

Pembelajaran Matematika Berbasis STEM:

Contoh Kasus Pemodelan Masalah Jembatan

Sahid

Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY

sahid@uny.ac.id, sahidyk@gmail.com

Pendahuluan

Pemodelan berbasis rekayasa teknik, seperti pemodelan jembatan, dapat memberikan kegiatan belajar siswa yang bervariasi, misalnya memilih desain jembatan yang paling cocok berdasarkan beberapa kriteria yang diberikan seperti biaya, kekuatan, ketahanan, keamanan, kenyamanan, artistik, dan sebagainya. Masing-masing kriteria dapat melibatkan berbagai perhitungan matematis, dari yang sederhana sampai yang rumit.

Kegiatan pemodelan berbasis rekayasa memberikan sumber yang kaya situasi bermakna untuk memperkaya dan memperluas pembelajaran rutin siswa. Dengan mengintegrasikan kegiatan tersebut dalam kurikulum yang ada, siswa lebih menghargai bagaimana belajar mereka dalam matematika dan ilmu pengetahuan di sekolah dapat diterapkan untuk masalah di dunia nyata. Selanjutnya, masalah-masalah pemodelan dapat memberikan beberapa pendekatan dan penyelesaian; dengan demikian, siswa terdorong untuk berpikir kreatif, kritis, dan fleksibel yang sering terlewatkan pada contoh-contoh di buku teks tradisional.

Pada pembelajaran berbasis STEM guru dapat memberikan masalah pemodelan yang melibatkan analisis data secara rinci dan komprehensif. Dalam kehidupan sehari-hari, siswa sering dihadapkan pada informasi yang semakin kompleks, berdaya guna, dan dinamis. Dengan menggunakan Internet mereka dapat menemukan sumber data yang komprehensif, beberapa di antaranya mungkin di luar jangkauan pemikiran mereka. Diperlukan kemampuan membaca secara teliti dan kritis untuk menggunakan sumber ini secara bijak.

Pada tulisan ini akan diberikan contoh mengembangkan pembelajaran berbasis STEM (*science, technology, engineering, mathematics*), dengan mengambil contoh permasalahan runtuhnya jembatan Kutai Kertanegara (Kuker) di Kalimantan Timur pada tahun 2011.

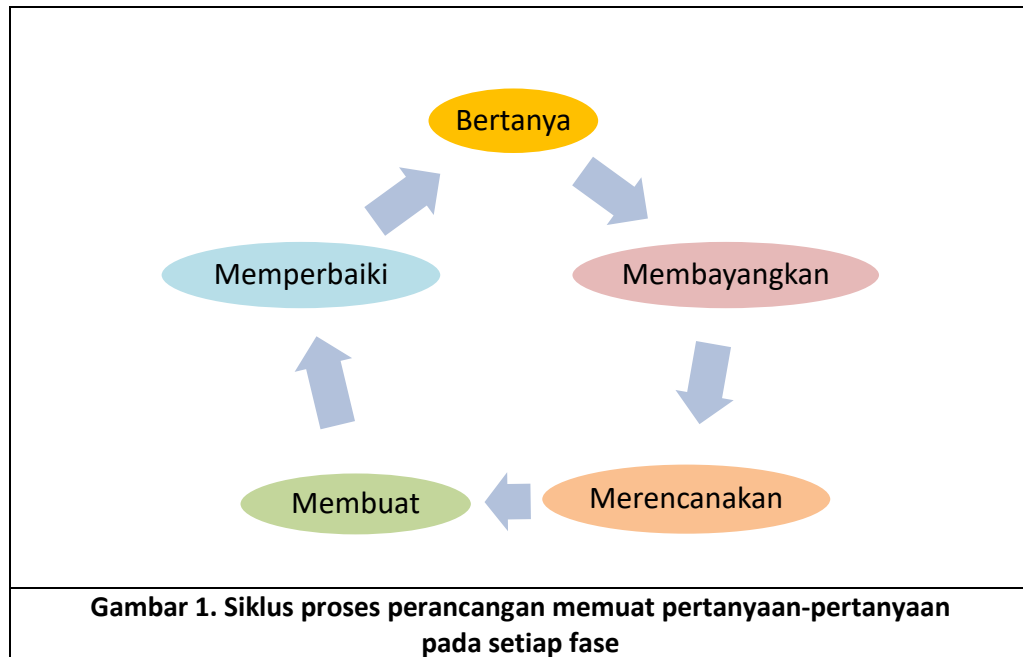
Masalah Pemodelan Berbasis Rekayasa Teknik

Dalam kegiatan ini, rekayasa teknik berfungsi sebagai sumber wacana yang menantang, konteks asli yang menarik pada pelajaran matematika, ilmu pengetahuan, dan teknologi di sekolah. Masalah rekayasa teknik ini, yang merupakan contoh kegiatan pencarian model, bersifat realistis, dimulai dari permasalahan nyata, memuat beragam konten pembelajaran, dan membangkitkan berbagai ide. Artinya, gagasan inti tidak disampaikan di depan tetapi tertanam dalam masalah dan harus digali dan dioperasionalkan untuk menghasilkan model solusi.

Dengan memberikan masalah berbasis rekayasa teknik sebagai kegiatan pencarian model, kita dapat mempromosikan proses perancangan yang mencakup semua komponen/domain STEM (*science, technology, engineering, mathematics*). Salah satu contoh proses perancangan diilustrasikan pada gambar 1. Siswa didorong untuk melakukan hal-hal sebagai berikut (Cunningham dan Hester 2007).

1. Bertanya (Apa masalahnya? Apa kendalanya?)
2. Membayangkan (Penyelesaian seperti apa saja yang mungkin?)
3. Merencanakan (Diagram seperti apa yang dapat digambar?)
4. Membuat (Ikuti rencana Anda, membuat model, dan mengujinya)

5. Memperbaiki (Diskusikan apa yang sudah sesuai; modifikasi desain untuk membuatnya lebih baik)



Ketika siswa terlibat dalam proses ini, kemajuan mereka dapat dilihat melalui siklus pembelajaran penting. Siklus ini diulang sampai siswa puas bahwa model mereka memenuhi kendala masalah. Lesh dan Zawojewski (2007) menggambarkan siklus ini terdiri atas:

- memahami konteks masalah dan sistem yang akan dimodelkan;
- mengungkapkan, menguji, dan merevisi model yang cocok;
- mengevaluasi model berdasarkan persyaratan yang sesuai dengan penerapan yang dimaksudkan; dan
- mendokumentasikan seluruh proses pengembangan model.

Implementasi Masalah Pemodelan Berbasis Rekayasa Teknik Jembatan

Dalam kegiatan ini guru dapat mengembangkan dan menerapkan pengalaman belajar kepada siswa yang sedang belajar matematika sekaligus sains. Siswa melakukan aktivitas mendesain jembatan didasarkan pada pengalaman runtuhnya jembatan Kutai Kartanegara (Kukar) di sungai Mahakam Kalimantan Timur pada 26 Nopember 2011 yang telah memakan korban manusia 24 orang tewas, 12 orang dilaporkan hilang, 31 orang luka berat dan 8 orang luka ringan.

Kegiatan ini mengajak siswa untuk mengembangkan model dengan cara: (a) menghitung biaya untuk masing-masing dari beberapa jenis/tipe jembatan yang dapat dibangun (lihat Tabel 1), dan (b) memilih jenis jembatan terbaik untuk rekonstruksi jembatan yang runtuh. Semua faktor yang mungkin berhubungan dengan tipe jembatan, bahan yang digunakan, desain, keselamatan, dan biaya yang harus dipertimbangkan.

Kegiatan pembelajaran dimulai dengan memperkenalkan konteks masalah melalui: (a) kliping koran atau berita/artikel dari Internet tentang runtuhnya Jembatan Kukar pada tahun 2011 dan (b) beberapa klip video peristiwa keruntuhan tersebut (dapat diambil dari www.youtube.com). Selanjutnya disajikan beberapa artikel/bacaan tentang jenis-jenis jembatan dan karakteristiknya. Para siswa mempelajari artikel dan video kemudian menjawab pertanyaan secara individual tentang artikel tersebut untuk memastikan bahwa mereka memahami gagasan inti, seperti faktor yang diyakini menjadi penyebab runtuhnya sebuah jembatan. Beberapa informasi penting dan contoh-contoh pertanyaan dapat dilihat pada Gambar 2.

Kegiatan Merancang Jembatan

Runtuhnya Jembatan Kutai Kartanegara

Jembatan Kutai Kartanegara (Kukar) adalah jembatan yang melintas di atas sungai Mahakam, Kaltim, sebagai penghubung kota Tenggarong dan kecamatan Tenggarong Seberang yang menuju ke kota Samarinda. Jembatan ini merupakan jembatan gantung terpanjang di Indonesia, dengan panjang bentang 710 meter, dan bentang bebas (bagian yang tergantung tanpa penyangga) 270 meter. Jembatan ini memiliki dua jalur lalu-lintas dua arah, masing-masing selebar 7 meter. Pada masing-masing sisi jembatan juga dilengkapi jalur pejalan kaki selebar satu meter.

Jembatan Kukar merupakan jembatan kedua, setelah Jembatan Mahakam di Samarinda, yang melintasi Sungai Mahakam, sehingga disebut juga **Jembatan Mahakam II**. Jembatan ini dibangun menyerupai Jembatan Golden Gate di San Fransisco, Amerika Serikat. Pembangunan jembatan ini dimulai tahun 1995 dan selesai 2001 dengan total biaya Rp 190 miliar.

Baru 10 tahun beroperasi, pada tanggal 26 November 2011 pukul 16.20 waktu setempat, Jembatan Kutai Kartanegara ambruk dan roboh, ketika dalam proses perbaikan. Puluhan kendaraan yang berada di atas jalan jembatan tercebur ke Sungai Mahakam. Dilaporkan, akibat peristiwa ini sebanyak 24 orang tewas dan 12 orang hilang, 31 orang mengalami luka berat dan 8 orang luka ringan.

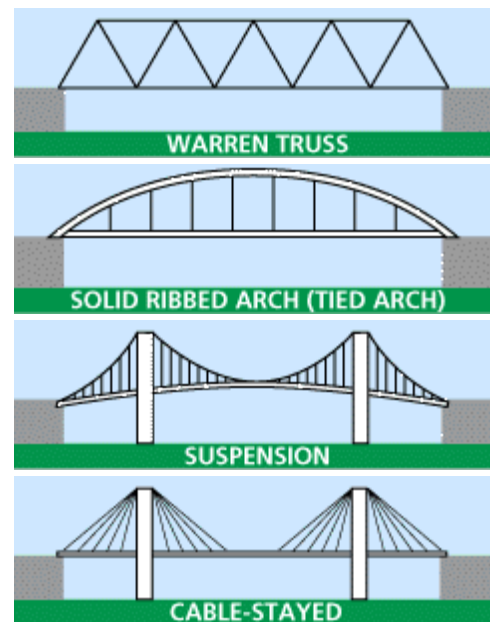
Hasil penelitian tiga tim universitas yang terpisah menunjukkan adanya indikasi kesalahan konstruksi. Tim dari Institut Teknologi 10 November menyatakan terdapat kelemahan pada klem pengikat kabel vertikal.

Dengan bantuan **Google**, carilah informasi selengkap-lengkapnnya tentang jembatan Kukar dan lihat videonya di **Youtube**. Gunakan kata kunci "jembatan Kutai Kartanegara".

Tipe-tipe Jembatan

Berdasarkan struktur atasnya, jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, namun dapat dikelompokkan menjadi 4 tipe utama, yaitu: jembatan rangka batang (*truss bridge*), jembatan pelengkung (*arch bridge*), jembatan gantung (*suspension bridge*), dan jembatan kabel (*cable stayed bridge*).

Jembatan rangka batang terdiri atas dua rangka bidang utama yang diikat bersama dengan balok-balok melintang (membentuk rangkaian segitiga) dan pengaku lateral. Jembatan pelengkung adalah struktur setengah lingkaran dengan abutmen di kedua sisinya. Jembatan gantung terdiri atas pelengkung penggantung dan batang penggantung (*hanger*) dari kabel baja, dan bagian yang lurus (dek jembatan) berfungsi mendukung lalu-lintas. Jembatan *cable stayed* menggunakan gelagar baja, rangka, beton atau beton pratekan sebagai gelagar utama.



Pertanyaan: (Carilah informasi sebanyak-banyaknya dari Internet untuk menjawab pertanyaan ini.)

1. Jelaskan karakteristik Jembatan Kukar yang roboh.
2. Sebutkan faktor-faktor yang menjadi penyebab runtuhnya jembatan Kukar.
3. Jelaskan struktur Jembatan Kukar dan material yang digunakan untuk membangun jembatan tersebut.
4. Di antara keempat jenis jembatan, jenis manakah yang menurut Anda paling cocok untuk membangun kembali Jembatan Kukar? Jelaskan pendapat Anda.

Gambar 2. Informasi runtuhnya jembatan Kukar dan beberapa pertanyaan penting untuk memulai kegiatan Merancang Jembatan

Setelah memahami konteks tentang Jembatan Kukar, siswa mempelajari skenario masalah (lihat Gambar 4) secara berkelompok yang beranggota 3 - 4 siswa dengan kemampuan berbeda. Setiap kelompok diharapkan menyajikan satu model, atau lebih, untuk memecahkan masalah yang diberikan, yang mencerminkan ide-ide dan karya semua siswa. Untuk rujukan siswa diberikan tabel data kualitatif masing-masing jenis jembatan (Tabel 1) dan tabel data kuantitatif contoh-contoh jembatan yang ada di

Indonesia untuk masing-masing jenis (Tabel 2). Para siswa kemudian bekerja untuk menghasilkan, memperbaiki, dan mendokumentasikan model mereka. Para siswa harus menggunakan data yang diberikan (a) untuk mengembangkan suatu model dengan menghitung biaya untuk setiap jenis jembatan, dan (b) untuk mempertimbangkan faktor-faktor lain (misalnya, keamanan, bahan, desain) dalam pengajuan jenis jembatan yang terbaik untuk merekonstruksi jembatan Kukar yang runtuh.

Tabel 1. Karakteristik masing-masing tipe jembatan

Tipe Jembatan	Kelebihan	Kekurangan	Jangkauan Bentang	Bahan Utama	Upaya Perancangan
Rangka Batang (<i>Truss</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kuat dan rangkanya kaku ➤ Dapat diterapkan pada hampir semua kondisi 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak dapat digunakan dalam posisi melengkung • Bahan mahal 	Pendek - menengah	Besi, baja, beton	Rendah
Pelengkung (<i>Arch</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Artistik ➤ Digunakan untuk jembatan panjang yang melengkung ➤ Tahan lama 	<ul style="list-style-type: none"> • Pangkal jembatan (<i>abutment</i>) terkompresi • Pelengkung yang panjang susah dibangun 	Pendek - panjang	Batu, besi cor, kayu, baja	Rendah
Gantung (<i>Suspension</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Artistik ➤ Ringan dan lentur 	<ul style="list-style-type: none"> • Berayun oleh angin • Biaya pembangunan mahal 	Panjang	Tali baja dan beton	Sedang
Jembatan Kabel (<i>Cable-stayed</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Artistik ➤ Kabel bersifat ekonomis ➤ Pembuatan cepat 	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilitas kabel perlu dipertimbangkan untuk bentang jembatan yang panjang 	Menengah	Tali baja dan beton	Tinggi

Tabel 2. Data jembatan di Indonesia untuk keempat tipe

Nama, Lokasi	Jenis	Total Panjang, lebar	Kegunaan	Konstruktibilitas	Tahun Pembangunan	Biaya (Rp)
Jembatan Balerang 1 (Tengku Fisabilillah), Batam	Cable-stayed	642 m, 21,5 m	Jalan raya penghubung antar pulau (Batam-Tonton)	Sulit	1992 – 1998	400 miliar
Jembatan Suramadu	Cable-stayed	5.438 m, 30 m	Jalan tol penghubung antar pulau (Jawa-Madura)	Sulit	2003 - 2009	4,5 trilyun
Jembatan Barito, Banjarmasin	Gantung	1.082 m, 10,37 m	Jalan raya yang melintasi sungai Barito	Sulit	1993 - 1997	98 miliar
Jembatan Kukar, Tenggarong – Samarinda	Gantung	710 m, 10,45 m	Jalan raya di atas sungai Mahakam	Sulit	1995 - 2001	190 milyar
Jembatan Kapuas II, Pontianak	Rangka	560 m, 9 m	Jalan raya di atas sungai Kapuas	sulit	2003 – 2006	110 milyar
Jembatan Busung, Kepulauan Riau	Rangka	260 m, 9m	Jalan penghubung Batam-Bintan	sulit	2006 - 2013	36,363 milyar
Jembatan Kelok Sembilan, Sumbar	Pelengkung	945 m, 13,5 m	Fly over (jembatan layang) antar bukit	Sulit	2003-2013	586 milyar
Jembatan Teluk Masjid, Pekanbaru	Pelengkung	1650 m, 9 m	Jalan raya	Sulit	2004-2012	359 milyar



Jembatan Balerang, Batam



Jembatan Suramadu



Jembatan Barito, Banjarmasin



Jembatan Kutai Kartanegara (sebelum runtuh)



Jembatan Kapuas II



Jembatan Busung, Kep Riau



Jembatan Teluk Mesjid, Pekanbaru Riau



Jembatan Kelok 9, Sumatra Barat

Gambar 3. Contoh-contoh tipe jembatan kabel, gantung, rangka, dan pelengkung di Indonesia

Kegiatan Merancang Kembali Jembatan Kukar yang Runtuh

Saatnya Membuat Model!

Kementerian Pekerjaan Umum (PU) memastikan jembatan Kutai Kartanegara yang ambruk pada 26 November 2011 akan dibangun kembali. Beberapa pendapat menjadi pertimbangan berkaitan dengan rencana pembangunan kembali jembatan tersebut. Dua hal pokok yang menjadi pertimbangan, yakni lokasi dan desain (model) jembatan yang baru.

Ada yang berpendapat, jembatan yang akan dibangun tersebut tidak berada pada tempatnya semula namun akan menjadi penghubung antara Kota Tenggarong dan Pulau Kumala. Pemerintah Kabupaten Kutai Kartanegara masih mengkaji lokasi mana yang akan dibangun jembatan baru, sebagai pengganti Jembatan Kartanegara yang ambruk.

Pembangunan kembali jembatan bakal dilakukan setelah proses pembersihan selesai. Model jembatan gantung dinilai paling pas di lokasi tersebut. Desainnya pun mirip dengan yang telah runtuh tersebut.

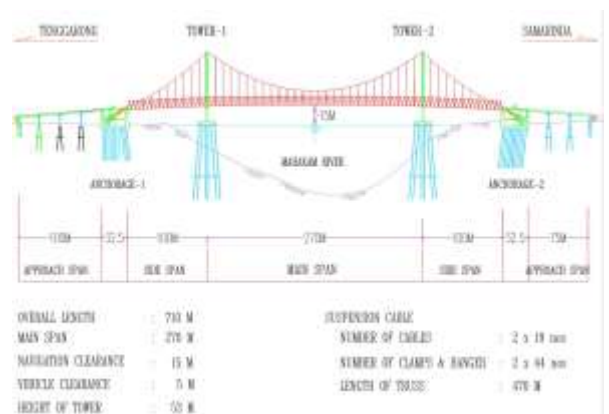
Jembatan yang baru diharapkan mampu bertahan 100 tahun dengan menggunakan tipe *Arch Bridge* atau jembatan pelengkung dengan panjang Jembatan 710 meter dan bentang tengah 470 meter, lebar 10,45 meter dengan lebar lajur lalu lintas seluas 7 meter.

Perhatikan model-model jembatan yang ditunjukkan pada gambar-gambar di bawah ini.



Sekarang Anda sebagai Konsultan Jembatan!

Bayangkan Anda dan Tim Anda sedang menjadi konsultan untuk Pemerintah Kabupaten Tenggarong dan Kementrian PU. Tugas Tim Anda adalah (1) memberikan saran lokasi terbaik sebagai tempat pembangunan jembatan yang baru, dan (2) desain yang paling cocok untuk jembatan yang baru. Saran-saran Anda harus disertai alasan-alasan dan pertimbangan-pertimbangan yang menyangkut biaya dan faktor-faktor lain seperti estetika, tingkat kerumitan disain, tngkat kesulitan dan/atau lama pembangunan, keselamatan, kenyamanan, masa pakai jembatan, biaya dan kemudahan perawatan, dan sebagainya. Untuk biaya, Tim Anda harus menyertakan rincian perhitungan dan perbandingan biaya untuk masing-masing tipe jembatan. Gunakan tabel 1 dan 2 serta data lain dari Internet sebagai rujukan.



Gambar 4. Merancang Kembali Jembatan Kutai Kartanegara (Kukar) yang Runtuh

Setelah siswa mengerjakan perancangan jembatan secara berkelompok, setiap kelompok diminta menyajikan hasilnya di depan kelas. Setiap kelompok menyusun dan menyajikan poster, sebagai dokumentasi penyelesaian masalah tersebut. Dalam diskusi kelas dibahas ide-ide kunci yang disampaikan setiap kelompok dan hubungannya satu dengan lainnya, kemudian disimpulkan.

Menghasilkan Model-model Penyelesaian

Mungkin beberapa kelompok siswa mungkin kesulitan mencari data pendukung dari Internet dan tidak dapat menghasilkan model yang sesuai, diharapkan yang lain mampu melakukannya dengan berbagai tingkat kecanggihan. Model-model yang dibuat para siswa mungkin bervariasi dalam faktor-faktor yang diperhitungkan (biaya per unit permukaan dek jembatan, estetika jenis jembatan yang berbeda, usaha desain, tingkat kesulitan dan lama konstruksi, dan panjang), dan pendekatan yang berbeda dalam mempertimbangkan faktor-faktor tersebut. Sebagai contoh, beberapa kelompok mungkin tidak memberikan peringkat jenis jembatan yang berbeda tetapi hanya membandingkan jenis-jenis jembatan secara berpasangan, sedangkan kelompok lain mungkin mengembangkan prosedur yang cukup canggih untuk memberikan peringkat jenis jembatan yang berbeda sesuai dengan biaya yang diperlukan.

Model Matematika Sederhana untuk Perhitungan Biaya Pembangunan Jembatan – MS Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	Perbandingan Rata-rata Biaya Pembuatan 4 Jenis Utama Jembatan							
3								
4	Nama Jembatan	Jenis Jembatan	Total Panjang (meter)	Lebar (meter)	Total Luas (m²)	Total Biaya (Rp milyar)	Biaya per m²	Rata-rata Biaya (milyar)
5	Jembatan Balerang 1 (Tengku Fisabilillah), Batam	Cable-stayed	642	21,5	13803	400	34,5075	
6	Jembatan Suramadu	Cable-stayed	5438	30	163140	4500	36,2533	35,38041667
7	Jembatan Barito, Banjarmasin	Gantung	1082	10,37	11220,3	98	114,493	
8	Jembatan Kukar, Tenggarong –Samarinda	Gantung	710	10,45	7419,5	190	39,05	76,77163265
9	Jembatan Kapuas II, Pontianak	Rangka	560	9	5040	110	45,8182	
10	Jembatan Busung, Kepulauan Riau	Rangka	260	9	2340	36,363	64,3511	55,08465398
11	Jembatan Kelok Sembilan, Sumbar	Pelengkung	945	13,5	12757,5	586	21,7705	
12	Jembatan Teluk Masjid, Pekanbaru	Pelengkung	1650	9	14850	359	41,3649	31,56769016

Gambar 5. Contoh Perhitungan rata-rata biaya pembangunan masing-masing jenis jembatan dengan mengambil 2 sampel

Masing-masing kelompok siswa dapat menggunakan MS Excel untuk menghitung rata-rata biaya pembuatan masing-masing jenis jembatan berdasarkan data yang sudah disediakan, seperti contoh pada Gambar 5. Mereka juga dapat menggunakan data yang lebih banyak tentang jembatan dari situs Web:

1. Direktori Jembatan Kepustakaan Kementerian Pekerjaan Umum (<http://pustaka.pu.go.id/new/infrastruktur-jembatan.asp>);
2. Data Jembatan (<http://www.datajembatan.info/idx>).

Masalah Jembatan dan Model Pembelajaran STEM

Permasalahan yang terkait dengan jembatan sangatlah cocok untuk dijadikan bahan pembelajaran berbasis STEM, karena masalah jembatan menyangkut kehidupan manusia di dalam berinteraksi dengan alam dan sesamanya. Jembatan mempunyai fungsi sosial dan ekonomi, karena jembatan merupakan penghubung dua wilayah atau masyarakat yang sebelumnya saling terpisah. Para ilmuwan dan insinyur mengkaji dan merancang berbagai bentuk dan desain jembatan yang kuat, tahan lama, aman, tidak terlalu mahal biaya pembangunan dan perawatannya, bernilai seni dan sejarah, khususnya untuk jembatan penghubung dua daerah vital atau jembatan panjang.

Masalah Jembatan – STEM	Sains	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ilmu fisika ➤ Ilmu geografi ➤ Ilmu tanah ➤ Ilmu biologi ➤ Ilmu kimia ➤ Ilmu ekonomi ➤ Ilmu sosial ➤ Ilmu kependudukan 	Contoh aktivitas pembelajaran: Siswa diminta menjelaskan kaitan antara jembatan dan masing-masing ilmu tersebut.
	Teknologi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Teknologi kayu ➤ Teknologi baja ➤ Teknologi pemancangan tiang jembatan ➤ Teknologi perakitan ➤ Teknologi air ➤ Teknologi beton ➤ Teknologi komputasi (software komputasi) ➤ Teknologi pengelolaan informasi jembatan 	Contoh aktivitas pembelajaran: Siswa diminta menjelaskan kaitan antara jembatan dan masing-masing teknologi tersebut.
	Engineering	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rekayasa desain jembatan ➤ CAD (<i>computer aided design</i>) Jembatan 	Contoh aktivitas pembelajaran: Siswa diminta untuk mencari software khusus untuk merancang jembatan dan membuat rancangan jembatan dengan software tersebut
	Matematika	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Perhitungan bobot rangka jembatan ➤ Perhitungan volume bahan jembatan ➤ Perhitungan kekuatan jembatan (kemampuan menyangga beban) ➤ Perhitungan keamanan jembatan ➤ Perhitungan biaya pembangunan jembatan, dll. 	Contoh aktivitas pembelajaran: Siswa diminta untuk melakukan perhitungan-perhitungan tersebut dengan menggunakan rumus-rumus dan data yang sudah tersedia.

Gambar 7. Kerangka Masalah Jembatan dan STEM



Gambar 6. Peta jembatan di situs Data Jembatan (www.datajembatan.info)

Permasalahan lain yang terkait dengan jembatan juga dapat dijadikan sebagai bahan untuk pembelajaran matematika berbasis STEM. Sebagai contoh, misalkan siswa diminta untuk mencari data tentang jembatan, misalnya dari Internet, khususnya dari situs **Data Jembatan** (www.datajembatan.info atau www.datajembatan.com), meskipun data yang tersedia di situs tersebut tidak lengkap atau *up to date*. Dengan menggunakan data yang tersedia atau dapat ditemukan, siswa diminta untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan atau melakukan hal-hal di bawah ini.

1. Membuat tabel distribusi banyaknya jembatan di masing-masing provinsi di Indonesia, dikelompokkan berdasarkan jenis-jenis jembatan dan/atau panjang masing-masing jembatan.
2. Di provinsi manakah paling banyak terdapat jembatan. Mengapa?
3. Jenis jembatan apakah yang paling banyak terdapat di provinsi tertentu? Mengapa?
4. Berapakah total banyaknya jembatan yang terdapat di masing-masing provinsi dan di seluruh Indonesia?
5. Apakah semakin banyak jembatan berarti semakin panjang total jembatannya? Mengapa?
6. Berapakah total anggaran yang telah dihabis untuk membangun dan diperlukan untuk merawat seluruh jembatan di Indonesia?

Sudah tentu masih banyak pertanyaan lain yang dapat dimunculkan. Siswa dapat menggunakan Internet atau sumber-sumber lain untuk mencari data jembatan dan menggunakan program lembar kerja seperti MS Excel untuk mengolah data guna menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut. Bekerja secara kelompok sangat membantu, karena masing-masing siswa dapat berperan di dalam mencari data dan mengolahnya, kemudian menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diberikan.

Pengambilan keputusan dalam memecahkan masalah kompleks bukanlah proses yang mudah atau sederhana, yang ditemui dan disadari siswa dalam kegiatan ini. Rasa frustrasi mungkin terjadi di awal kegiatan, terutama untuk kelompok siswa dengan interaksi terbatas. Namun, setelah kegiatan berlangsung, diharapkan semakin banyak siswa yang terlibat aktif dan mengalami kemajuan yang berarti selama proses pembelajaran. Bekerja dalam kelompok yang berbeda kemampuan antar siswa menyediakan lingkungan yang aman bagi siswa untuk mengekspresikan ide-ide mereka.

Untuk para guru, penyediaan aktivitas individu dan kerja kelompok campuran memberikan wawasan yang berguna ke dalam pemikiran siswa.

Kegiatan ini membantu siswa menghargai hakekat pemecahan masalah di luar kelas. Penyelesaian masalah dalam kehidupan sehari-hari secara efektif sering mengharuskan adanya menggabungkan banyak faktor, beberapa di antaranya mungkin ambigu dan bertentangan. Sering, beberapa tujuan harus dipenuhi, data yang kompleks perlu dianalisis secara hati-hati, dan lebih dari satu solusi yang dapat diterima harus diperhatikan. Masalah rekayasa jembatan menyediakan sumber yang kaya untuk menciptakan pengalaman belajar yang mencerminkan tantangan masalah kehidupan nyata.

REFERENCES

- Cunningham, Christine, and Kate Hester. 2007. "Engineering Is Elementary: An Engineering and Technology Curriculum for Children." In *Proceedings of the 2007 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, pp. 1–18. Honolulu, Hawaii: American Society for Engineering Education.
- English, Lyn D., and Nicholas Mousoulides. 2011. "Engineering-Based Modelling Experiences in the Elementary Classroom." In *Dynamic Modeling: Cognitive Tool for Scientific Enquiry*, edited by Myint S. Khine and Issa M. Saleh, pp. 173–94. Netherlands: Springer.
- Firta Sukmana dan Herry Vaza. 2008. *Jembatan Indonesia: Sekarang dan Mendatang*. <https://thomaspm.files.wordpress.com/2008/11/krtj-10-16-jembatan-indonesia-saat-ini-dan-mendatang.pdf>. (14/07/2015 16:38)
- Guzey, S. Selcen, Tamara J. Moore, and Gillian H. Roehrig. 2010. "Curriculum Development for STEM Integration: Bridge Design on the White Earth Reservation." In *Handbook of Curriculum Development*, edited by Limon E. Kattington, pp. 347–66. Hauppauge, NY: Nova Science.
- Isamas54. 2011. *Data Beberapa Jembatan Gantung di Indonesia*. <http://isamas54.blogspot.com/2011/11/data-beberapa-jembatan-gantung-di.html>. (14/07/2015 16:38)
- Lesh, Richard and Judith S. Zawojewski. 2007. "Problem Solving and Modeling." In *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, edited by Frank K. Lester, Jr., pp. 763–804. Greenwich, CT: Information Age.
- Wiryanto Dewobroto. 2008. *Perkembangan Jembatan di Indonesia*. <https://wiryanto.wordpress.com/2008/12/19/perkembangan-jembatan-di-indonesia/>. (14/07/2015 16:38)