling system in Kuching city, Sarawak, Malaysia. Resources, Conservation and Recycling,* 2009. 53(3): p. 113-121.
17. Konsortium, I.W., Sewage Facts. 2012.
18. Li, F., K. Wichmann, and R. Otterpohl, *Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. Science of the Total Environment*, 2009. 407(11): p. 3439-3449.
19. Oh, K.S., et al., Optimizing the in-line ozone injection and delivery strategy in a multistage pilot-scale *greywater* treatment system: System validation and cost-benefit analysis. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2015. 3(2): p. 1146-1151.
20. Mohamed, M., et al. *Comparison of outcomes between SBRT, yttrium-90 radioembolization, transarterial chemoembolization, and radiofrequency ablation as bridge to transplant for hepatocellular carcinoma. in Advances in Radiation Oncology*. 2016.
21. de Koning, J., et al., *Characterisation and assessment of water treatment technologies for reuse*. Desalination, 2008. 218(1-3): p. 92-104.
22. Allen, L., J. Christian-Smith, and M. Palaniappan, *Overview of greywater reuse: the potential of greywater systems to aid sustainable water management*. Pacific Institute, 2010. 654(1): p. 19-21.

23. Finley, S., S. Barrington, and D. Lyew, *Reuse of domestic greywater for the irrigation of food crops. Water, air, soil pollution*, 2009. 199: p. 235-245.
24. Alkhatib, R., L. Roesner, and C. Marjoram. *An overview of graywater collection and treatment systems. in World Environmental and Water Resource Congress 2006: Examining the Confluence of Environmental and Water Concerns*. 2006.
25. Lenntech. *Grey water recycling and MBR. 2023 [cited 2023 16 May]; Available from*: https://www.lenntech.com/applications/irrigation/grey-water.htm.
26. Oh, K.S., et al., *Bathroom greywater recycling using polyelectrolyte-complex bilayer membrane: Advanced study of membrane structure and treatment efficiency. Carbohydrate Polymers*, 2016. 148: p. 161-170.
27. Prodanovic, V., et al., *Green walls for greywater reuse: Understanding the role of media on pollutant removal. Ecological Engineering*, 2017. 102: p. 625-635.
28. Masi, F., et al., *Green walls for greywater treatment and recycling in dense urban areas: A case-study in Pune. Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 2016. 6(2): p. 342-347.
29. Dixon, A., et al., *Measurement and modelling of quality changes in stored untreated grey water. Urban Water*, 2000. 1(4): p. 293-306.
30. Casanova, L.M., C.P. Gerba, and M. Karpiscak, *Chemical and microbial characterization of household graywater. Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 2001. 36(4): p. 395-401.
31. Birks, R., J. Colbourne, and R. Hobson, *Microbiological water quality in a large in-building, water recycling facility. Water Science and Technology*, 2004. 50(2): p. 165-172.
32. Birks, R. and S. Hills, *Characterisation of indicator organisms and pathogens in domestic greywater for Recyclin. Environmental Monitoring and Assessment*, 2007. 129(1-3): p. 61-69.
33. Gilboa, Y. and E. Friedler, *UV disinfection of RBC-treated light greywater effluent: Kinetics, survival and regrowth of selected microorganisms. Water Research*, 2008. 42(4-5): p. 1043-1050.
34. Pansonato, N., et al., *Solar disinfection for the post-treatment of greywater by means of a continuous flow reactor. Water Science and Technology*, 2011. 64(5): p. 1178-1185.
35. Ammari, T.G., et al., *An evaluation of the re-circulated vertical flow bioreactor to recycle rural greywater for irrigation under arid Mediterranean bioclimate*. Ecological Engineering, 2014. 70: p. 16-24.
36. Do Couto, E.D.A., et al., *Greywater production in airports: Qualitative and quantitative assessment. Resources, Conservation and Recycling*, 2013. 77: p. 44-51.
37. Friedler, E. and Y. Gilboa, *Performance of UV disinfection and the microbial quality of greywater effluent along a reuse system for toilet flushing. Science of the Total Environment*, 2010. 408(9): p. 2109-2117.
38. March, J.G. and M. Gual, *Studies on chlorination of greywater. Desalination*, 2009. 249(1): p. 317-322.
39. Gehr, R., et al., *Disinfection efficiency of peracetic acid, UV and ozone after enhanced primary treatment of municipal wastewater. Water Research*, 2003. 37(19): p. 4573-4586.
40. Friedler, E., et al., *Disinfection of greywater effluent and regrowth potential of selected bacteria. Water Science and Technology*, 2011. 63(5): p. 931-940.
41. Teh, X.Y., et al., *Decentralized light greywater treatment using aerobic digestion and hydrogen peroxide disinfection for non-potable reuse. Journal of cleaner production*, 2015. 99: p. 305-311.
42. Ronen, Z., A. Guerrero, and A. Gross, *Greywater disinfection with the environmentally friendly Hydrogen Peroxide Plus (HPP). Chemosphere*, 2010. 78(1): p. 61-65.
43. Winward, G.P., *Disinfection of grey water*. 2007.
44. Beck, S.E., et al., *Disinfection methods for treating low TOC, light graywater to California title 22 water reuse standards. Journal of Environmental Engineering* (United States), 2013. 139(9): p. 1137-1145.

PROFIL PENULIS



PROFESOR DR. MOHD AZMIER AHMAD

kini bertugas sebagai Pengarah di Pusat Penyelidikan Sains & Kejuruteraan (SERC). Beliau memperoleh Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan (B. Eng.) dan Sarjana Sains (M. Sc.) dalam Kejuruteraan Kimia dari Universiti Sains Malaysia (USM), dan Ijazah Kedoktoran (Ph.D.) dalam Kejuruteraan Tindak Balas dan Proses Pemisahan dari Universiti Malaya.

Minat penyelidikan Profesor Mohd Azmier Ahmad merangkumi Pyrolisis, Rawatan Air Sisa, Teknologi Penjerapan, dan Pemanfaatan Sisa. Penyelidikan yang dijalankan memberi fokus kepada rawatan termal sisa-sisa (biomass dan plastik) yang berjaya menghasilkan penyerap berfungsi baru dan biofuel. Penyerap yang disediakan mampu merawat air sisa yang mengandungi pencemar logam berat, bahan pencemar baru yang muncul, racun organoklorin, sisa farmaseutikal, pewarna, dan *greywater* melalui proses penjerapan. Kepakaran beliau selaras dengan Dasar Kebangsaan Alam Sekitar, rangka kerja 10-10 MySTIE, dan usaha mencapai SDG 6 dan SDG 14. Indeks H semasa beliau dalam SCOPUS adalah 38 dengan jumlah petikan keseluruhan sebanyak 4,164.

Email: *chazmier@usm.my*



DR. MOHAMAD FIRDAUS BIN MOHAMAD YUSOP

adalah seorang penyelidik pasca-doktor di Fakulti Kejuruteraan Kimia, Universiti Sains Malaysia (USM). Beliau memperoleh Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan (B. Eng.) dalam Kejuruteraan Kimia, Sarjana Sains (M. Sc.), dan Ijazah Kedoktoran (Ph.D.) dalam Teknologi Karbon dari Universiti Sains Malaysia. Bidang kepakaran beliau merangkumi Karbon Teraktif, Proses Penjerapan, Proses Pirolisis, Rawatan Air Sisa, dan Pemanfaatan Sisa.

Beliau telah menjadi penyelidik aktif sejak tahun 2018 dan karya-karyanya berkisar pada penghasilan penjerap untuk rawatan air sisa daripada pelbagai pencemar seperti pewarna sintetik, logam berat, pencemar baru yang muncul, antibiotik, dan racun serangga. Sehingga kini, beliau telah menerbitkan lebih daripada 20 Penerbitan Berindeks SCOPUS dengan Indeks H sebanyak 9 dan jumlah petikan keseluruhan sebanyak 208.

Email: *mfirdausyusop@yahoo.com;*
mfirdausyusop@usm.my







Sumber: NAHRIM

NAHRIM *GREYWATER TREATMENT SYSTEM* (N-GREY)

Dato' Ir. Dr. Hj. Nasehir Khan E.M. Yahaya
Dr. Suriyani Awang
Muhammad Azroie Mohamed Yusoff
ChM. Jamilah Karim
Dr. Noor Haza Fazlin Hashim
ChM. Nor Salmi Abdullah
Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM)

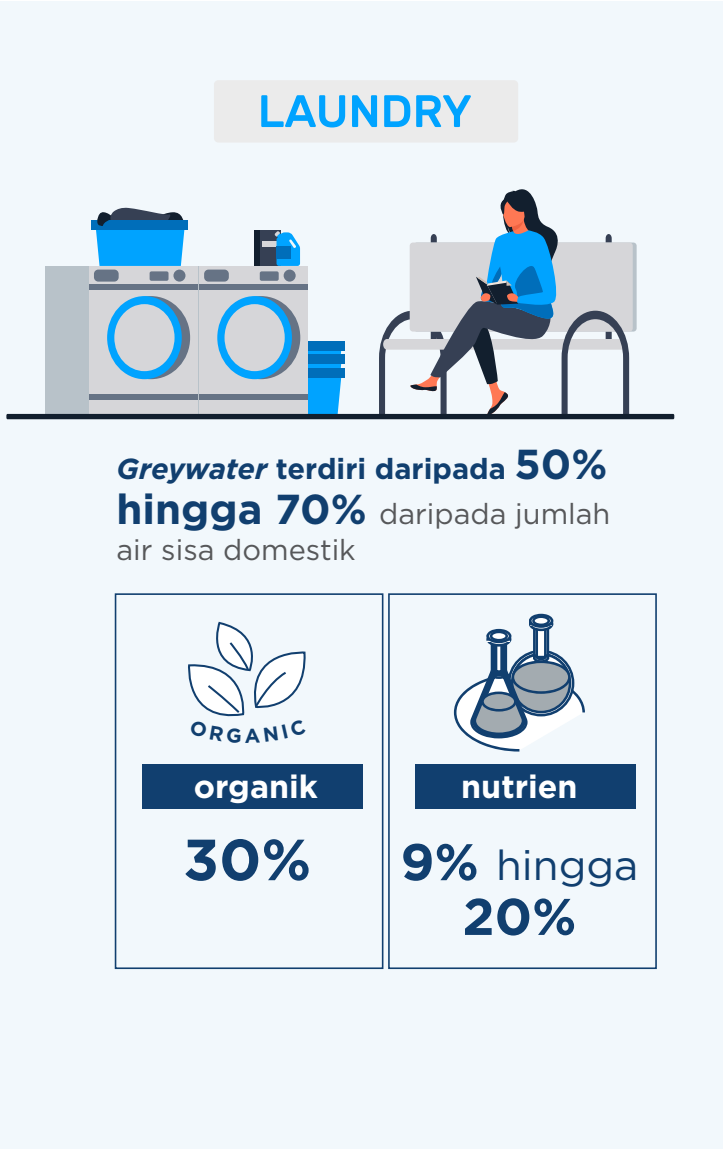
Abstrak

NAHRIM *GREYWATER TREATMENT SYSTEM* (N-GREY) telah dibangunkan oleh NAHRIM sebagai salah satu inovasi untuk merawat air sisa basuhan. Sistem rawatan N-GREY terdiri daripada tiga peringkat penapisan iaitu penapisan sedimen (penapis utama), diikuti penapisan mikro dan akhirnya penapisan ultra. Penapis utama menggabungkan lima bahan penapis media dalam satu silinder penapis bagi meningkatkan kualiti *greywater*. Objektif utama kajian rintis ini adalah untuk merawat dan mengitar semula air sisa basuhan dari premis kedai dobi bagi mengurangkan penggunaan air. Sistem ini dipasang di kedai dobi komersial selama selama 4 bulan. Sampel air basuhan sebelum dan selepas rawatan dikumpul dan dianalisis. Keputusan menunjukkan N-GREY menyingkirkan 86% Aluminium, 79% Fosfat, 50% Kekerasan, 14% Fluorida, 13% Besi dan 5% Klorida.

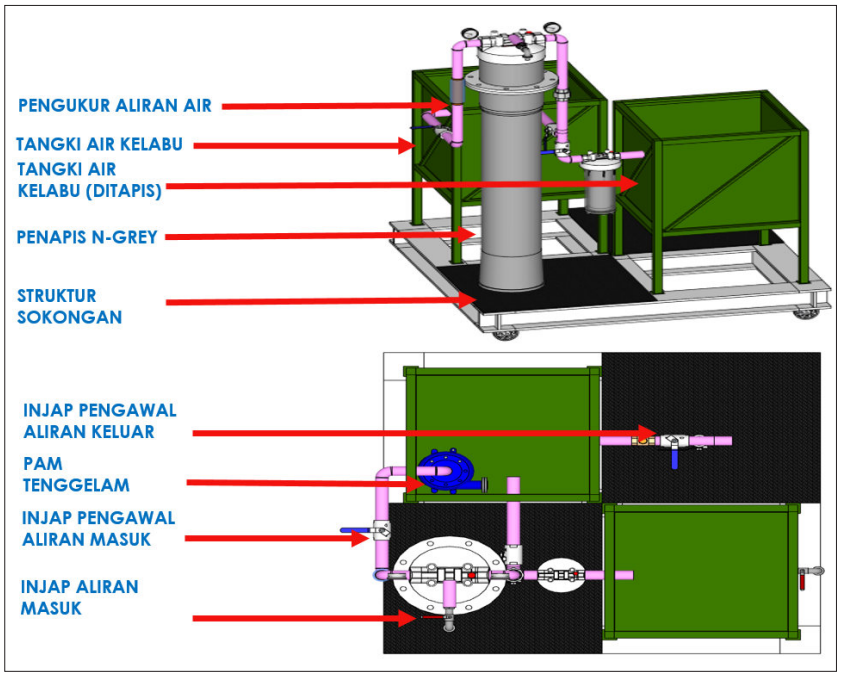
Kata kunci: *Greywater*; rawatan, penapisan

Pengenalan

Menurut Jabatan Alam Sekitar *greywater* ditakrifkan sebagai air sisa tanpa sebarang input daripada tandas yang kebanyakannya berasal dari sinki dapur, mesin basuh, bilik mandi, restoran, pasar basah, dan pusat mencuci kereta [1]. Jumlah *greywater* berkadar langsung dengan penggunaan air oleh penduduk dan peralatan yang digunakan didalam isi rumah. *Greywater* merangkumi 50% hingga 70% daripada jumlah air sisa domestik yang mana 30% daripadanya adalah pecahan organik dan 9% hingga 20% adalah nutrien [2]. Air sisa yang mengandungi kepekatan bahan pencemar yang tinggi sepatutnya tidak dibenarkan mengalir masuk ke dalam sistem sungai tanpa sebarang rawatan [3]. Walau bagaimanapun, tiada piawaian antarabangsa untuk mengawal kualiti *greywater* bagi tujuan penggunaan semula. Namun demikian, beberapa negara seperti Australia, Amerika Syarikat, United Kingdom, Israel dan Kanada telah berjaya membangunkan garis panduan kualiti *greywater* sendiri. *Greywater* mempunyai potensi yang besar untuk dikitar semula kerana kuantitinya yang banyak. Kesesuaian tahap rawatan *greywater* yang diperlukan bergantung kepada tujuan penggunaannya. Sebagai contoh, *greywater* bagi tujuan pengairan dan siraman boleh digunakan semula selepas melalui penapisan pasir tanpa rawatan lanjut. Secara asasnya rawatan utama *greywater* terdiri daripada rawatan biologi, kimia, fizikal atau rawatan intensif pembasmian kuman.



Penerangan Sistem N-Grey



Rajah 1: Sistem N-GREY



Gambar 1: Sistem N-GREY

Objektif

Secara keseluruhannya, objektif utama pembangunan produk N-GREY adalah untuk merawat sisa *greywater* untuk digunakan semula sebagai punca air alternatif yang boleh membantu masyarakat setempat yang mengalami masalah kekurangan punca air dan dapat mengurangkan beban dan kebergantungan sumber air pada Loji Rawatan Air (LRA). Ia secara tidak langsung akan mengalakkan pemuliharaan air dan menggalakkan amalan pengurusan air yang lestari.

Fungsi Utama

N-GREY berfungsi merawat *greywater* untuk penggunaan semula dan mengurangkan kandungan bahan pencemar dalam *greywater*.

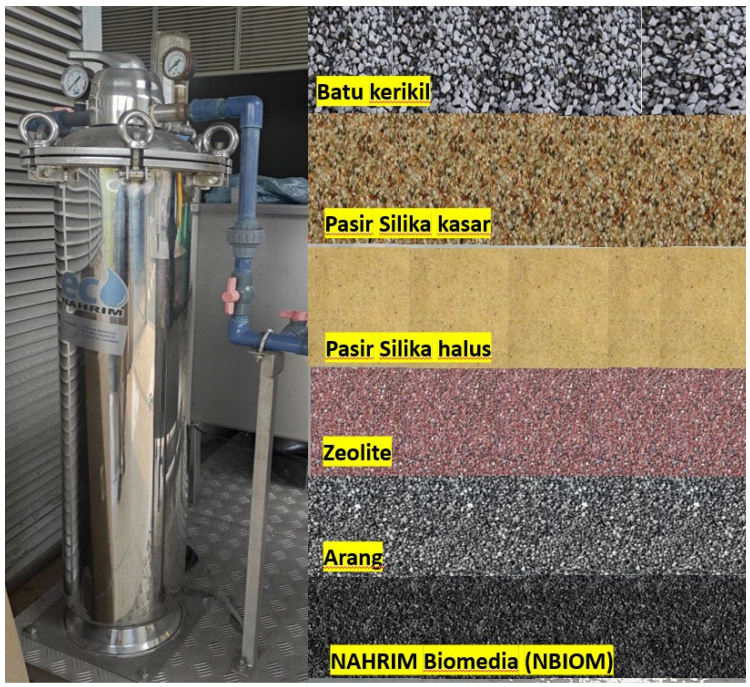
Reka Bentuk Sistem

SYSTEM CAPACITY	**UNIT**
Flow Rate	4.5 m^3/hr
Greywater Storage	0.125 m^3
Treated Water Storage	0.125 m^3
Pump Head	15 m @ 0.7 kW
Filter Volume Capacity	2.07 m^4 of *water*
Pressure Rating	*Up to* 10 bar
Temperature Resistance	*Up to* 65°C
Corrosion Resistance	*Up to* 15 *years*
Pore size	0.01 micron
UV sterilizer	16W

Sistem Penapisan

Jadual 1: Kategori penapisan dan fungsi.

GUARD FILTER 1 – PENAPISAN MIKRO	PENAPISAN SEDIMEN	GUARD FILTER 2 – PENAPISAN MIKRO	PENAPISAN ULTRA - MEMBRANE
5 mikron PP Menyingkirkan partikel dan mengurangkan beban penapis pada penapis sedimen	Mesh size 8 x 16 (3 – 10 mm batu kerikil, pasir silica kasar, pasir silica halus, *zeolite*, arang, NBIOM) Menghilangkan bau, kekerasan air, perangkap logam berat, klorin, mikrob dan partikel.	5 mikron PP Menyingkirkan partikel yang melepasi penapis sedimen Mengurangkan beban pada penapis ultra *(membrane)*	0.01 micron PAN *(polyacrylonitrile)* Menyingkirkan warna daripada *zeolite*, bakteria, mikrob dan partikel bersaiz mikron



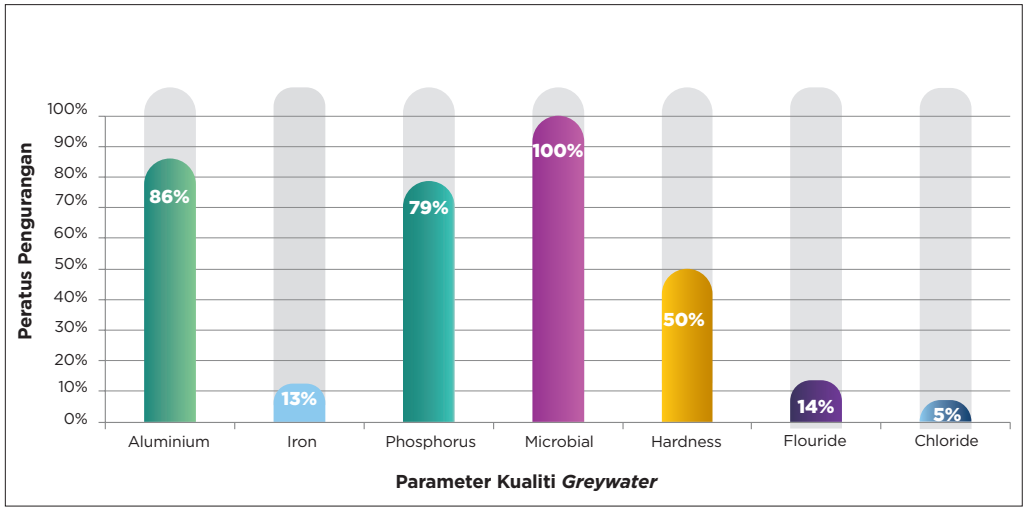
Rajah 2: Penapis Sedimen

Kajian Awalan

Pemasangan N-GREY di Mumsdobby, Bandar Baru Bangi, Selangor



Gambar 2: Pemasangan N-GREY di tapak



Carta 1: Keberkesanan Sistem N-GREY

Keputusan

Hasil keputusan mendapati N-GREY terbukti berkesan untuk menyingkirkan 86% Aluminium, 79% Fosfat, 50% Kekerasan, 14% Fluorida, 13% Besi dan 5% Klorida.

Kesimpulan

Produk N-GREY bagi tujuan rawatan *greywater* secara keseluruhan mencapai objektif dan berjaya dilaksanakan. Sistem ini telah dinaik taraf dengan penapisan ultra dan pensteril ultra ungu untuk meningkatkan sistem rawatan.

Rujukan

1. DOE IMPAK, *Untreated Sullage: A challenge to the Rehabilitation of Rivers in Malaysia*, Issue 3 / 2006
2. Fountoulakis, M. S., Markakis, N., Petousi, I., & Manios, T. (2016). *Single house on-site grey water treatment using a submerged membrane bioreactor for toilet flushing. Science of the total environment*, 551, 706-711.
3. Eriksson, E., Andersen, H. R., Madsen, T. S., & Ledin, A. (2009). *Greywater pollution variability and loadings. Ecological engineering*, 35(5), 661-669.
4. Suriyani Awang, Nasehir Khan E.M. Yahaya, Ismail, M. S. N., Ramli, M. D., Ahmad M. A. (2021), *Greywater Treatment System Design for Domestic Application in Malaysia, Malaysia water Research Journa*l.

PROFIL PENULIS



DATO' IR. DR. NASEHIR KHAN BIN E.M. YAHAYA

- Pengarah Makmal Kualiti Air (MKA)
- Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam (UPM, 1989)
- Ijazah Sarjana Sains (Kejuruteraan Sungai dan Sumber Air) (USM, 2000),
- Ijazah Doktor Kejuruteraan Awam (Kajian Kualiti Air dan Udara) (USM, 2011)
- Bidang kepakaran: Kejuruteraan Sumber Air dan Persekitaran dan Kejuruteraan Sungai
- Tesis PhD: *Production of Rice Husk Activated Carbon for Improving Urban Dry Weather Flow Quality at* Sungai Pinang Basin
- Tempoh Perkhidmatan: 30 tahun



DR. SURIYANI BINTI AWANG @ ABDULLAH

- Pegawai Penyelidik Q52
- Ijazah Sarjana Muda Sains Alam Sekitar (UKM, 1998)
- Ijazah Doktor Falsafah Sains Persekitaran (University of East Angila, 2015)
- Bidang kepakaran: *Tidal River/ Estuary Water Quality* dan *River Water Quality Modelling*
- Tesis PhD: *A Water Quality Study of the Selangor River Malaysia*
- Tempoh Perkhidmatan: 25 tahun



DR. JAMILAH BINTI KARIM

- Pegawai Penyelidik Q48(M)
- Ijazah Sarjana Muda Sains Gunaan (Kimia Industri) (USM, 2007)
- Ijazah Sarjana Kimia) (UKM, 2011)
- Bidang kepakaran: *Water Quality Analysis, Endocrine Disrupting Chemical, Nanocomposite)*
- Tempoh Perkhidmatan: 8 tahun



MUHAMMAD AZROIE BIN MOHAMED YUSOFF

- Pegawai Penyelidik Q48
- Ijazah Sarjana Muda Sains (Mikrobiologi) (UM, 2009)
- Ijazah Sarjana Sains Mikrobiologi (UM, 2015)
- Bidang kepakaran: *Microbiology, Bioflocculant, Essential Oil (Plants) Extraction*
- Tempoh Perkhidmatan: 14 tahun



DR. NOOR HAZA FAZLIN BINTI HASHIM

- Pegawai Penyelidik Q47
- Ijazah Sarjana Muda (Kepujian) Sains (Microbiologi) (UKM, 2005)
- Ijazah Sarjana Sains (Molekular Biologi) (UKM, 2009)
- Ijazah Doktor Falsafah Mikrobiologi (UKM,2014)
- Bidang kepakaran: *Antimicrobial Resistance in Water Bodies, Microbial Enzyme Bioremediation, Environmental Microbiology*
- Tesis PhD: *Functional analysis of Antifreeze Proteins from Glaciozyma antarctica*
- Tempoh Perkhidmatan: 6 tahun



NOR SALMI BINTI ABDULLAH

- Pegawai Penyelidik Q44
- Ijazah Sarjana Muda Kimia (UM, 2005)
- Ijazah Sarjana Sains (Kimia Organik Fizik) (UM, 2010)
- Bidang kepakaran: *Water Quality Analysis, Method Development & Validation, Water Treatment*
- Tempoh Perkhidmatan: 9 tahun









Sumber: NAHRIM

LOJI RAWATAN *GREYWATER* (SWTP) LORONG BUNUS, *RIVER OF LIFE* (ROL)

Ir. Hj. Mohd Azmin Hussin
Ir. Nor Faezah Rozaini
Ir. Sandra Ligong
Ir. Ts. Mohd Rizal Firdaus Wahhit
Jabatan Pengairan Dan Saliran Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur (JPS WPKL)

Abstrak

Sullage Water Treatment Plant (SWTP) Lorong Bunus *Pakej River of Life* (RoL) 1C & 1D yang terletak bersebelahan pusat jualan borong JAKEL dan Jalan Munshi Abdullah Kuala Lumpur adalah salah satu daripada 3 Pakej RoL Fasa 2. Tujuan ia dibina adalah untuk merawat *greywater* dari restoran, pusat dan lain-lain deretan premis perniagaan berhampiran. Air yang telah dirawat oleh SWTP ini, akan dilepaskan ke sungai berhampiran iaitu Sungai Klang. Komponen utama bagi *SWTP* secara amnya terdiri daripada tangki pam, tangki pasir dan gris, *blowers room*, dan biomedia yang juga mengandungi *clarifier, sludge thickener* dan *sludge holding tank*. Rawatan *greywater* ini menggunakan pendekatan semulajadi dengan kaedah pembiakan mikrob melalui penggunaan biomedia (tanpa sebarang tambahan bahan kimia). Pemantauan ke atas kualiti air di SWTP Lorong Bunus yang telah dirawat secara berkala (bulanan) yang bermula pada tahun 2021 dan 2022 selaras dengan *outcome* projek ini iaitu kualiti air efluen dari *SWTP* mencapai *Water Quality Index* (*WQI*) 76.5-92.7 (Kelas IIB). Dapatan daripada pemantauan mendapati peningkatan kualiti air meningkat sebanyak 44% secara purata pada tahun 2021 dan 38% pada tahun 2022. Selain itu, data persampelan kualiti air yang direkodkan juga menunjukkan terdapat bacaan *WQI* yang mencapai Kelas I iaitu pada bulan Februari tahun 2021 (92.7), Mei tahun 2022 (94.7) dan Ogos tahun 2022 (94.3).

Kata kunci: RoL, SWTP, *Greywater*, *WQI*

Latar belakang

The River of Life (RoL) ialah Projek Permulaan *(Entry Point Project - EPP*) yang dikenal pasti di Kawasan Ekonomi Utama Negara (NKEA) *Greater* Kuala Lumpur / Lembah Klang di bawah Program Transformasi Ekonomi (*ETP*) Rancangan Malaysia Ke-10. RoL bertujuan untuk meningkatkan kualiti air sungai daripada Kelas III (*WQI* = 54) pada Tahun 2010 kepada kelas IIB, memulihkan dan memelihara Sungai Klang dan Sungai Gombak serta persekitarannya seiring dengan status bandaraya lestari. Sebagai bandaraya berkepadatan tinggi, lembangan Sungai Klang terdedah kepada isu alam sekitar akibat aktiviti pembangunan dan sosio-ekonomi yang pesat. Kemerosotan kualiti air adalah salah satu isu yang dihadapi di lembangan Sungai Klang.

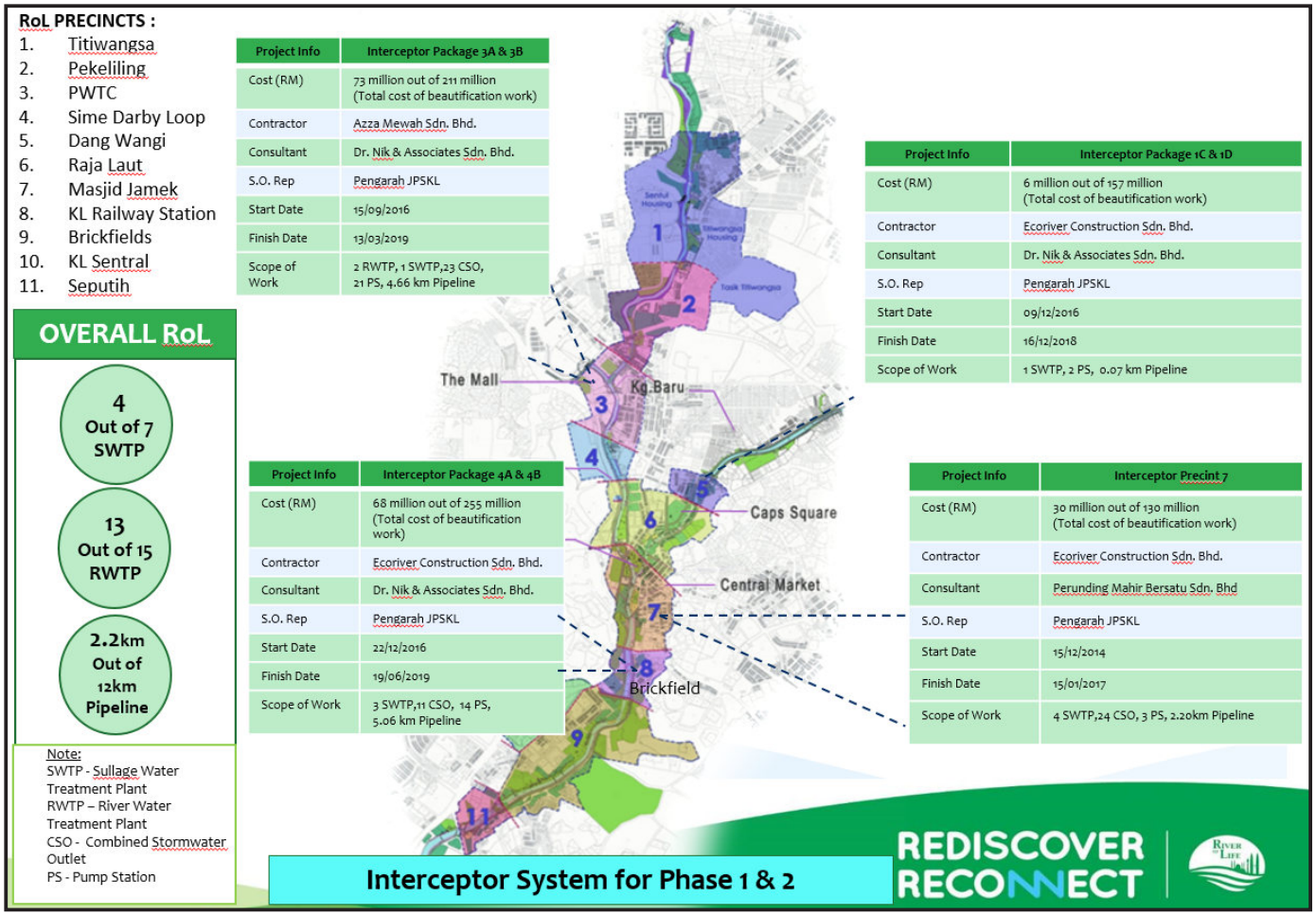
Kualiti air Sungai Klang telah terjejas disebabkan oleh pencemaran daripada kelodak sisa pepejal, pembuangan efluen daripada penempatan, *greywater (sullage water)*, dan sisa dari premis perniagaan seperti pasar basah, kedai makan, industri serta sisa pembinaan haram. Bagi meningkatkan kualiti air sungai, kerja-kerja struktur seperti menaik taraf loji rawatan pembetungan, pembinaan loji rawatan air sisa, kolam tadahan dan perangkap pencemar kasar (GPT) telah dikenal pasti dan telah siap dibina.

Pembangunan pesat dan tidak terkawal di Lembah Klang, menyebabkan Sungai Klang disalahguna sebagai tapak pembuangan. Berdasarkan rekod purata sampah yang dikutip oleh Pejabat Lembangan Sungai Klang (PLSK) melalui komponen pembersihan yang terdapat di dalam sistem sungai kita seperti *logboom, trash rack, trash screen* dan *Gross Pollutant Trap (GPT), ia* berjumlah 60.0 tan sebulan Sudah pastinya kos penyelenggaraan bukanlah percuma dan ianya menelan jutaan ringgit setahun bagi memulihkan sungai yang telah dicemari. Sebagai contoh, pada tahun 2022 sahaja JPS WPKL telah diperuntukan sebanyak RM70.0 juta untuk melaksanakan penyelenggaraan sungai dan kolam termasuk kerja-kerja pembersihan sampah (PLSK 2022).

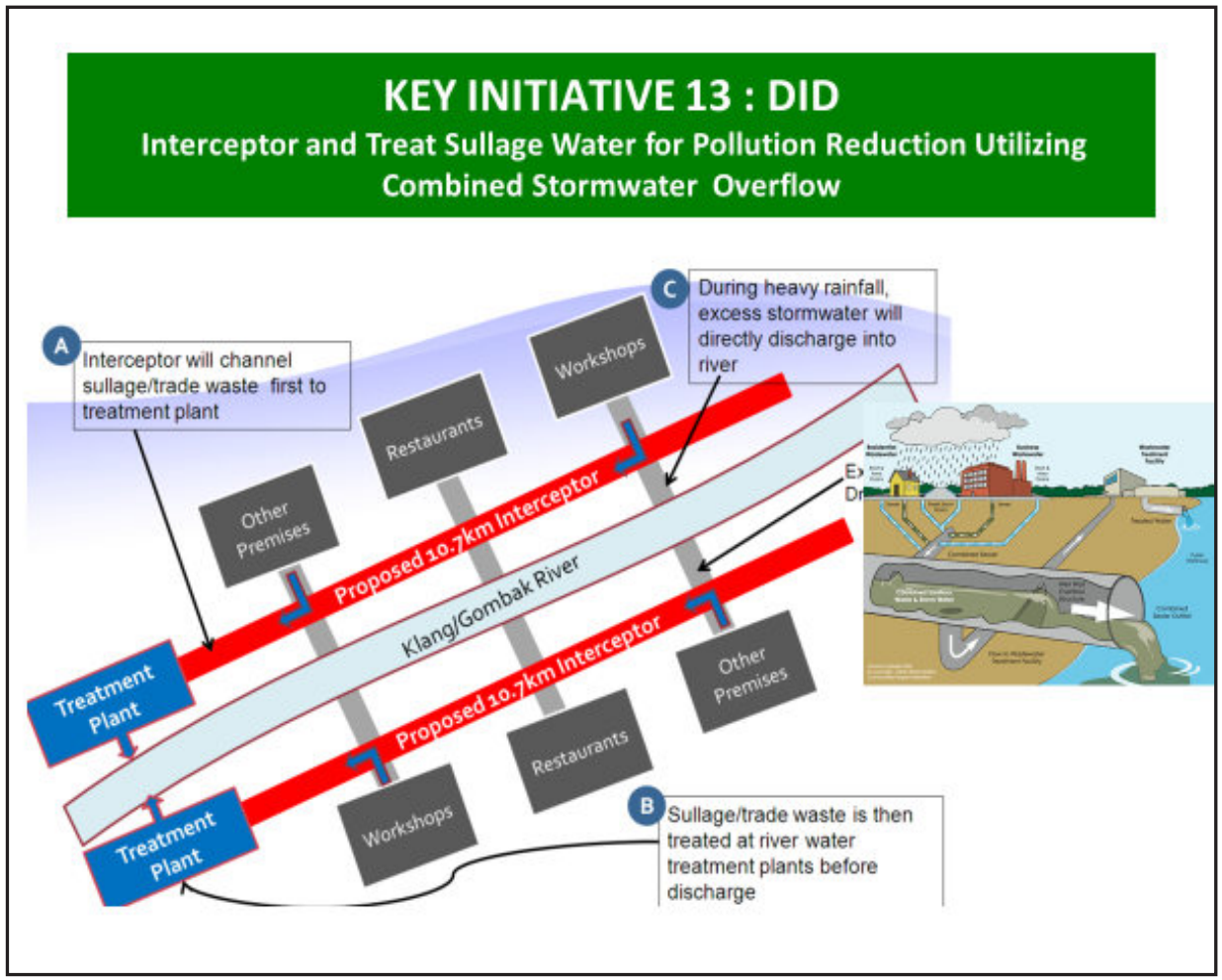
Pengenalan

Bahan pencemar yang dibawa oleh air larian permukaan dianggap sebagai penyumbang utama dalam kemerosotan kualiti air sungai. Bahan pencemar yang boleh dilihat secara mata kasar seperti sampah sarap, bahan buangan organik (daun dan ranting kayu) dan sebagainya boleh disinkirkan dengan menggunakan beberapa kaedah pemasangan struktur seperti perangkap sampah *(log boom)*, dan *Gross pollutant trap (GPT)*. Kebanyakan bahan pencemar ini boleh diketahui puncanya *(point sources)*. Walau bagaimanapun, terdapat bahan pencemar yang tidak diketahui punca *(non-point sources)* yang dikategorikan sebagai *greywater*. Bahan pencemar ini ialah air sisa atau buangan dari dapur-dapur restoran, sinki dan premis mencuci kereta serta dobi. Bahan pencemar terkumpul ini bukan sahaja tidak menarik daripada segi estetik, tetapi juga menjejaskan alam sekitar, menggangu gugat keseimbangan semulajadi, dan menghalang keupayaan hidraulik sistem saliran bandar [1].

Dalam merawat bahan pencemar *greywater*, Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) bersama-sama Jabatan Wilayah Persekutuan (JWP) dan Dewan Bandaraya Kuala Lumpur (DBKL) telah melaksanakan inisiatif ke-13 RoL di mana loji rawatan *greywater* (*Sullage water treatment plant,* SWTP) telah dibina. Terdapat 3 Pakej SWTP RoL Fasa 2 iaitu di Pakej 1C&1D, Pakej 4A&4B dan Pakej 3A&3B (rujuk **Rajah 1**). Rekabentuk terperinci bagi ketiga-tiga Pakej SWTP tersebut adalah berbeza mengikut keperluan teknikal dan kesesuaian tapak. Walau bagaimanapun konsep rawatan *greywater* ini adalah sama dimana ianya dirawat terlebih dahulu dalam SWTP sebelum dilepaskan semula ke sungai sebagaimana dipaparkan dalam **Rajah 2**. Konsep ini menggunakan kaedah rawatan semulajadi (tanpa bahan kimia) dengan menggunakan bakteria yang dibiakkan dalam perumah (biomedia) untuk merawat bahan pencemar *greywater*.



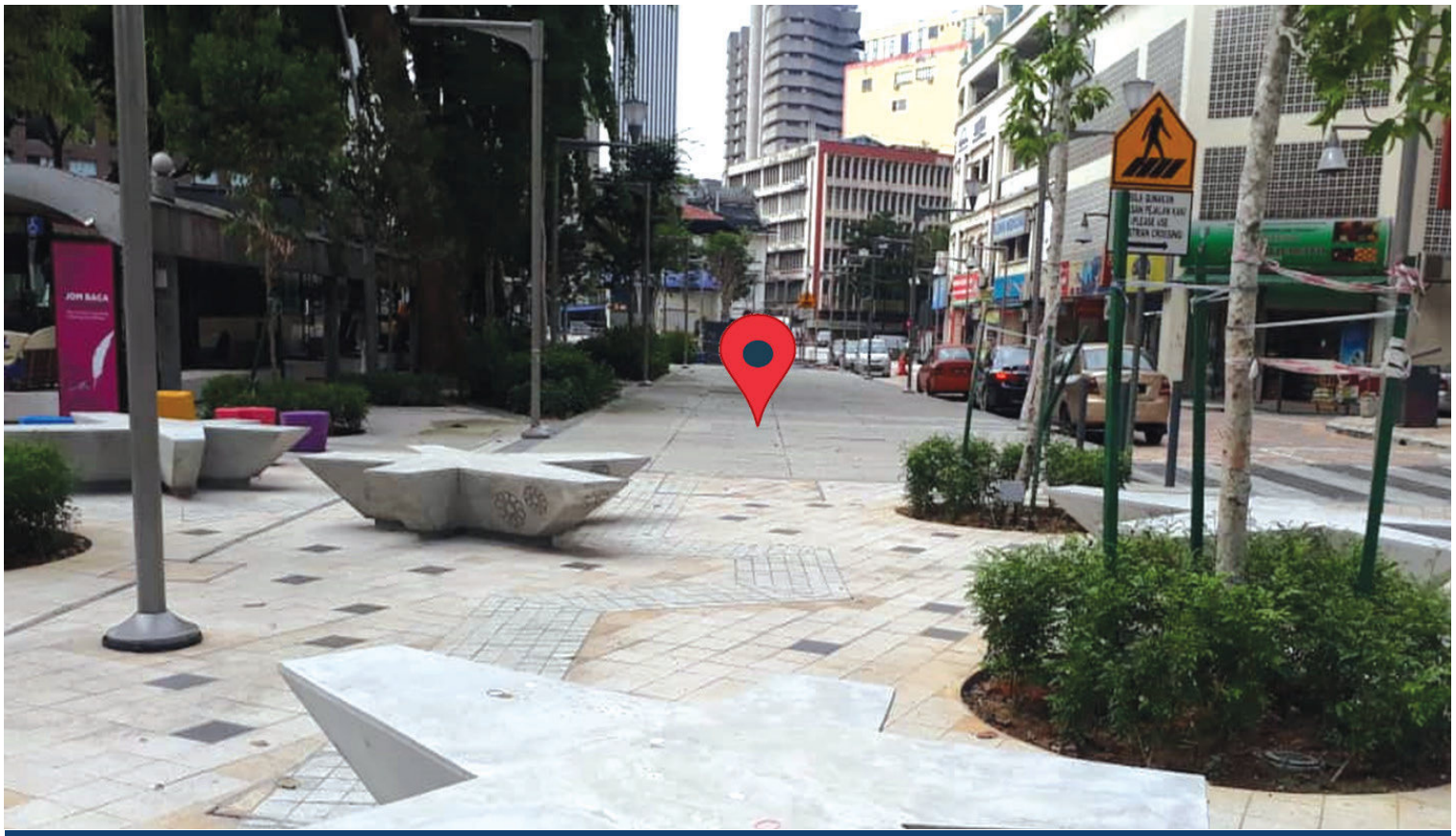
Rajah 1: Projek *Interceptor System* fasa 1 & 2 ROL



Rajah 2: Konsep Rawatan *SWTP*

Sullage Water Treatment Plant (*SWTP*) Lorong Bunus

Pembinaan SWTP Lorong Bunus merupakan sebahagian daripada skop Projek Pembinaan Sistem Interceptor Fasa 2 Pakej 1C&1D yang telah siap dibina pada 9 Disember 2020 dengan kos berjumlah sekitar RM11 juta. JPS Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur telah diamanahkan untuk meneruskan peranan melaksanakan operasi dan penyelenggaraan sistem rawatan air ini oleh Jabatan Wilayah Persekutuan (JWP) selaku pemilik projek. Lokasi SWTP Lorong Bunus terletak di bawah tanah *(underground structure)* bersebelahan Pusat Pemborong Jakel dan Jalan Munshi Abdullah dengan saiz 60.05m (panjang) x 6.50m (lebar) x 5.50m (tinggi) seperti dalam **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 1: Lokasi *SWTP* Lorong Bunus bersebelahan Jalan Munshi Abdullah.



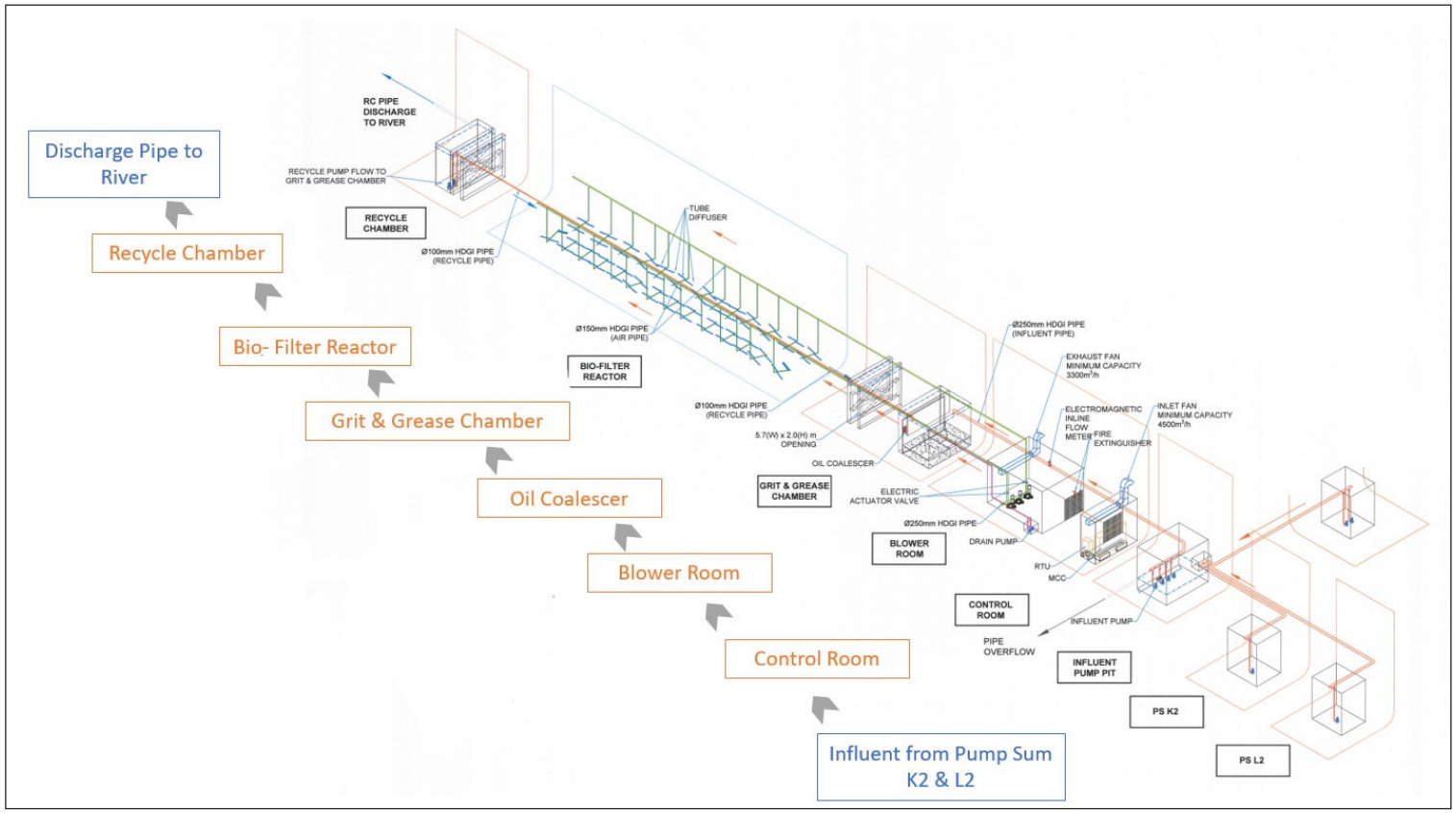
Gambar 2: Lokasi *SWTP* Lorong Bunus bersebelahan Jalan Munshi Abdullah

SWTP Lorong Bunus adalah sebahagian daripada skop Sistem *Interceptor* yang merawat bahan pencemar *greywater* (influen) yang dikumpulkan di dalam *pump sump* K2 dan L2. Seterusnya influen terkumpul tersebut akan memasuki struktur *SWTP* dengan melalui jajaran paip *(pipelines)* untuk dirawat terlebih dahulu dan kemudian dilepaskan ke Sungai Klang berhampiran. Komponen utama bagi *SWTP* secara amnya terdiri daripada *control panel room*, tangki pasir dan gris, *tangki oil coalescer, blowers room, bio-filter reactor* seperti proses rawatan yang dijelaskan dalam **Rajah 3**.

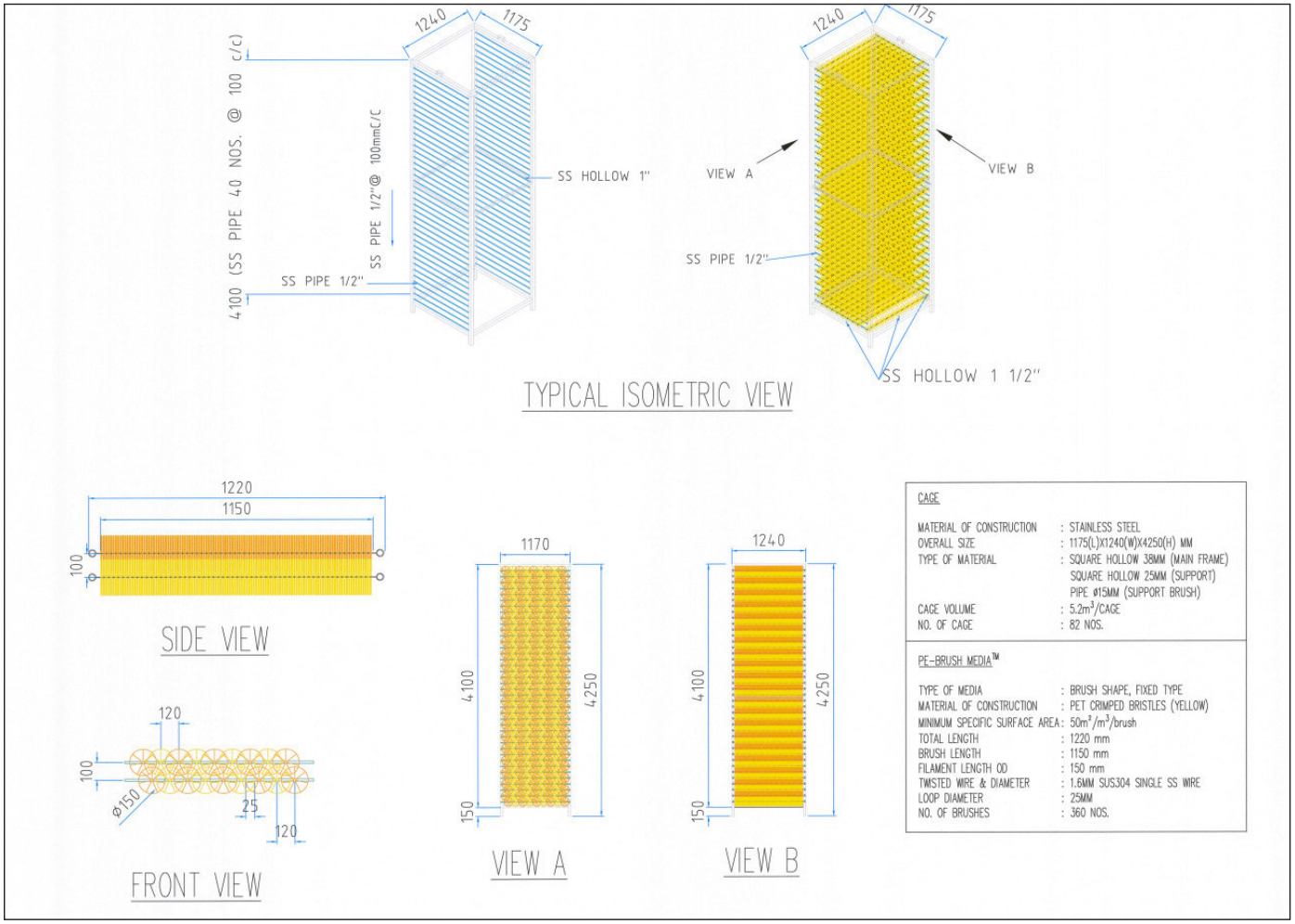
Biomedia yang digunakan dalam *SWTP* ini adalah *brush shape fixed type* yang diperbuat daripada material *pet crimped bristles (yellow)* dengan permukaan yang luas untuk memerangkap mikrob seperti **Rajah 4** dan **Gambar 3**. Jumlah mikrob tersebut ditentukan oleh kadar beban media organik (*organic loading rate media)* yang tinggi demi menentukan saiz yang optimum untuk pembinaan sistem rawatan. Biomedia memerlukan pengudaraan dari sistem *Aerator* secukupnya bagi memastikan mikrob dapat merawat bahan pencemar yang mengandungi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Ammoniacal Nitrogen* (*AN*) dengan lebih cekap dan berkesan. Proses penapisan dalam tangki pasir dan gris pula adalah bagi mengasingkan minyak/gris yang terapung. **Rajah 5** menunjukkan lukisan *layout details* pembinaan *SWTP* Lorong Bunus.



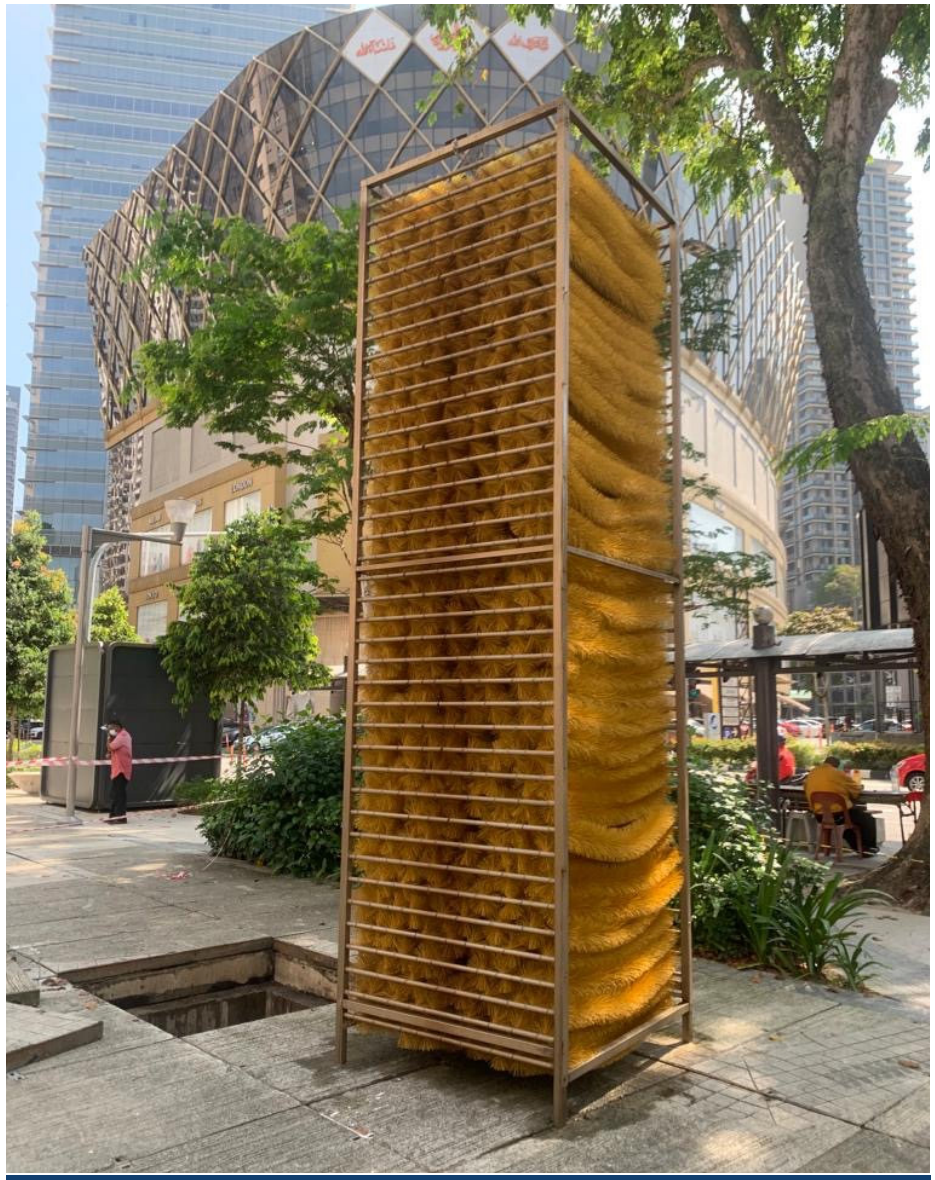
Sumber: NAHRIM



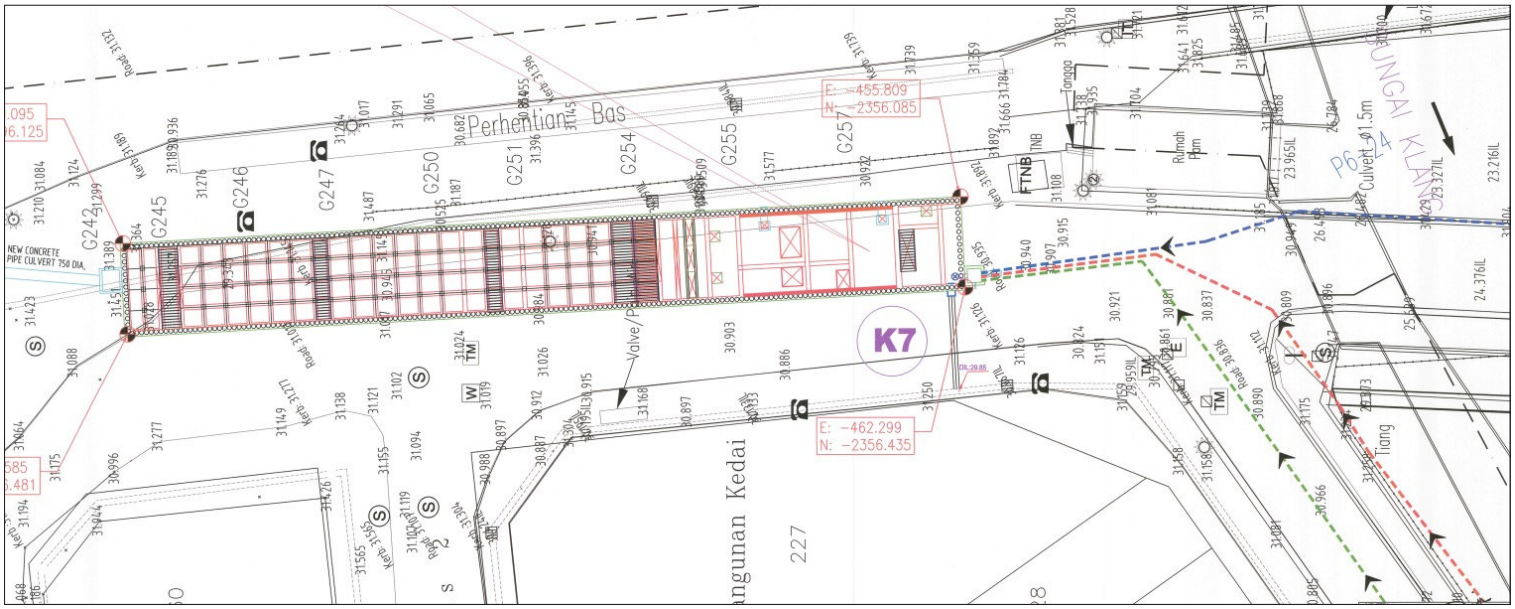
Rajah 3: *Isometric View* bagi Proses Rawatan Bahan Pencemar *Greywater* dalam *SWTP* Lorong Bunus
Sumber: Lukisan *As-Built* projek 1C1D *SWTP Type2*



Rajah 4: Lukisan Jenis Biomedia yang digunakan dalam *SWTP* Lorong Bunus
Sumber: Lukisan *As-Built* projek 1C1D *SWTP Type*2



Gambar 3: Jenis Biomedia yang digunakan dalam *SWTP* Lorong Bunus



Rajah 5: Lukisan *Layout SWTP* Lorong Bunus
Sumber: Lukisan *As-Built* projek 1C1D *SWTP Type2*

Selepas projek ini siap sepenuhnya, kerja-kerja operasi dan penyelenggaraan telah dijalankan bagi memastikan sistem interceptor yang dibina boleh berfungsi sebagaimana direkabentuk. **Gambar 4** dan **Gambar 5** menunjukkan keadaan *SWTP* Lorong Bunus semasa kerja operasi dan penyelenggaraan dilakukan.





Gambar 4: Influen dalam *Pump Sump* L2 dan K2 semasa kerja penyelenggaraan dilakukan.





Gambar 5: Kerja-kerja operasi dan penyelenggaraan sedang dijalankan di tangki *oil coalescer* serta *bio-filter reactor.*

Kualiti Air Sungai

Menurut sumber [2], kualiti air sungai yang baik adalah penting untuk ekosistem sungai yang sihat. Terdapat beberapa keadaan yang perlu dipatuhi untuk membantu hidupan akuatik hidup sihat di dalam sungai. Keadaan yang dimaksudkan adalah berkaitan keperluan mematuhi had parameter yang telah ditetapkan bagi kualiti air sungai. Pengelasan ujian ke atas kualiti air boleh dibahagikan kepada tiga (3) kumpulan iaitu berdasarkan kepada ciri-ciri fizikal, kimia dan biologi. Pemantauan kualiti air berdasarkan kepada tiga (3) pengelasan tersebut secara berterusan dapat mengekalkan tahap kualiti air yang baik. Pemilihan parameter untuk persampelan air sungai juga bergantung kepada tujuan dan objektif persampelan dilaksanakan [3].

Indeks Kualiti Air (*Water Quality Index - WQI*)

Water Quality Index (WQI) ialah *non-unit less number* yang berjulat daripada 0 hingga 100. Nombor indeks yang lebih tinggi menunjukkan bahawa kualiti air berada dalam keadaan yang terbaik. Dalam penilaian kualiti air, indeks berangka (*numerical index*) digunapakai sebagai kaedah (*tool*) penentuan kualiti air. Tujuan *WQI* adalah untuk menukar sejumlah besar data kualiti air kepada satu digit yang mudah difahami secara kumulatif yang menunjukkan tahap kualiti air. Selain itu [4], tujuan *WQI* adalah untuk meringkaskan sejumlah besar data kualiti air untuk sungai tertentu kepada istilah mudah iaitu satu nombor dan pernyataan seperti "baik". Secara asasnya kualiti air sungai diukur dan dianalisis berdasarkan kepada enam (6) parameter iaitu Jumlah Pepejal Terampai (*TSS*), Oksigen Terlarut (DO), pH, Permintaan Oksigen Biokimia (BOD), Permintaan Oksigen Kimia (COD) dan Ammonia Nitrogen (NH_3-N).

Indeks Kualiti Air *SWTP* (*WQI SWTP*)

SWTP Lorong Bunus (RoL Pakej 1C&1D) merawat bahan pencemar *greywater* yang dilepaskan daripada kawasan yang berhampiran (tidak termasuk air kumbahan) sebelum ia dialirkan ke sungai. Oleh kerana air yang dirawat oleh *SWTP* ini akan dilepaskan ke dalam sungai (*final discharge*) parameter kualiti air yang diukur dan dianalisis adalah berdasarkan kepada enam (6) parameter asas iaitu BOD, COD, DO, pH, NH_3-N dan TSS. Kesemua parameter kualiti air ini perlu dibandingkan dengan Kualiti Air Kebangsaan Untuk Malaysia *(Malaysian National Water Quality Standard, MNWQS).*

MNWQS adalah piawaian yang dikeluarkan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) sebagai panduan kepada penentuan kelas kualiti air. Tahap kualiti air boleh dikategorikan mengikut kelas parameter yang telah ditetapkan di dalam *MNWQS*. Kelas parameter kualiti air ini dikelaskan sebagai Kelas I, II, III, IV & V (rujuk **Jadual 2**) termasuk kegunaan air bagi kelas-kelas tersebut (rujuk **Jadual 4**) [5]. Dengan menggunakan sub-indeks bagi setiap parameter iaitu SI_{DO}, SI_{COD}, SI_{BOD}, SI_{AN}, SI_{SS}, SI_{pH} (rujuk **Jadual 1 & 3**) *WQI* bagi air yang telah dirawat oleh *SWTP* ini dikelaskan menggunakan rumus seperti berikut:

$$WQI = (0.22 \times SI_{DO}) + (0.19 \times SI_{BOD}) + (0.16 \times SI_{COD}) + (0.15 \times SI_{AN}) + (0.16 \times SI_{SS}) + (0.12 \times SI_{pH}) \quad (4.1)$$

Jadual 1: Persamaan Kesesuaian Terbaik untuk Sub-indeks (*The Best Fit Equations for Sub-index*) [5].

i) *Sub-index for DO (in % saturation)*: SI_{DO}		
SIDO =	0	*for* $x \leq 8\%$
=	100	*for* $x \geq 92\%$
=	$-0.395 + 0.030\ x^2 - 0.00020\ x^3$	*for* $8\% < x < 92\%$
ii) *Sub-index for BOD: SIBOD*		
SIBOD =	$100.4 - 4.23x$	*for* $x \leq 5$
=	$108e^{-0.055x} - 0.1$	*for* $x > 5$
iii) *Sub-index for COD: SICOD*		
SICOD =	$-1.33x + 99.1$	*for* $x \leq 20$
=	$103e^{-0.0157x} - 0.04x$	*for* $x > 20$
iv) *Sub-index for NH^3: SIAN*		
SIAN =	$100.5 - 105x$	*for* $x \leq 0.3$
=	$94e^{-0.573x} - 5\ (x-2)$	*for* $0.3 < x < 4$
v) *Sub-index for SS: SISS*		
SISS =	$97.5e^{-0.00676x} + 0.05x$	*for* $x \leq 100$
=	$71e^{-0.00676x} - 0.015x$	*for* $100 < x < 1000$
=	0	*for* $x \geq 1000$
vi) *Sub-index for pH: SIpH*		
SIpH =	$17.2 - 17.2x + 5.02x^2$	*for* $x < 5.5$
=	$-242 + 95.5x - 6.67x^2$	*for* $5.5 \leq x < 7$
=	$-181 + 82.4x - 6.05x^2$	*for* $7 \leq x < 8.75$
=	$536 - 77.0x + 2.76x^2$	*for* $x \geq 8.75$

Jadual 2: Pengelasan Indeks Kualiti Air [5].

PARAMETERS	**UNIT**	***CLASSES***				
		I	**II**	**III**	**IV**	**V**
Ammoniacal Nitrogen	mg/l	< 0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 0.9	0.9 - 2.7	> 2.7
BOD_5	mg/l	< 1	1 - 3	3 - 6	6 - 12	> 12
COD	mg/l	< 10	10 - 25	25 - 50	50 - 100	> 100
DO	mg/l	> 7	5 - 7	3 - 5	1 - 3	< 1
pH		> 7	6 - 7	5 - 6	< 5	> 5
TSS	mg/l	< 25	25 - 50	50 -150	150 - 300	> 300
**Turbidity*	NTU	5	50	-	-	-
WQI	mg/l	> 92.7	76.5 - 92.7	51.9 - 76.5	31.0 - 51.9	< 31.0

Jadual 3: Pengelasan Kualiti Air Berdasarkan Indeks Kualiti Air [5].

PARAMETERS	***INDEX RANGE***		
	CLEAN	***SLIGHTLY POLLUTED***	***POLLUTED***
SIBOD	91 - 100	80 - 90	0 - 79
SIAN	92 - 100	71 - 91	0 - 70
SISS	76 - 100	70 - 75	0 - 69
WQI	81 - 100	60 - 80	0 - 59

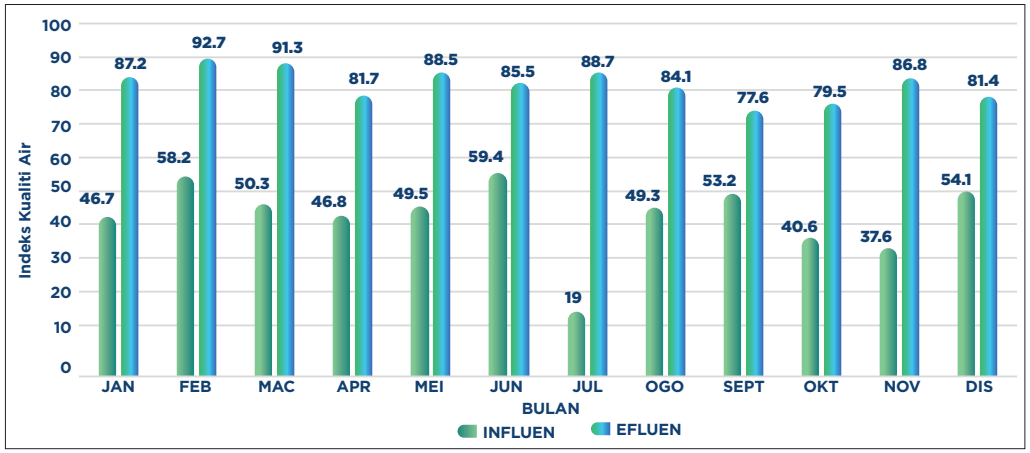
Jadual 4: Kelas Air dan Kegunaannya [5].

CLASS	*DEFINITION*
I	• *Conservation of natural environment* • *Water supply I - Practically no treatment necessary (except by disinfection or boiling only).* • *Fishery I - Very sensitive aquatic species.*
IIA	• *Water supply II - Conventional treatment required.* • *Fishery II - Sensitive aquatic species.*
IIB	• *Recreational use with body contact.*
III	• *Water supply III - Extensive treatment required.* • *Fishery III - Common of economic value, and tolerant species; livestock drinking.*
IV	*Irrigation*
V	*None of the above*

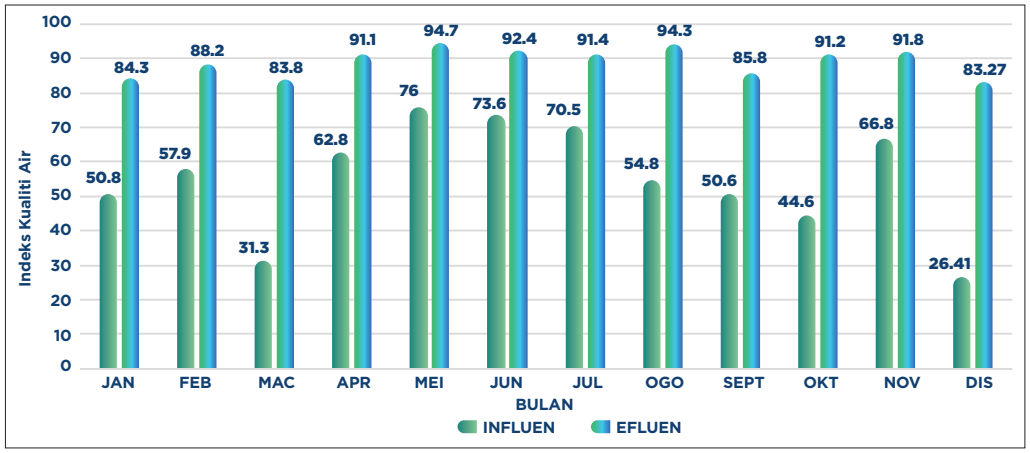
Keputusan

Persampelan air SWTP Lorong Bunus telah diambil bermula dari Januari 2021 sehingga Disember 2022 di titik (point) salur masuk *(inlet)* dan salur keluar *(outlet) SWTP*. Seperti yang dinyatakan sebelum ini pensampelan air yang diambil adalah untuk menentukan ciri-ciri fizikal, kimia dan biologi kualiti air yang telah dirawat dan direkodkan. Untuk memastikan semua keputusan persampelan adalah relevan, pensampelan telah dilakukan pada titik *(point)* yang sama. Seterusnya, sampel akan dihantar ke makmal bertauliah untuk dianalisis. Keputusan parameter yang diperolehi daripada analisis makmal tersebut perlu dibandingkan dengan Piawaian Kualiti Air Kebangsaan Untuk Malaysia *(MNWQS)* dan nilai *WQI* diperolehi berdasarkan rumus Indeks Kualiti Air (*WQI*).

Perbandingan dibuat bertujuan menentukan matlamat/ objektif pembinaan *SWTP* ini tercapai dibawah *river cleaning task force* iaitu WQI berada pada Kelas IIB (*Recreational use with body contact*). **Carta 1** dan **Carta 2** menunjukkan keputusan *WQI* bagi tahun 2021 dan 2022. Berdasarkan kepada **Carta 1**, dapat dilihat purata peningkatan kualiti air meningkat sebanyak 44% dan peningkatan yang ketara adalah pada bulan Julai dimana berlaku peningkatan kepada 79%. Manakala **Carta 2** menunjukkan purata peningkatan sebanyak 38% keseluruhannya, dan pada bulan Disember 2022 berlaku peningkatan kualiti air yang ketara iaitu sebanyak 68%.



Carta 1: Indeks Kualiti Air (*WQI*) *SWTP* Lorong BunusTahun 2021



Carta 2: Indeks Kualiti Air (*WQI*) *SWTP* Lorong Bunus Tahun 2022

Kesimpulan

Berdasarkan kepada analisis data kualiti air yang dilaksanakan sepanjang tempoh pemantauan tersebut didapati bahawa kaedah rawatan dari *SWTP* Lorong Bunus telah berjaya merawat bahan pencemar *greywater*. Sehubungan itu, *SWTP* Lorong Bunus berjaya mencapai objektif yang ditetapkan. Justeru itu, JPS yakin dengan pemantauan yang berterusan terhadap kualiti air yang dirawat oleh SWTP dan penyelenggaraan yang konsisten sebagaimana yang digariskan di dalam Manual Operasi *SWTP* dan *Standard Operating Procedure* (*SOP*) ia dapat memastikan kualiti air sungai yang bersih dan sihat bagi mengekalkan ekosistem hidupan dan kepelbagaian biodiversiti.

Rujukan

1. Ab Ghani, N. Armitage, S. Pithey, *A Study of the litter loadings in urban drainage systems – Methodology and objectives, Water Sci. technol.*, 44 (2001) 1117-1127.
2. Water Resources Publication No.21 (2009), *Study On the River Water Quality Trends and Indexes in Peninsular Malaysia, Water Resources Management and Hydrology Division Department of Irrigation and Drainage Ministry of Natural Resources and Environment Malaysia*.
3. Ramli S. and Wahhit M. (2022). *The Effectiveness of Non-Woven Geotextiles as a Filter Media for Total Suspended Solid Removal*. doi: 10.1007/978-981-16-7920-9_39.
4. Zainudin, Z. (2010). Benchmarking river water quality in Malaysia. Jurutera, (February),12–15.
5. Water Quality Standard, DOE 2019 Retrieve from https://www.doe.gov.my/pengurusanairmarin/standard-kualiti-air-sungai-kebangsaan-dan-indeks-kualiti-air-sungai-2/
6. Dr. Nik & Associates Sdn.Bhd. (2015, October). *2015 Detailed Design of interceptor System and Related Works for Improvement of River Water Quality Along 10.7 KM of Sungai Gombak and Sungai Klang for River of Life (RoL)-Final Detailed Engineering Design Report (Volume I of II)*.

PROFIL PENULIS



IR. HJ. MOHD AZMIN BIN HUSSIN

Merupakan Pengarah di JPS Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur. Berasal dari Negeri Terengganu dan mendapat Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam dengan kepujian di Universiti Teknologi MARA (UiTM) Shah Alam pada tahun 1999. Beliau pernah berkhidmat sebagai Timbalan Pengarah Operasi (TPO) di Pusat Kawalan SMART, Timbalan Pengarah di JPS Selangor dan Pengarah di JPS Pulau Pinang. Beliau juga pernah bertugas sebagai Pengarah di Bahagian Bangunan dan Infrastruktur, Putrajaya. Beliau pernah mengikuti kursus jangka pendek selama 4 minggu anjuran JPA/JICA di bawah Program Perkongsian Ekonomi – *Integrated Water Resources Management (IWRM)* – Lembangan Sungai Bersepadu, di Tokyo Jepun (Januari - Februari 2010). Beliau juga pernah mengikuti kursus jangka pendek di bawah Program *Integrated River Basin Management - River Restoration & Rehabilitation, UNESCO – IHE, Delft The Netherland* (Jun 2012).

Emel: *m_azmin@water.gov.my*



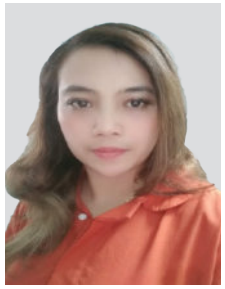
IR. NOR FAEZAH BINTI ROZAINI

Memulakan perkhidmatan sebagai penjawat awam pada 7 September 2007 sebagai Jurutera Awam di Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia. Beliau telah berkhidmat hampir selama 16 tahun di Bahagian Rekabentuk dan Empangan, Bahagian Korporat, Jabatan Arah (Ibu Pejabat), JPS Negeri Selangor dan kini di JPS Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur sebagai Ketua Bahagian Pengurusan Sungai dan Saliran.

Beliau pernah terlibat dengan penyediaan pemodelan hidrodinamik dalam *The Flood Risk Management Field Survey and Workshop for the "ASEAN Project on Disaster Risk Reduction by Inegrating Climate Change Projection into Flood and Landslide Risk Assessment"* yang diadakan pada 29 Mei hingga 3 June 2019 di Bago, Myanmar. Selain itu. beliau juga pernah melaksanakan rekabentuk secara dalaman (*in house design*) bagi salah satu projek *River of Life* (RoL) Fasa 1 dan projek tersebut telah siap sepenuhnya pada April 2013. Harapan beliau semoga artikel yang disediakan dapat memberi manfaat kepada pembaca di samping mendekatkan komuniti setempat untuk sama-sama berganding bahu mencapai objektif projek RoL, iaitu memelihara sungai serta mewujudkan koridor sungai yang bersih, estetik dan vibran di Bandaraya Kuala Lumpur.

Emel: *faezah@water.gov.my*

PROFIL PENULIS



IR. SANDRA LIGONG

Merupakan salah seorang Jurutera di Bahagian Pengurusan Banjir, JPS Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur. Anak kelahiran bumi kenyalang ini mendapat Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam Dan Struktur dengan kepujian di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) pada tahun 2005 dan baru sahaja menamatkan pengajian beliau pada awal tahun 2023 di Universiti Tenaga Nasional (UNITEN) untuk Ijazah Sarjana Kejuruteraan Awam. Beliau terlibat sama dalam pembinaan SWTP Pakej 4A&4B RoL pada tahun 2018-2020 dan membentangkan kertas teknikal RoL di *UNESCO-IHP International Initiative on Water Quality (IIWQ) Regional Training Workshop on Emerging Pollutants in Water*, Jakarta pada tahun 2019. Beliau berharap dapat terlibat sama dalam meningkatkan kesedaran awam terhadap kepentingan menjaga alam sekitar dengan memberikan apa jua bentuk sumbangan samada dari segi penulisan mahupun ilmiah. Katanya, "bilamana ada kebaikan maka sempurnakanlah dan bilamana ada keburukan maka perbaikilah".

Emel: *sandra@water.gov.my*



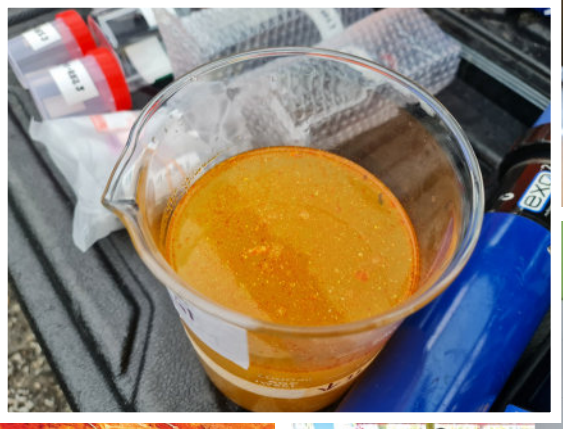
IR. TS.MOHD RIZAL FIRDAUS WAHHIT

Bertugas sebagai Jurutera Awam di Bahagian Pengurusan Sungai Dan Saliran, JPS Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur (JPSWPKL). Beliau, berasal daripada Tapah Road, Perak dan memperolehi Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan (Kepujian) Awam dari Universiti Selangor (UNISEL) dan Sarjana Sains (MSc.) Kejuruteraan Sumber Air dari UiTM Shah Alam. Di JPSWPKL beliau merupakan Pegawai Unit Alam Sekitar & Persampelan bagi ISO 14001:2015 (Perkhidmatan Untuk Pengurusan Sungai Penchala) dari tahun 2020-2023. Beliau juga telah memenangi tempat ke-3 (Gangsa) pada Anugerah Tesis Terbaik Sempena Hari Air Sedunia Peringkat Kebangsaan Kategori Sarjana (IPT) Tahun 2022. Selain itu, beliau pernah diundang sebagai panel penilai projek tahun akhir pelajar kejuruteraan awam oleh institusi pengajian tinggi awam/ swasta serta webinar berkaitan *Water Quality Monitoring*, antaranya UiTM, UNISEL dan Politeknik. Penerbitan pertama beliau adalah di *3rd International Conference on Green Environment Engineering and Technology* (IConGEET2021 – UNIMAP) – *Green Technology – The Effectiveness of Non-Woven Geotextiles as a Filter Media for Total Suspended Solid Removal.*

Emell: *rizalfirdaus@water.gov.my*









Sumber: NAHRIM

NAHRIM *OIL AND FOOD WASTE TRAP* (NoFAT)

Dato' Ir. Dr. Hj. Nasehir Khan E.M. Yahaya
Nurlailah Abdillah
Muhammad Azroie Mohamed Yusoff
ChM. Jamilah Karim
Dr. Noor Haza Fazlin Hashim
ChM. Nor Salmi Abdullah
Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM)

Abstrak

NAHRIM *OIL AND FOOD WASTE TRAP* (NoFAT) telah dibangunkan oleh NAHRIM sebagai salah satu inovasi untuk merawat air sisa basuhan dari dapur. NoFAT berperanan menyingkirkan dan mengasingkan lemak, minyak, gris dan sisa makanan dari air sisa basuhan dapur sebelum dilepaskan ke sistem saliran. Dalam kajian rintis ini, NoFAT telah dipasang dan diuji di beberapa dapur premis yang berbeza dari aspek kapasiti dan komersial. Sampel air sisa sebelum dan selepas rawatan dikumpul dan dianalisis. Hasil keputusan mendapati, NoFAT terbukti berkesan untuk membuang lemak, minyak dan gris sehingga 97%. Pengasingan sisa minyak dan makanan juga didapati lebih praktikal dan memudahkan proses penyenggaraan, seterusnya menggalakkan kitar semula.

Kata kunci: FOG, sisa makanan, perangkap minyak, rawatan

Pengenalan

Lemak, minyak dan gris (FOG) adalah hasil sampingan daripada proses memasak. Selain itu, ianya juga boleh didapati dalam makanan seperti daging, lemak, minyak terpakai, mentega, marjerin, sisa makanan, sos dan produk tenusu. Berdasarkan laporan Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JAS), sisa-sisa domestik seperti FOG banyak menyumbang kepada pencemaran sungai di negara ini. FOG yang memasuki sistem saliran akan mendatangkan masalah, baik di longkang, sistem pengumpulan air sisa dan di loji rawatan air sisa. Selain bau yang tidak menyenangkan FOG boleh mengakibatkan limpahan pada sistem pembetungan kerana yang berkurangan ataupun longkang dan paip pembetungan pecah. Di samping itu, FOG yang mempunyai ketumpatan rendah berbanding air akan terapung di permukaan sungai. Keadaan ini boleh membawa kesan alam sekitar yang ketara termasuk pencemaran air, tanah dan seterusnya menjejaskan kesihatan manusia serta hidupan akuatik.

Salah satu kaedah yang banyak digunakan untuk mengatasi masalah ini adalah menggunakan sistem perangkap gris yang memisahkan FOG dan sisa makanan daripada air sisa domestik melalui pemisahan graviti. Perangkap gris terdiri daripada beberapa tangki pemisah yang membolehkan FOG diasingkan daripada sisa pepejal dan naik ke permukaan air. Perangkap gris yang paling berkesan adalah perangkap gris pasif yang berfungsi memisahkan FOG dengan menggunakan teknik graviti dan kapasiti pengekalan (mekanik mudah dengan ketumpatan yang berbeza untuk memisahkan FOG daripada air). Perangkap gris ini tidak melibatkan kos yang tinggi dan menggunakan tenaga yang rendah.

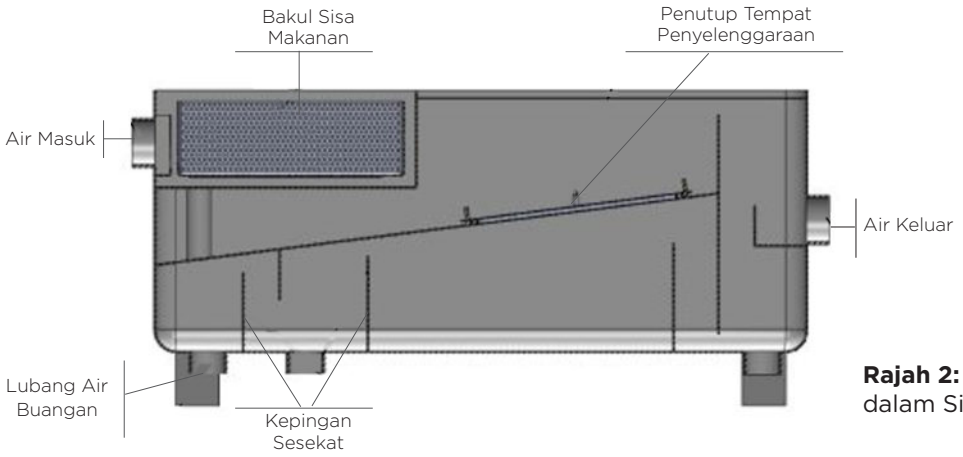
Dengan menggunakan prinsip perangkap gris pasif ini, Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM) telah membangunkan satu produk Perangkap Sisa Minyak dan Sisa Makanan NAHRIM atau *NAHRIM Oil and Food Waste Trap* atau singkatannya NoFAT. Kelebihan produk inovasi NoFAT berbanding perangkap minyak yang sedia ada selain berupaya meningkatkan kualiti air sisa basuhan dapur, sisa minyak dan makanan yang terperangkap juga akan dikumpulkan secara berasingan. Hasilnya, kerja-kerja penyenggaraan menjadi lebih mudah dan praktikal disebabkan penggunaan tenaga yang minima dan proses yang lebih higenik. Minyak yang terasing boleh dikitar semula dan sisa makanan boleh digunakan sebagai baja kompos. Produk ini telah dipatenkan dan dikomersialkan kepada syarikat tempatan pada 2 Julai 2022. NoFAT telah menerima pengiktirafan di dalam dan luar negara.



Penerangan Sistem NoFat



Rajah 1: Sistem NoFAT



Rajah 2: Bahagian dalam Sistem NoFAT

Objektif

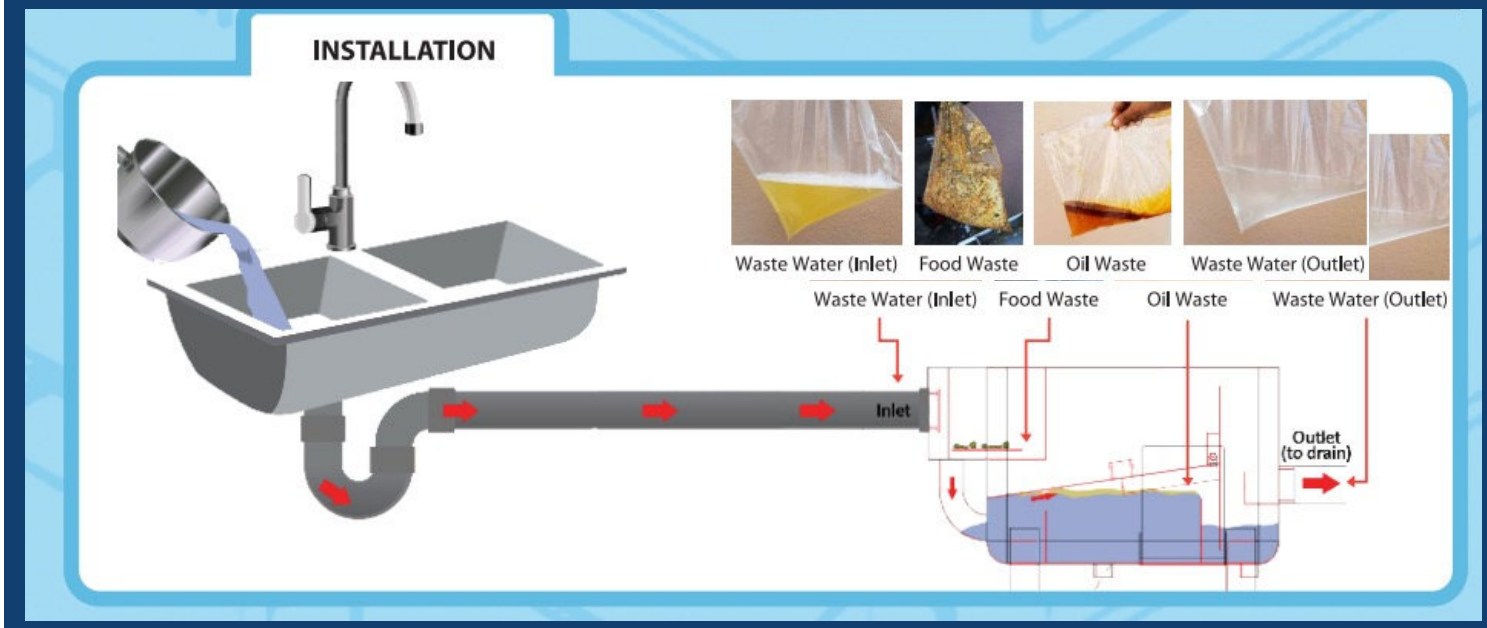
Secara keseluruhannya, objektif utama pembangunan produk NoFAT adalah menangani isu pelepasan air sisa berminyak (FOG) dan merawat air sisa minyak (FOG) dari premis makanan berdasarkan punca kuasa seperti akta persekutuan, dan enakmen-enakmen negeri. Ia secara tidak langsung akan mengalakkan pemulihan kualiti air dan menggalakkan amalan pengurusan air yang lestari.

Fungsi Utama

NoFAT berfungsi merawat air sisa berminyak melalui:

1. Kaedah pemisahan minyak dan sisa makanan daripada air sisa basuhan dapur premis.
2. Menyingkir dan mengitar semula minyak dan sisa makanan yang dikumpul dalam sistem NoFAT.
3. Meningkatkan kualiti air sisa basuhan dapur premis sebelum masuk ke saliran dan sungai.

Kajian Awalan



Rajah 3: Skema aliran fungsi NoFAT

Sebagai kajian awalan sistem NoFAT telah dipasang di empat premis yang berbeza iaitu:

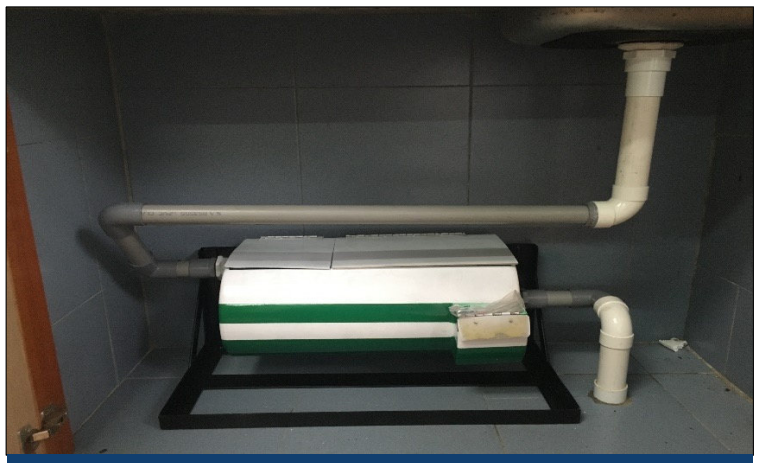
SKKP11 -
Sekolah Kebangsaan
Putrajaya Presint 11

MSR -
Gerai Kari Kepala
Ikan Pak Sahak
di Medan Selera
Ringlet, Cameron
Highlands

RAA -
Restoran Al-Aliff,
Seri Kembangan

KJ -
Kuarters JKR
(Perumahan)

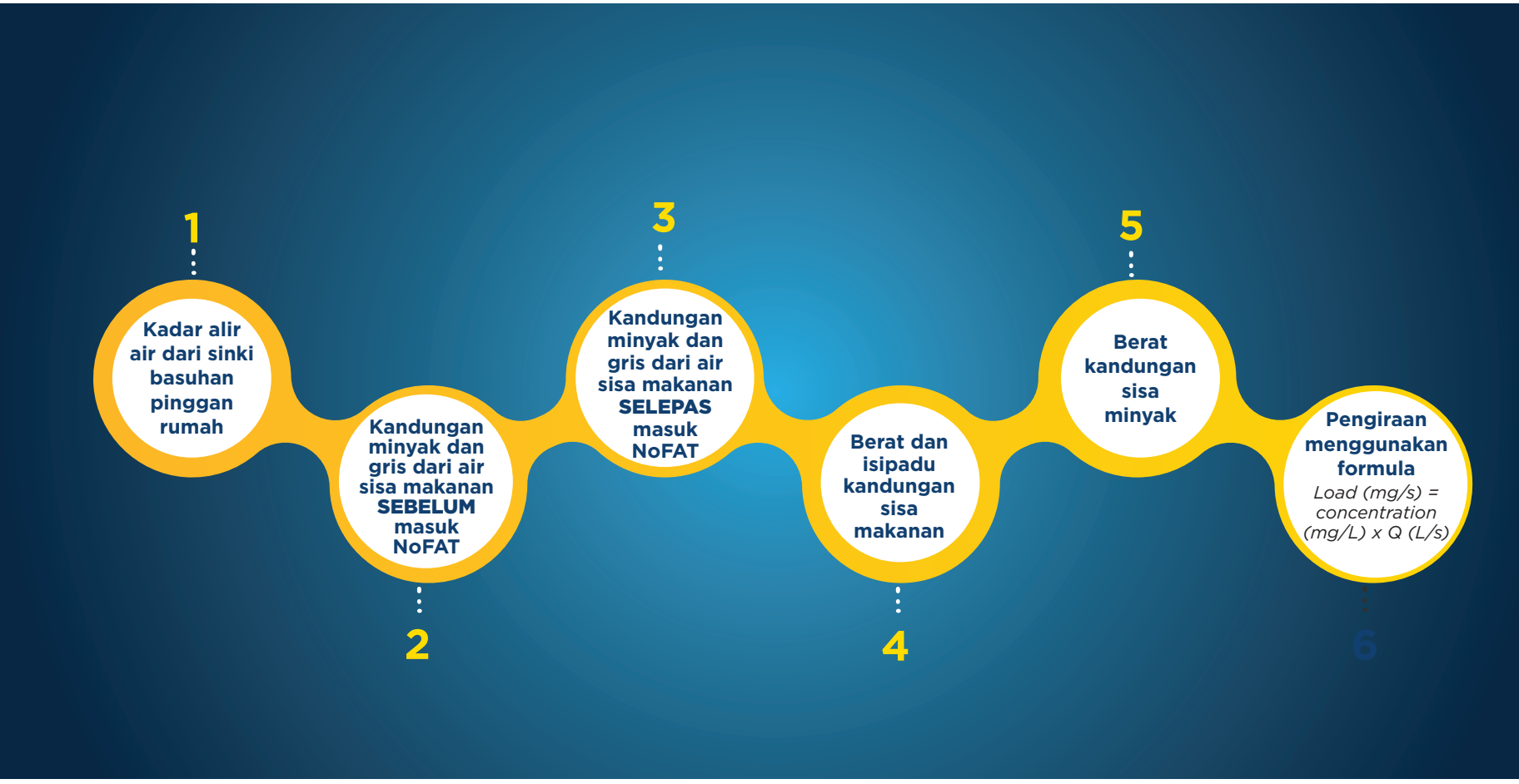






Gambar 1: Pemasangan NoFAT di tapak kajian awalan

Antara data yang dikumpulkan sepanjang tempoh pengujian produk NoFAT 3 ini adalah:



Jadual 1: Pengirian isi kandungan minyak dan gris dari air sisa makanan.

LOKASI	PURATA O&G (mg/L)		Q (L/s)	MUATAN *INLET* (kg/s)	MUATAN *OUTLET* (kg/s)	PENYINGKIRAN O&G (%)
	Outlet	*Inlet*				
SKPP11	4692	127.22	217.8	1.0219176	0.027708516	97.3
MSR	278.5	35.6	225.4	0.0627739	0.008024224	87.2
RAA	2036.5	84.9	21.1	0.04297015	0.00179139	95.8
KJ	4549.3	135.3	0.4	0.00181972	0.00005412	97.0



Gambar 2: Perbezaan sampel air SEBELUM dan SELEPAS keluar daripada NoFAT

Keputusan

Hasil keputusan mendapati NoFAT terbukti berkesan untuk menyingkirkan 87.2 hingga 97.3% FOG di semua premis pengujian yang terlibat.

Kesimpulan

Secara keseluruhannya, produk NoFAT yang dibangunkan berjaya mencapai objektif untuk merawat FOG dari air sisa basuhan dapur. Produk ini telah menjalani beberapa siri penambahbaikan daripada Versi 1 hingga Versi 3 bagi menghasilkan produk yang terbaik.

Rujukan

1. Nurlailah Abdillah, Dzulkhairi Tajuddin Mustaffa, Nasehir Khan EM Yahaya, Anas Daud, *The Effectiveness of NAHRIM Oil and Food Waste Trap (NoFAT) in Controlling River Water Quality Pollution Resulting from Kitchen Waste-converted*, *Malaysian Journal of Water*, 2020, Issue 1, Volume 1.

PROFIL PENULIS



DATO' IR. DR. NASEHIR KHAN BIN E.M. YAHAYA

- Pengarah Makmal Kualiti Air (MKA)
- Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam (UPM, 1989)
- Ijazah Sarjana Sains (Kejuruteraan Sungai dan Sumber Air) (USM, 2000),
- Ijazah Doktor Kejuruteraan Awam (Kajian Kualiti Air dan Udara) (USM, 2011)
- Bidang kepakaran: Kejuruteraan Sumber Air dan Persekitaran dan Kejuruteraan Sungai
- Tesis PhD: *Production of Rice Husk Activated Carbon for Improving Urban Dry Weather Flow Quality at Sungai Pinang Basin*
- Tempoh Perkhidmatan: 30 tahun



NURLAILAH BINTI ABDILLAH

- Pegawai Penyelidik Q52(M)
- Ijazah Sarjana Muda Bioindustri, (UPM, 2005)
- Bidang kepakaran: Kualiti Air Sungai, Pemodelan
- Tempoh Perkhidmatan: 15 tahun



MUHAMMAD AZROIE BIN MOHAMED YUSOFF

- Pegawai Penyelidik Q48
- Ijazah Sarjana Muda Sains (Mikrobiologi) (UM, 2009)
- Ijazah Sarjana Sains Mikrobiologi (UM, 2015)
- Bidang kepakaran: *Microbiology, Bioflocculant, Essential Oil (Plants) Extraction*
- Tempoh Perkhidmatan: 14 tahun



DR. NOOR HAZA FAZLIN BINTI HASHIM

- Pegawai Penyelidik Q47
- Ijazah Sarjana Muda (Kepujian) Sains (Microbiologi) (UKM, 2005)
- Ijazah Sarjana Sains (Molekular Biologi) (UKM, 2009)
- Ijazah Doktor Falsafah Mikrobiologi (UKM,2014)
- Bidang kepakaran: *Antimicrobial Resistance in Water Bodies, Microbial Enzyme Bioremediation, Environmental Microbiology*
- Tesis PhD: *Functional analysis of Antifreeze Proteins from Glaciozyma antarctica*
- Tempoh Perkhidmatan: 6 tahun



DR. JAMILAH BINTI KARIM

- Pegawai Penyelidik Q48(M)
- Ijazah Sarjana Muda Sains Gunaan (Kimia Industri) (USM, 2007)
- Ijazah Sarjana Kimia) (UKM, 2011)
- Bidang kepakaran: *Water Quality Analysis, Endocrine Disrupting Chemical, Nanocomposite)*
- Tempoh Perkhidmatan: 8 tahun



NOR SALMI BINTI ABDULLAH

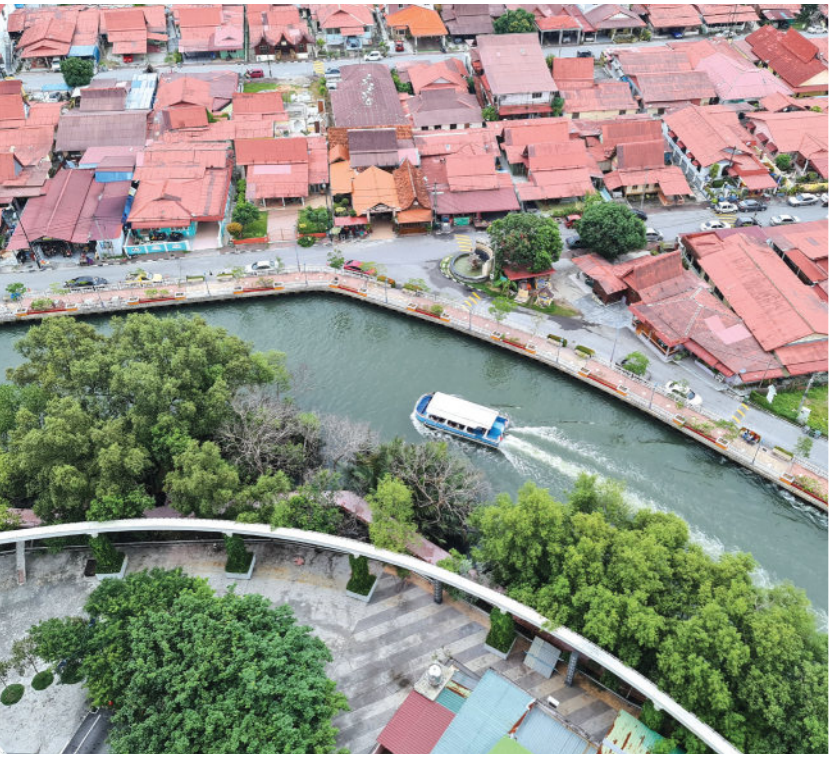
- Pegawai Penyelidik Q44
- Ijazah Sarjana Muda Kimia (UM, 2005)
- Ijazah Sarjana Sains (Kimia Organik Fizik) (UM, 2010)
- Bidang kepakaran: *Water Quality Analysis, Method Development & Validation, Water Treatment*
- Tempoh Perkhidmatan: 9 tahun

Singkatan

µm – *micrometre/ micron*
µS/cm – *microsiemens per centimetre*
Al – Aluminium
As – *Arsenic/* Arsenik
BOD – *Biochemical Oxygen Demand/* Permintaan Oksigen Biokimia
CFU – *Colony Forming Unit*
COD – *Chemical Oxygen Demand/* Permintaan Oksigen Kimia
Cr – *Chromium/* Kromium
DO – *Dissolved Oxygen*
DOC – *Dissolved Organic Carbon/* Karbon Organik Terlarut
E. coli – *Escherichia coli*
Fe – *Iron/* Ferrum/ Besi
FOG – *Fats, Oils, and Grease*
Hg – *Mercury/* Merkuri
ISO – *International Organisation for Standardisation*
JKR – Jabatan Kerja Raya
kg/s – *kilogram per second*
KPKT – Kementerian Pembangunan Kerajaan Tempatan
L/s – *litre per second*
MBAS – *Methylene Blue Active Substances*
mg/L – *milligrams per litre*
mL – *millilitre*
Mn – *Manganese/* Mangan
Na^+ – *Sodium ion/* Ion Natrium
NH_3 – Ammonia
NH_3-N – Ammonia Nitrogen
NH_4-N – Ammonium Nitrogen
NTU – *Nephelometric Turbidity Units*
O&G – *Oil and Grease/* Minyak dan Gris
PO_4-P – *Orthophosphate phosphorus*
PUB – *Public Utility Board*
Q – Kadar alir
TDS – *Total Dissolved Solids*
TKN – *Total Kjeldahl Nitrogen/* Jumlah Nitrogen Kjeldahl
TN – *Total Nitrogen/* Jumlah Nitrogen
TOC – *Total Organic Carbon/* Jumlah Karbon Organik
TP – *Total Phosphorus/* Jumlah Fosforus
TSS – *Total Suspended Solid/* Jumlah Pepejal Terampai
VS – *versus*
Zn – *Zinc/* Zink









Sumber: NAHRIM

DITERBITKAN OLEH

JABATAN PERKHIDMATAN PEMBETUNGAN (JPP)
INSTITUT PENYELIDIKAN AIR KEBANGSAAN MALAYSIA (NAHRIM)

ISBN 978-967-0382-62-3

PENGURUSAN *GREYWATER* DI MALAYSIA
PERSPEKTIF TADBIR URUS, KAWALAN, PENGUATKUASAAN DAN TEKNOLOGI RAWATAN