

PENGURUSAN SUNGAI MAPAN

Dari Perspektif Kejuruteraan Pengangkutan Endapan dan Keseimbangan Sungai

Secara umumnya, sungai semula jadi boleh dibahagikan kepada tiga bahagian iaitu air hulu (*headwaters*), zon pindah (*transfer zone*) dan zon pemendapan (*depositional zone*). Sewaktu aliran sungai melalui ketiga-tiga zon ini, sungai akan mengubah keratan rentas, cerun membujur, arah aliran dan bentuknya melalui proses-proses pengangkutan endapan, hakisan dan pemendapan. Sungai semula jadi kebiasaannya akan berliku di sepanjang alirannya sebelum menjadi delta di muaranya. Koridor sungai pula merujuk kepada kawasan yang merangkumi saluran utama dan dataran banjir. Untuk pembangunan dan pengurusan mapan di lembangan sungai, adalah perlu memahami prinsip-prinsip kejuruteraan pengangkutan endapan (*sediment transport engineering*) dalam menyelesaikan masalah kejuruteraan sungai dan persekitaran yang berkaitan dengan kejadian alam serta kegiatan manusia.

Hakisan dan pemendapan di dalam sungai melibatkan proses dinamik hasil dari interaksi antara aliran sungai dan bahan dasar sungai yang terdiri dari batu bundar, batu kerikil, dan pasir. Adalah penting untuk memahami tentang interaksi yang menyebabkan pergerakan endapan ini dan yang menyebabkan perubahan kepada saluran sungai bagi membolehkan kawalan kepada hakisan dan pemendapan dapat dilakukan bagi memastikan kestabilan saluran sungai dikekalkan. Keseimbangan sungai dipengaruhi oleh empat faktor utama iaitu kadar alir yang merupakan jumlah air yang boleh dibawa bagi suatu tempoh masa tertentu dan cerun membujur sungai di satu bahagian dan ciri-ciri endapan dan kadar pengangkutan endapan di satu bahagian lagi.

Ketidakseimbangan akan berlaku jika salah satu faktor tersebut berubah. Sebagai contoh, pembangunan baru akan menyebabkan peningkatan kadar alir yang akan mengakibatkan hakisan saluran sungai berlaku. Sebaliknya kerja-kerja penambakan tanah untuk pembangunan baru pula akan menyebabkan pemendapan berlaku. Kerja-kerja pelurusan sungai pula melibatkan perubahan cerun membujur sungai menjadi lebih curam. Ini membolehkan halaju aliran meningkat yang menyebabkan keupayaan sungai untuk menghakis menjadi lebih tinggi. Akibatnya sungai yang sudah diluruskan akan membawa lebih banyak endapan berbanding dalam keadaan semula jadi iaitu berliku. Kefahaman tentang proses pengangkutan endapan dalam sungai juga akan membantu pengekalan sungai dalam keadaan semula jadi dan membantu saluran sungai yang telah diubahsuai untuk kerja-kerja tebatan banjir dikembalikan kepada keadaan semula jadi (*Back to Nature*).

Akibat pembangunan yang begitu rancak di Malaysia selaras dengan perkembangan ekonomi yang mantap dalam mengejar Wawasan 2020, sungai dikhuatiri akan menjadi mangsa pembangunan. Bagi mengatasi masalah banjir akibat peningkatan kadar alir dari kawasan pembangunan baru, Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) Malaysia telah menerbitkan Manual Saliran Mesra Alam (MSMA) berkuatkuasa pada 1 Januari 2001. Projek tebatan banjir masa kini yang melibatkan kerja-kerja mendalamkan dan melebarkan sungai adalah tidak bertepatan dengan konsep Sistem Saliran Mesra Alam seperti yang dihasratkan dalam MSMA. Kebanyakan projek tebatan banjir dijalankan hanya untuk memastikan kapasiti aliran yang telah meningkat akibat pembangunan baru dapat dibawa oleh sungai. Akibatnya sungai tidak lagi berada dalam keadaan keseimbangan semula jadi. Bagi mengatasi masalah keseimbangan sungai, aspek pertama yang perlu diambil adalah untuk memastikan tiada peningkatan kadar alir secara mendadak apabila sesuatu pembangunan baru dijalankan iaitu keperluan yang dinyatakan dengan jelas dalam MSMA. REDAC telah mengambil langkah proaktif dengan merekabentuk Sistem Saliran Bio-Ekologi atau BIOECODS dalam

pembangunan Kampus Kejuruteraan, Universiti Sains Malaysia (USM) di Nibong Tebal, Pulau Pinang. BIOECODS merupakan projek perintis yang unggul bukan sahaja di Malaysia malah di dunia yang mengaplikasi Sistem Saliran Bandar Mapan (*Sustainable Urban Drainage System* atau SUDS) secara holistik bagi satu kawasan tadahan dengan keluasan 320 ekar. BIOECODS telah terbukti mencapai objektif rekabentuk dan pembinaannya selaras dengan hasrat MSMA apabila kadar alir selepas pembangunan adalah lebih kecil dari sebelum pembangunan.

Selain memastikan tiada peningkatan kadar alir akibat pembangunan baru, proses pengangkutan endapan yang mempengaruhi keseimbangan sungai juga perlu difahami kerana sungai boleh mengubah keratan rentas, cerun membujur dan jajarannya akibat kejadian alam seperti banjir besar atau bah. Penyelidikan berkaitan pengangkutan endapan bagi sungai-sungai di Malaysia dijalankan dalam beberapa fasa. Fasa I yang merupakan pembangunan pengkalan data endapan sungai melibatkan pencerapan data seperti beban endapan dasar, beban endapan terampai, bahan dasar dan data hidraulik seperti kadar alir, cerun, dan keratan rentas. Pencerapan data endapan dan hidraulik sungai telah dijalankan bagi Sungai Kinta, Sungai Kulim, Sungai Kerayong dan Sungai Langat. Sebanyak 346 data telah berjaya dicerap yang membolehkan Fasa II dijayakan iaitu pembangunan persamaan endapan. Beberapa persamaan telah diterbitkan dengan menggunakan analisis regresi yang membolehkan lengkung kadaran endapan dibangunkan. Keupayaan sungai untuk membawa beban endapan dapat ditentukan berdasarkan lengkung kadaran endapan ini bagi membolehkan saluran sungai yang stabil direkabentuk mengambilkira kesan pembangunan dalam lembangan sungai.

Selari dengan pembangunan teknologi maklumat yang pesat, permodelan komputer telah diterima sebagai alat untuk meramal tindakbalas sungai untuk jangka masa pendek pada suatu kejadian banjir dan juga untuk jangka masa panjang. Permodelan sungai menggunakan beberapa perisian sedia ada seperti HEC-6, dan FLUVIAL-12 juga dijalankan dalam Fasa I dan Fasa II seiring dengan pencerapan data di lapangan. Sebagai contoh, hasil permodelan bagi Sungai Muda mendapati kejadian banjir besar pada tahun 2003 mengakibatkan hakisan tebing sungai yang serius di beberapa lokasi di sepanjang sungai terbabit. Hasil permodelan sungai ini dapat membantu jurutera untuk mengambil tindakan bagi mengurangkan hakisan tebing dan menstabilkan kembali Sungai Muda.

Pembangunan peta risiko banjir bagi sungai-sungai di Malaysia ialah fasa selanjutnya (Fasa III) setelah empat faktor yang mempengaruhi keseimbangan sungai ditangani. Kejadian banjir besar akibat fenomena taburan hujan yang ekstrem disebabkan pemanasan global mewajarkan tindakan proaktif bagi mengurangkan kesan yang dihadapi akibat banjir besar terbabit. Dengan adanya peta risiko banjir ini, pihak yang berwajib dapatlah mengambil tindakan proaktif seperti memastikan kerja-kerja penyelenggaraan sistem saliran di bandar mahu pun di desa dapat dirangka secara berkala dan berterusan. Selain daripada itu, pemindahan penduduk ke tempat yang lebih selamat mungkin perlu dilakukan bagi mengelakkan kerugian berpanjangan dari berlaku.

Pengurusan sungai yang mengambikira empat faktor utama keseimbangan sungai iaitu kadar alir, cerun membujur, ciri-ciri endapan dan kadar pengangkutan endapan akan dapat memastikan sungai diurus secara mapan untuk suatu jangka masa yang panjang dan mengekalkan sungai sebagai satu warisan bangsa.