

Tren Konstruksi Baja dalam Mendukung Pekerjaan Infrastruktur di Indonesia¹

Wiryanto Dewobroto

Komite Keselamatan Konstruksi – Kepmen PUPR No.66/KPTS/M/2018
Jurusan Teknik Sipil, Universitas Pelita Harapan, Tangerang
Email: wiryanto.dewobroto@uph.edu

Abstrak :

Ramai terlihat pekerjaan infrastruktur Indonesia saat ini, yang diupayakan merata di seluruh penjuru. Seakan tahu akan terjadi kejayaan negeri ini di masa depan. Jika pada era sebelumnya, pekerjaan infrastruktur didominasi konstruksi beton, maka saat ini terkesan konstruksi baja mulai tren. Tampilannya atraktif sehingga mudah viral di media sosial. Penulis selaku akademisi tidak pada posisi pas membahas secara detail, dimana dan bagaimana pekerjaan proyek infrastruktur tersebut. Adapun yang akan dibahas adalah mengapa tren terjadi dan tanggapan dibentuknya ISSC (*Indonesia Society Steel Construction*). Wadah yang diharapkan menjadi penopang, bahkan motor penggerak agar tren pemakaian konstruksi baja terus berlanjut. Juga dibahas hal-hal penting yang perlu diketahui oleh para pemangku kepentingan (*owner*, arsitek, insinyur, kontraktor dan pemakai) agar mendapatkan kepuasan ketika konstruksi baja telah dipilih untuk proyek-proyek pekerjaan infrastruktur.

Kata kunci: tren, konstruksi baja, proyek infrastruktur, ISSC, Indonesia Society Steel Construction

1. Pendahuluan

Istilah “tren” menurut KBBI (<https://kbbi.web.id/tren>) adalah kata benda, yang artinya “gaya mutakhir”. Tren di judul di atas tidak sepenuhnya mengikuti KBBI, lebih tepat jika diartikan “kecenderungan suatu hal akan lebih sering lagi”. Itu sebabnya definisi berikut lebih sesuai :

A pattern of gradual change in a condition, output, or process, or an average or general tendency of a series of data points to move in a certain direction over time, represented by a line or curve on a graph. [<http://www.businessdictionary.com/definition/trend.html>]

Itu terjadi karena di satu sisi, ada pembangunan infrastruktur yang masif. Sisi lain ada usaha gencar sosialisasi via media sosial dan menjadi viral. Infrastruktur baja di masa lalu adalah minoritas dibandingkan beton, walaupun ada, terkesan monoton. Saat ini kondisinya berbeda, bangunan konstruksi baja banyak yang tampil atraktif, unik dan layak dijadikan **IKON** khas untuk meningkatkan potensi pariwisata daerah tersebut. Akibatnya banyak yang bangga bisa berfoto dengan latar belakang hasil pembangunan infrastruktur di era pemerintah saat ini.



Gambar 1. Presiden Jokowi dan staff di Jembatan Holtekamp, Papua (ref. WA Group K2K)

¹ Workshop “Pengembangan Kualitas Konstruksi Baja di Indonesia”, diselenggarakan Direktorat Bina Kelembagaan dan Sumber Daya Jasa Konstruksi, Dirjen Bina Konstruksi, Kementerian PUPR, Kamis 19 Juli 2018, di Hotel Ambhara, Jakarta.

2. Saatnya Konstruksi Baja “diperjuangkan”

Pembangunan infrastruktur Indonesia sedemikian masif saat ini. Dari tweet @jokowi, Kamis 11 Jan. 2018 diketahui “Ada tujuh juta orang bekerja membangun infrastruktur di seluruh penjuru tanah air. Di Kalimantan ada 24 proyek, di Sulawesi 27 proyek, di Maluku dan Papua 13 proyek, di Sumatra 61 proyek, dan di tempat-tempat lain”. Penganjangan kegiatan yang begitu bersemangat seperti itu mengingatkan kita akan era REPELITA dahulu. Hal itu pula yang mungkin menjadi faktor penting mengapa penulis mengambil kuliah di bidang teknik sipil dan menjadi profesinya sampai saat ini. Saat itu \pm 35 tahun lalu, bidang rekayasa khususnya teknik sipil sedang menjadi tren anak-anak muda untuk menjadi pilihan karirnya.

Jika di masa dulu, pembangunan infrastruktur lebih ditekankan pada pertumbuhan ekonomi semata. Saat ini pembangunan infrastruktur ternyata didasari motivasi yang berbeda karena menyangkut keberadaan berbagai suku di Nusantara yang tentunya mengarah pada kemajuan NKRI dan kesejahteraan seluruh rakyatnya secara lebih utuh.



Gambar 2. Pembangunan infrastruktur untuk kemajuan NKRI (sumber internet)

Karena tidak didasarkan pada pertimbangan ekonomi semata, wajar jika infrastruktur dapat dibangun di berbagai pelosok tanah air. Hal yang tidak terbayangkan di era sebelumnya. Jika pembangunan ujung timur Indonesia (Papua) saja begitu masif, tentunya di belahan tanah air yang lain, tidak diragukan lagi. Walaupun sekarang belum, tunggu gilirannya saja.



Gambar 3. Infrastruktur transportasi Trans Papua (sumber internet)

Saat bersamaan, pemerintah telah memilih pariwisata sebagai komoditi unggulan penghasil devisa, dengan tag terkenalanya “*Wonderful Indonesia*”. Akibatnya, daerah yang berpotensi di industri pariwisata akan dikembangkan. Hal ini telah dilakukan serius, promosinya bahkan telah sampai ujung dunia, yaitu dengan terlibatnya Indonesia di FIFA World Cup Rusia 2018 melalui iklan di moda transportasi bus (lihat Gambar 4).



Gambar 4. Promosi pariwisata Indonesia di Rusia

Agar pariwisata bisa menghasilkan devisa yang signifikan, diperlukan kreatifitas. Untuk itu tidak bisa sekedar mengandalkan keindahan alam, budaya atau peninggalan masa lalu yang merupakan daya tarik pariwisata tradisional. Agar hasilnya signifikan perlu dipoles dan didukung oleh infrastruktur transportasi. Apalagi jika elemen infrastruktur yang dibuatpun dapat dijadikan tujuan pariwisata baru, seperti Sydney Harbour Bridge, di Australia, Gambar 5.



Gambar 5. Bangunan infrastruktur sebagai tujuan pariwisata baru

Terciptanya tujuan pariwisata baru dengan memanfaatkan infrastruktur, bukan hal mudah. Itu perlu kerja sama dari semua pihak: pemerintah, profesional, pengusaha dan masyarakat.

Terkait pekerjaan infrastruktur tentunya akan melibatkan insinyur, khususnya teknik sipil. Selanjutnya tentunya akan dipilih : apakah konstruksi beton atau baja atau keduanya. Untuk konstruksi kayu, bisa diabaikan, walaupun ada pasti hanya untuk bangunan kecil non-struktur (*non-engineering building*). Jika diinginkan konstruksi kayu megah, seperti yang dijumpai di Eropa atau semacamnya, s.d.m yang ada kelihatannya belum siap atau perlu usaha ekstra.

Konstruksi beton relatif paling populer dan dikuasai para insinyur Indonesia. Konstruksi baja baru akan dilirik jika beton menjadi relatif mahal. Ini menyebabkan ilmu struktur baja relatif kurang berkembang. Akibatnya banyak insinyur di Indonesia akan memilih konstruksi beton terlebih dahulu dan berupaya menghindari konstruksi baja dengan alasan biaya mahal.

Tidak dipilihnya konstruksi baja dan lebih memilih konstruksi beton oleh para insinyur akan berdampak negatif bagi dunia usaha (baja dan asesorinya). Itu alasannya mengapa konstruksi baja hanya unggul untuk bangunan industri dan semacamnya, karena jika dipilih konstruksi beton tentu akan lebih mahal, misalnya bangunan yang didominasi atap bentang lebar.

Sisi lain dari kurang populernya konstruksi baja bagi para insinyur di tanah air menyebabkan tidak banyak pula yang menguasai. Itu menjadi penyebab ketika terpaksa harus memakai konstruksi baja, maka hasilnya tidak optimal (mutu rendah atau biaya mahal). Itu tentu jadi alasan kuat untuk menghindari konstruksi baja pada proyek berikutnya.

Jadi kondisinya seperti ayam dan telur, **menguasai ilmu struktur baja** atau **tunggu populer** pemakaian konstruksi baja di masyarakat. Itu penyebab mengapa perkembangan konstruksi baja di tanah air relatif jalan ditempat, motivasi mengatasinya lebih lemah dibanding dengan keinginan insinyurnya langsung memilih konstruksi beton. Itu kondisi yang memprihatinkan bagi para penggiat konstruksi baja di tanah air, baik dari sisi praktisi (produsen, kontraktor dan konsultan rekayasa) maupun teoritis (akademisi dan peneliti).

Adanya keprihatinan itu ternyata telah jadi pemikiran bersama. Hari Senin, 2 Juli 2018 di Hotel Ambhara, Direktur Bina Kelembagaan dan Sumber Daya Jasa Konstruksi, Dirjen Bina Konstruksi, Kementerian PUPR, mengundang para “penggiat baja”. Pada pertemuan itu bapak Ken Pangestu (Ketua Umum Asosiasi Masyarakat Baja Indonesia / AMBI) menyampaikan gagasan pembentukan ISSC (*Indonesia Society of Steel Construction*). Ini tentu menarik dan diharapkan menjadi solusi mengatasi masalah, karena bisa menjadi ajang konsolidasi dari para penggiat konstruksi baja Indonesia. Ibarat pepatah, “*Bersatu Kita Teguh, Bercerai Kita Runtuh*”. Adanya konsolidasi bisa menyatukan ide dan pemikiran, bahkan kesepakatan untuk bersama mencari penyelesaian. Minimal menjadi ajang resmi untuk saling bertukar informasi dan berbagi kompetensi dari para anggota untuk kerja sama. Tentu yang diharapkan adalah saling menguntungkan dan atas dasar sukarela saling menghormati.

Seperti pepatah “*untuk segala sesuatu ada waktunya*”. Gagasan pembentukan ISSC adalah sesuatu yang baik, tetapi apakah waktunya telah tepat. Ini penting, gagasan ibarat biji atau benih. Meskipun benihnya terbaik, tetapi jika ditanam atau jatuh di tanah dan musim yang tidak tepat, maka hasilnya akan sia-sia belaka. Suatu pertanyaan sederhana, tetapi untuk menjawab benar maka hanya waktu yang bisa melakukannya. Sebagai manusia hanya bisa berharap dan bekerja keras. Harapan ada karena saat ini pekerjaan infrastruktur dengan konstruksi baja terlihat begitu “jelas” sehingga menimbulkan kesan tren, yaitu adanya pola-pola yang masif yang menimbulkan harapan bahwa di masa depan masih juga berlangsung.

Hanya saja yang disebut tren, kadang bersifat sementara. Harapan bisa saja tinggal harapan, yang diduga baik ternyata tidak mengecewakan. Itulah sifat dunia, yang hanya sementara. Meskipun demikian kita tidak boleh pasrah, harus ada upaya untuk mewujudkan harapan. Jadi adanya gagasan pembentukan ISSC tentu dapat dianggap sebagai upaya atau tanggapan dari para penggiat konstruksi baja di tanah air ini dalam melihat peluang sekaligus dukungan terhadap pemerintah dalam membangun negeri, khususnya yang terkait konstruksi baja.

Adanya [1] pembangunan infrastruktur masif, yang tidak sekedar didasarkan faktor ekonomi semata, sehingga menyeluruh ke segala penjuru tanah air, sekaligus [2] dikembangkannya sektor pariwisata oleh pemerintah. Keduanya ibarat **tanah subur** dan **musim** yang tepat untuk bertumbuhnya gagasan pembentukan ISSC (*Indonesia Society of Steel Construction*).

3. Pentingnya pembentukan ISSC (*Indonesia Society of Steel Construction*)

Penulis hanya salah satu penggiat konstruksi baja unsur akademisi (penelitian & publikasi, pengajaran dan konsultan mandiri), yang diundang berpartisipasi pada pembentukan ISSC, sehingga penjelasan yang disampaikan ini bersifat subyektif. Organisasi ISSC nantinya akan

terdiri dari banyak unsur anggotanya, sehingga yang menjadi harapan mereka tentu saja bisa beragam. Jika berdasarkan pengalaman selaku akademisi, konsultansi rekayasa mandiri, dan aktif di kegiatan nasional (anggota K2K - PUPR), maka pembentukan ISSC sangat penting karena bisa menjadi wadah bagi orang-orang profesional dengan pemikiran sama. Maklum dunia rekayasa konstruksi baja hanya sukses (sesuai rencana) jika didukung dan dikerjakan oleh orang profesional, berpengalaman dan kompeten, yang berarti tidak sembarangan orang.

Untuk bisa menjadi profesional dan kompeten, perlu proses **belajar, mengajar, pelatihan** dan terjun menggelutinya (pengalaman). Itupun hanya berlaku untuk hal-hal baku, atau yang sudah ada sebelumnya. Untuk hal baru, atau belum pernah ada sebelumnya, itu tidak cukup, perlu kemampuan **penelitian** (menemukan masalah dan solusi) dan **publikasi** (meyakinkan orang lain akan mutu penelitiannya). Agar berhasil, kadangkala pengalaman atau senioritas (pengalaman praktis) tidak cukup, diperlukan penguasaan teori-teori di bidang rekayasa agar bisa menjelaskan secara rasional bahwa apa yang akan dibuat, sudah aman dan memenuhi persyaratan yang ada. Pernyataan ini tentu bisa diperdebatkan, karena ada bukti juga bahwa yang tidak paham teoripun, tetapi hanya mengandalkan *trial-error* dan keberanian semata, ternyata bisa mewujudkannya juga. Itu tidak dipungkiri, tetapi strategi seperti itu tentunya tidak bisa diterapkan pada proyek besar, yang risiko rugi atau terjadinya kegagalan bangunan dan keamanan pemakai, pastilah tidak bisa ditolerir banyak orang.

Belajar, mengajar, pelatihan dan penelitian adalah ruang lingkup pekerjaan dan kompetensi penulis selaku akademisi. Mata kuliah yang diajarkan salah satunya adalah konstruksi baja. Dalam menyiapkan materi ajar, dan acuan penelitian, ternyata membaca "*publikasi khusus tentang struktur baja*" adalah sangat membantu. Publikasi khusus umumnya tidak berbentuk buku, tetapi jurnal atau prosiding. Selama ini, penerbit yang paling banyak dirujuk adalah AISC (*American Institute of Steel Construction*). Ini kenyataan, yang mungkin dirasakan juga oleh sebagian besar pakar dan akademisi di Indonesia terkait konstruksi baja, terbukti peraturan perencanaan konstruksi baja, SNI 1729:2015 "*Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*" adalah adopsi identik dengan cara terjemahan AISC 360-10 "*Specification for Structural Steel Buildings*" yang diterbitkan *American Institute of Steel Construction*. Jadi, jika ISSC nanti dibentuk dengan analogi seperti adanya AISC di Amerika, tentu tidak ada lagi keraguan akan pentingnya untuk didirikan.

Organisasi profesi kita yang ada saat ini, yang perannya mirip adalah HAKI (Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia), telah berdiri sejak 1971 oleh 36 orang Insinyur. Saat ini, 47 tahun kemudian, anggotanya telah bertambah jadi 4.735 orang (<http://haki.or.id>). Jumlah penduduk Indonesia 237,6 juta orang (Sensus Penduduk 2010) maka anggota HAKI hanya $\pm 0.002\%$. Jika dianggap anggota HAKI adalah profesional yang peduli dan selalu *up-dated* keilmuannya, tentu hal itu bisa diartikan bahwa kondisi s.d.m Indonesia di bidang konstruksi sangat memprihatinkan. Padahal di sisi lain, saat ini semangat pemerintah sangat tinggi membangun infrastruktur. Jika ini tidak diwaspadai, maka bisa saja kesempatan emas pembangunan tersebut akan direbut oleh profesional bidang konstruksi dari manca-negara dengan alasan profesional bidang konstruksi di dalam negeri yang tidak mencukupi.

Konstruksi yang diprihatinkan di atas, mencakup konstruksi beton dan konstruksi baja. Dari keduanya, saat ini konstruksi baja adalah pilihan alternatif, jika pemakaian konstruksi beton terlalu mahal. Oleh sebab itu, yang disebut "*tren konstruksi baja dalam pembangunan infrastruktur negeri ini*", tidak bisa disebutkan dengan bangga karena menghadapi risiko besar. Jika hanya mengandalkan jumlah profesional yang tidak memadai, mutunya diragukan. Jika mempertahankan mutu dengan mendatangkan profesional mancanegara maka itu akan jadi dilema besar, bisa-bisa peribahasa "*bagaiakan tikus mati di lumbung padi*", akan berlaku.

Jadi keberadaan ISSC akan membantu HAKI dalam meningkatkan jumlah dan kualitas para profesional di bidang konstruksi baja, yang selama ini belum terwadahi dengan baik.

4. Harapan akan dampak ISSC di masa depan

Keinginan membentuk ISSC (*Indonesia Society of Steel Construction*) boleh saja menggebu-gebu dan penuh semangat, sebab dianggap sudah tepat waktu dan kondisinya. Tetapi agar tidak mengecewakan nantinya akan lebih baik perlu didefinisikan secara tegas apa-apa saja yang sebenarnya ingin diraih. Secara umum telah disebut, bahwa ISSC diperlukan agar tren penggunaan konstruksi baja pada proyek infrastruktur terus berlangsung. Meskipun begitu, dari melihat rapat persiapan yang telah dilakukan, dapat diamati bahwa motivasinya ternyata banyak. Maklum latar belakang peserta rapat berbeda-beda, mulai dari unsur pemerintah, dosen, juga perusahaan yang berorientasi profit. Ibarat “*rambut boleh sama-sama hitam tapi isi kepala siapa tahu*”.

Dari pengamatan, ternyata tidak sekedar tren konstruksi baja saja. Ada lainnya yaitu sebagai mekanisme pertahanan diri dari para penggiat konstruksi baja Indonesia untuk menjadi tuan rumah di negeri sendiri. Ini tidak salah tentunya, hanya cara yang dipakai harus bermartabat, yaitu **peningkatan mutu atau kualitas** anggotanya, baik berupa **s.d.m** atau **produk** hasil. Jika produk jasa dan barang kompetitif dari segi biaya dan bermutu tinggi, maka tentu tidak ada keraguan lagi bahwa tren akan tetap berlanjut dengan tetap menyertakan komponen dari dalam negeri, sehingga tidak ada kesan pemain baja lokal merasa dianak-tirikan.

Untuk menyamakan langkah-langkah apa yang perlu dilakukan setelah ISSC terbentuk, ada baiknya mengintip organisasi serupa yang lain dan produk unggulannya. Agar ISSC disegani maka produk yang dihasilkannya tentu tidak boleh kalah atau minimal menyamai yang ada.

Tabel 1. Organisasi Profesi Berbagai Negara dan Publikasinya

No	Nama	Negara	Publikasi (Standar / Code dan Jurnal Ilmiah)
1	American Society of Civil Engineers (ASCE)	USA	Ada sekitar 36 jurnal ilmiah yang diterbitkan, sebagai berikut: ASCE-ASME J. of Risk and Uncertainty in Eng. Systems, Part A: CE International Journal of Geomechanics Journal of Aerospace Engineering Journal of Architectural Engineering Journal of Bridge Engineering Journal of Cold Regions Engineering Journal of Composites for Construction Journal of Computing in Civil Engineering Journal of Construction Engineering and Management Journal of Energy Engineering Journal of Engineering Mechanics Journal of Environmental Engineering Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Journal of Highway and Transportation Research and Development Journal of Hydraulic Engineering Journal of Hydrologic Engineering Journal of Infrastructure Systems Journal of Irrigation and Drainage Engineering Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Eng. and Construction Journal of Management in Engineering Journal of Materials in Civil Engineering Journal of Nanomechanics and Micromechanics Journal of Performance of Constructed Facilities Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice Journal of Structural Engineering Journal of Surveying Engineering Journal of Sustainable Water in the Built Environment Journal of Transportation Engineering Journal of Urban Planning and Development Journal of Water Resources Planning and Management Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering Leadership and Management in Engineering Natural Hazards Review Practice Periodical on Structural Design and Construction

Tabel 1. Organisasi Profesi Berbagai Negara dan Publikasinya (lanjutan)

No	Nama	Negara	Publikasi (Standar / Code dan Jurnal Ilmiah)
1	American Society of Civil Engineers (ASCE) - lanjutan	USA	<p>ASCE/SEI 7-16:2017 (Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures), ini rujukan SNI muatan dan gempa. . . standar (code) lain yang diterbitkan masih banyak (> 40)</p> <p>Civil Engineering Magazine Archive, ISSN (online): 2381-0688</p> <p>Ratusan prosiding seminar yang terbagi dalam topik-topik, berikut : [1] Geotechnics, [2] Transportation engineering, [3] Construction engineering, [4] Water and water resources, [5] Structural engineering, [6] Environmental engineering, [7] Pavements, [8] Coastal engineering, [9] Infrastructure management and security, [10] Sustainable development, [11] Disasters, Materials, [12] Computing in civil engineering, [13] Ocean engineering, [14] Waterways, [15] Pipelines, [16] Urban planning and development, [17] Bridges, [18] Tunnels and underground construction, [19] Civil engineering profession, [20] Forensic engineering, [21] Risk management, [22] Aerospace engineering, [23] History and heritage, [24] Ports and harbors, [25] Architectural engineering, [26] Cold regions, [27] Energy engineering, [28] Codes and Standards, [29] Engineering mechanics, [30] Geomatics, [31] Lifeline systems, [32] Utilities.</p>
2	American Institute of Steel Construction (AISC)	USA	<p>Steel Manual Resources :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Specification for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360) 2. Seismic Provisions for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 341) 3. Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications (ANSI/AISC 358) 4. Specification for Safety-Related Steel Structures for Nuclear Facilities (ANSI/AISC N690) 5. RCSC Specification for Structural joints Using High-Strength Bolts 6. Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges (ANSI/AISC 303) 7. Certification Standards 8. Design Examples <p>Engineering Journal (jurnal ilmiah tiap triwulan)</p> <p>Design Guides:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Base Plate and Anchor Rod Design (2nd Ed.) 2. Design of Steel and Composite Beams with Web Openings 3. Design Considerations for Steel Buildings (2nd Ed.) 4. End-Plate Moment Connections/Seismic & Wind Applications 5. Design of Low- and Medium-Rise Steel Buildings 6. LRFD of W-Shapes Encased in Concrete 7. Industrial Buildings—Roofs to Anchor Rods (2nd Ed.) 8. Partially Restrained Composite Connections 9. Torsional Analysis of Structural Steel Members 10. Erection Bracing of Low-Rise Structural Steel Frames 11. Vibrations of S-Framed Structural Systems Due to Human Activity 12. Modification of Existing Steel Welded Moment Frame Connections for Seismic Resistant <p>Note: ada sekitar 30 judul secara keseluruhan yang telah diterbitkan.</p>
3	American Concrete Institute (ACI)	USA	<p>Standards / Code:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 530/530.1-13: Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures and Companion Commentaries 2. 350-06 Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures 3. 301-16 Specifications for Structural Concrete 4. 562-16 Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures and Commentary 5. 506.2-13 Specification for Shotcrete 6. 318M-14: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (Metric) 7. 351.5M-15 Specification for Installation of Epoxy Grout between Foundations and Equipment Bases (Metric) 8. 548.10M-10 Specification for Type MMS (Methyl Methacrylate Slurry) Polymer Overlays for Bridge and Parking Garage (Metric) 9. 548.9M-08: Specification for Type ES (Epoxy Slurry) Polymer Overlay for Bridge and Parking Garage Decks (Metric) 10. 305.1-14 Specification for Hot Weather Concreting (Metric) 11. 376M-11 Code Reqs for Design & Constr of Conc Structures for Containment of Refrigerated Liquefied Gases (Metric) 12. 307-08: Code Requirements for Reinforced Concrete Chimneys (ACI 307-08) and Commentary <p>Note: ada sekitar 120 judul secara keseluruhan yang telah diterbitkan.</p>

Tabel 1. Organisasi Profesi Berbagai Negara dan Publikasinya (lanjutan)

No	Nama	Negara	Publikasi (Standar / Code dan Jurnal Ilmiah)
3	American Concrete Institute (ACI) - lanjutan	USA	<p>Concrete International (majalah populer terkait beton) ACI Structural Journal (jurnal ilmiah tentang struktur beton) ACI Materials Journal (jurnal ilmiah tentang material beton)</p> <p>The ACI educational documents.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Committee E701, Materials for Concrete Construction, produces the free series that includes: (E1) aggregates, (E2) reinforcement, (E3) cementitious materials, (E4) chemical admixtures. 2. Committee E702, Designing Concrete Structures, produces several free design examples. 3. Committee E703, Concrete Construction Practices, produces CCS-1, Slabs-On-Ground and CCS-4, Shotcrete for the Craftsman, which are used as the basis for ACI Certification programs on these topics. Additionally, they produce The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction, which is recommended reading for several state contractor licensing exams and one of ACI's best-selling documents. 4. Committee E706, Concrete Repair Education, produces 14 free documents on repair application procedures. 5. Committee E905, Training Programs, produces the Adhesive Anchor Installer Workbook (CP-80) and the companion DVD. <p>Guides and Reports</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ACI 302.1R-15 Guide to Concrete Floor and Slab Construction 2. ACI 308R-16 Guide to External Curing of Concrete 3. ACI 347R-14 Guide to Formwork for Concrete <p>Note: ada sekitar 248 judul secara keseluruhan yang telah diterbitkan.</p>
	Precast / Prestressed Concrete Institute (PCI)	USA	<p>Guides & Manuals - Precast Concrete Design Resources</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. PCI Bridge Design Manual 2. PCI Tech. Newletters - Precast Seismic Structural Systems (PRESSS) 3. Guide Spec.: Architectural Precast Concrete 4. Guide Spec.: Structural Precast Concrete 5. Guide Spec.: Structural Precast Concrete with Architectural Finish 6. Guide Specifications: Glass Fiber Reinforced Concrete 7. PCI Specification for Embedded Clay Thin Brick 8. PCI Specification for Architectural Terra Cotta <p>Beam Sections and Properties for Bridge Design</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. AASHTO I Beams 2. AASHTO-PCI Beams 3. Balanced Cantilever 4. Box Shapes 5. Deck Bulb-Tees 6. Double Tee Bridge Beams 7. NeXT Bridge Beams 8. PCI Zone 6 Curved Spliced Girders 9. Slab Shapes 10. Span by Span
4	Japan Society of Civil Engineers	Jepang	<p>Int. Activities Center News (www.jsce-int.org/pub/iacnews/) Magazine (www.jsce-int.org/pub/magazine) Technical Report (www.jsce-int.org/pub/report) Project Archives (http://www.jsce.or.jp/e/archive/) Journal of JSCE (www.jstage.jst.go.jp/browse/journalofjsce/)</p>
3	Japan Iron and Steel Federation	Jepang	<p>JFS Standard (www.jisf.or.jp/en/activity/jfs/index.html) Steel Construction Today & Tomorrow (Jurnal Ilmiah Populer) JISF's STEEL-MAGAZINE" e-zine (email letter)</p>
4	Japanese Society of Steel Construction	Jepang	<p>Steel Construction Engineering (jurnal laporan triwulan) JSSC Journal of Constructional Steel (prosiding seminar) Proceedings of Forum on Corrosion-Proof Painting for Steel Structures (prosiding forum teknis) Proceedings of Forum on Repair and Reinforcement of Steel Constructions (prosiding forum teknis) JSS - A booklet of JSSC Standards (publikasi awal sebelum standar) JSSC Technical Report (publikasi tentang hal teknis terkini di JSSC) JSSC Bulletin (berita rutin kegiatan sekitar JSSC)</p>
5	Japan Welding Society	Jepang	<p>Welding Letter (bulletin ilmiah) Quarterly Journal of the Japan Welding Society (Jurnal Ilmiah Int.) Journal of The Japan Welding Society (Jurnal Ilmiah Int.) Preprints of the National Meeting of JWS (Prosiding seminar tahunan)</p>
6	Architectural Institute of Japan	Jepang	<p>Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)</p>

Tabel 1 berisi nama-nama organisasi setara ISSC, negara asal, dan publikasi sebagai produk unggulannya. Selain publikasi, umumnya juga punya otoritas menerbitkan sertifikasi mutu sesuai standarnya. Sertifikasi mutu untuk s.d.m berupa sertifikasi keahlian (SKA atau SKT), untuk perusahaan bisa berupa sertifikasi mutu produk (material atau alat), juga menentukan akreditasi untuk menilai kinerja suatu lembaga (bengkel, laboratorium atau perusahaan).

Jika dipikir, organisasi profesi hanya dikenal jika punya publikasi (cetak / elektronik), yang menentukan reputasinya di kalangan profesional. Tanpa itu, fungsinya hanya “berjalan” jika ada dalam daftar birokrasi, misalnya punya otoritas menerbitkan sertifikasi (SKA). Hal itu tentu akan memaksa orang mencari tahu, tetapi jika telah didapat mungkin bisa dilupakan.

Adanya publikasi maka HAKI (<http://haki.or.id>) terhormat reputasinya dibanding asosiasi profesi lain, yang sekedar menerbitkan SKA saja. Seminar tahunan HAKI selalu penuh, bahkan lebih banyak pesertanya dibanding seminar serupa di kampus perguruan tinggi. Padahal mutu publikasinya masih kalah dibanding organisasi dari mancanegara (Tabel 1). Saat ini ada empat kegiatan utama HAKI, yaitu [1] Seminar dan Pameran Teknik; [2] Short Course; [3] Sertifikasi Keahlian (SKA); dan [4] Penerbitan Jurnal dan Newsletter. Keempat kegiatan tadi perlu dipertimbangan oleh ISSC agar dapat meniru kesuksesan HAKI yang telah ada.

Tabel 1 menunjukkan bahwa organisasi profesi Amerika (ASCE, AISC, ACI & PCI) paling produktif dalam publikasi dibanding negara lain, dan bisa disebut paling bereputasi. Inilah alasan mengapa kiblat keilmuan konstruksi di perguruan tinggi adalah Amerika. Padahal untuk praktik konstruksi baja di Indonesia, yang besar nilai investasinya (modal, mesin, dan bimbingan teknis) adalah Jepang. Itu juga alasannya mengapa dimensi profil baja Indonesia banyak mengacu standar Jepang (JIS), dan bukan Amerika. Itu sebabnya praktisi konstruksi baja (produsen, fabrikator, dsb-nya) juga terbiasa dengan cara kerja mengacu standar Jepang.

Meskipun investasi Jepang relatif besar, tetapi tidak banyak berdampak di perguruan tinggi, tempat kumpul ahli dan pakar konstruksi baja teoritis. Maklum untuk pengembangan diri, para pakar umumnya mengandalkan publikasi yang tersedia (mudah dicari) dan dianggap paling bereputasi, yaitu Amerika. Selaku akademisi merasakan bahwa publikasi terkait baja dari Jepang sangat terbatas, kalah banyak dan lengkap dibanding Amerika. Itu alasannya mengapa hampir semua materi kuliah struktur (baja, beton dan kayu), merujuk ke Amerika (AISC, ACI dan NDS). Akibatnya standar atau *code* perencanaan disusun mengacu sumber sama. Kondisi ini bisa jadi masalah untuk program **standardisasi** yang dicanangkan ISSC.

Menghadapi permasalahan seperti itu, penulis mengusulkan agar standar perencanaan teoritis tetap memakai standar SNI 1729-2015, yang adopsi identik dari AISC 360-2010 (Amerika). Tidak perlu perubahan atau modifikasi dengan alasan yang tidak sesuai produk lokal. Ini untuk menghindari timbulnya masalah baru. Adapun standar praktik pelaksanaan konstruksi baja, silahkan mengacu standar yang biasa di perusahaan (umumnya Jepang), sesuatu yang tidak diajarkan di perguruan tinggi. Selanjutnya ada baiknya ISSC melakukan penelitian dan publikasi apakah hasil pemakaian kedua standar berbeda (teori Amerika, praktis Jepang) dapat menghasilkan produk hasil sesuai teorinya. Jika hasilnya lebih baik dari rencana, tentu akan jadi unggulan dan publikasi yang ada akan jadi modal promosi yang efektif.

Publikasi adalah ujung tombak atau produk unggulan organisasi semacam ISSC. Ada kesan, orang yang bisa menulis pasti bisa membuat publikasi. Kenyataan, HAKI setelah 47 tahun masih saja belum bisa menyamai produktivitas organisasi serupa manca-negara (Tabel 1). Itu berarti, publikasi tidak sekedar bisa menulis semata, karena termasuk jenis makalah ilmiah yang dibuat perguruan tinggi. Kualitas makalah ilmiah sangat ditentukan oleh ketrampilan riset dan kompetensi penulis. Itu berarti RISET dan PUBLIKASI tidak boleh dipisah, harus jadi satu kesatuan. Riset hanya sebagai sarana untuk menghasilkan publikasi yang bermutu. Karena riset memang masih lemah di negara kita, maka wajar jika produktivitas publikasi HAKI belum bisa dibandingkan dengan negara lain yang telah maju risetnya.

Oleh sebab itu, agar organisasi ISSC dapat berdampak positif pada masyarakat profesional, nasional atau internasional, maka bidang riset dan publikasi tidak boleh diabaikan. Untuk itu kerjasama yang erat dengan perguruan tinggi di Indonesia adalah sangat penting.

5. Persamaan / Perbedaan : ISSC dan Perguruan Tinggi

ISSC dan perguruan tinggi punya tujuan sama, yaitu pengembangan **mutu s.d.m** dan **ilmu pengetahuan**. Tetapi ISSC lebih spesifik, hanya terkait konstruksi baja, adapun perguruan tinggi mempunyai jangkauan yang lebih luas, di berbagai bidang ilmu.

Data Kementrian RISTEKDIKTI (2018), ada 3250 perguruan tinggi, dan 304 diantaranya Program Studi S-1 Teknik Sipil (<https://banpt.or.id>). Jika disetiap program studi minimal ada 1 dosen senior yang menguasai ilmu struktur baja, maka dapat dianggap perguruan tinggi yang bisa mengembangkan baja, adalah $304/3250 \times 100\% \cong 9\%$. Suatu jumlah yang relatif kecil sehingga diragukan bisa mengembangkan s.d.m atau ilmu pengetahuan **secara mandiri** terkait konstruksi baja. Apalagi dosen Indonesia umumnya dikenal lebih suka mengajar daripada riset dan publikasi. Itu alasannya mengapa ISSC perlu dibentuk, agar bisa menjadi katalisator dan energi baru mewujudkan tujuan.

Unsur penting kesuksesan pengembangan s.d.m adalah proses belajar-mengajar, sedangkan pengembangan ilmu pengetahuan bertumpu pada riset dan publikasi ilmiah yang dilakukan. Karena keduanya adalah kompetensi yang umumnya dimiliki oleh civitas akademi perguruan tinggi, maka keanggotaannya di ISSC pasti menguntungkan dan bisa meningkatkan reputasi.

Meskipun sama-sama memahami pentingnya penelitian & publikasi, tetapi antara keduanya (ISSC dan perguruan tinggi) pada dasarnya berbeda. ISSC lebih menekankan pada HASIL apakah memberi solusi masalah atau tidak, sedangkan perguruan tinggi lebih menekankan pada PROSES sebagai bagian dari proses belajar-mengajar. Itulah mengapa dokumen skripsi dan semacamnya yang merupakan hasil penelitian tidak perlu dipublikasikan. Walaupun bisa menghasilkan karya yang spektakuler, maka itulah yang berperan meningkatkan reputasinya.

Publikasi bagi perguruan tinggi adalah produk akhir suatu penelitian. Apakah isinya berguna bagi masyarakat atau profesinya, itu soal lain. Hal yang lebih dipentingkan adalah kebaruan (*novelty*) atau bukan plagiat. Itu alasannya mengapa DIKTI mengharuskan publikasi jenjang kepangkatan dosen harus menerbitkannya pada jurnal terakreditasi SCOPUS dan bereputasi.

Publikasi bagi ISSC hanya sekedar alat tukar informasi (berita) dan hasil penelitian (ilmiah), bukan tujuan. Keduanya penting, tetapi sebaiknya tidak dicampur aduk karena fungsinya berbeda. Publikasi ISSC akan menentukan reputasinya di masyarakat. Hal itu tentu saja akan ditentukan apakah isi publikasinya dapat diandalkan dan menjadi jawaban permasalahan atau tidak. Oleh sebab itu penelitian yang dibuat harus relevan dengan permasalahan lokal yang ada. Jadi kalau sekedar asal meneliti, pasti akan mengecewakan, dan pada akhirnya akan diabaikan keberadaannya.

ISSC nanti akan terdiri dari semua unsur masyarakat yang berkecimpung di bidang konstruksi baja. Mulai dari unsur pendidikan, pengusaha, profesional dan pemerintah. Agar bermanfaat dalam mempertahankan **tren** konstruksi baja, maka pilihan meningkatkan **mutu** anggotanya adalah yang utama karena bermartabat. Untuk itu langkah awal tentu saja mengidentifikasi keahlian dan kompetensi anggota, memprediksi hal-hal penting yang perlu diperjuangkan. Langkah selanjutnya mengumpulkan permasalahan yang dihadapi, mencari penyelesaian dari antara para anggotanya, jika tidak tersedia harus mengusahakan dari luar organisasi. Jika masalahnya adalah sesuatu yang baru, maka bisa dijadikan proyek penelitian, yang dananya adalah hasil dukungan bersama anggota ISSC. Ini tentu bisa digunakan untuk mendukung terbentuknya reputasi atau kepercayaan dari masyarakat profesional, dalam dan luar negeri.

6. Tulisan dan Publikasi Tentang Baja

6.1. Pentingnya tulisan dan publikasi

Menulis adalah suatu bentuk komunikasi yang paling penting, karena apa yang ada di dalam pikiran dapat diekspresikan untuk dimengerti orang lain, tanpa perlu kehadiran penulisnya. (Dewobroto 2009). Jadi tulisan juga merupakan dokumentasi pikiran, karena dapat disimpan maka isi pikiran-pikiran tersebut akhirnya terakumulasi. Tidaklah heran jika dari tulisan itu pula maka keberlanjutan tren konstruksi baja akan terpengaruh dan tentunya ISSC juga.

Adanya keinginan untuk mempopulerkan (tren) konstruksi baja di tanah air hanya terwujud jika didukung oleh adanya tulisan-tulisan positif tentang hal itu. Penyelenggaraan workshop baja kali ini juga dapat dianggap suatu upaya positif untuk mewujudkannya. Meskipun keberhasilan cara tersebut juga ditentukan oleh besarnya kuantitas penetrasi ke masyarakat, variabelnya adalah **jumlah peserta hadir** dan **frekuensi penyelenggaraan** tiap tahunnya. Untuk itu jelas diperlukan kerja keras, waktu dan yang tidak kalah pentingnya adalah dana (sponsor). Jadi diperlukan kerja sama yang baik antara industri, perguruan tinggi dan asosiasi profesi. Itulah pentingnya dibentuk ISSC (*Indonesia Society of Steel Constructions*).

6.2. Ketersediaan publikasi tentang baja

Dari uraian sebelumnya, banyak hal dapat diungkapkan berkaitan konstruksi bangunan baja. Itu semua juga menunjukkan bahwa agar hasilnya baik, sesuai rencana, maka para pelaksana yang terlibat memerlukan keahlian yang cukup, dan itu perlu waktu mempelajarinya. Untuk sesuatu yang populer atau dominan, maka tempat belajarnya tentu relatif mudah dibanding yang tidak populer atau jarang. Itu terkait dengan banyaknya para ahli untuk dijadikan guru tempat bertanya. Jika itu tidak ada, atau ada tetapi yang bersangkutan beralasan tidak punya waktu atau takut akan bertambah saingan bisnisnya, maka satu-satunya sarana belajar adalah melalui buku-buku teks, jurnal-jurnal ilmiah atau publikasi tertulis yang ada tentang hal itu.

Jadi ketersediaan literatur atau tulisan tentang konstruksi baja dapat dikaitkan dengan banyak atau tidaknya profesional yang akan menguasai materi tersebut. Jika banyak ahli baja maka bisa saja material tersebut menjadi pilihan jika ada proyek konstruksi. Jadi cukup wajar jika ingin mempopulerkan konstruksi baja di proyek-proyek konstruksi maka dapat dilakukan dengan cara mempublikasikan sebanyak mungkin literatur tentang baja atau yang terkait.

Keberadaan literatur baja mancanegara sebenarnya mudah diperoleh dengan adanya internet, karena ternyata di dunia maya banyak sekali *ebook* tentang baja yang dapat di *download*. Tetapi karena ada kendala bahasa maka yang mendapatkan keahlian dari buku itu akhirnya menjadi terbatas juga. Jadi alangkah baiknya jika ada buku-buku baja berbahasa Indonesia.

Untuk itu siapa yang dapat diharapkan, tentu tidak mudah menjawabnya. Profesional yang ahli di bidang struktur baja di Indonesia jelas pasti ada, tetapi yang mempunyai keahlian dan sekaligus mampu menulis secara baik sehingga banyak yang membaca tulisannya, tentu itu masalah yang berbeda. Cara mudah mengatasinya adalah penerjemahan buku-buku asing yang telah terbukti. Tetapi siapa yang mau mengusahakannya, karena untuk itu diperlukan dana atau modal. Saat ini, kebanyakan yang berinisiatif melakukan penerjemahan dan memasarkan buku yang dimaksud adalah penerbit yang mengkhususkan diri pada buku-buku teknik. Tetapi jika itu yang diharapkan, motivasi utamanya adalah keuntungan finansial semata. Buku yang dipilihpun pasti hanya buku-buku tertentu yang pasarnya ada, misalnya buku teks untuk perguruan tinggi. Sedangkan buku tingkat lanjut (*advance*), yang umumnya relatif berat dibaca awam atau tingkat mahasiswa maka pasarnya relatif sangat sempit. Jadi kalau akan diterbitkan beresiko tinggi untuk merugi. Untuk kasus-kasus ini maka mencari penerbit yang mau adalah tidak mudah. Pendapat ini timbul atas dasar pengalaman penulis saat mencari penerbit untuk buku-bukunya (Dewobroto 2003, 2004, 2005, 2007).

Oleh karena itu ada baiknya, jika ada pihak yang mau memberi sponsor penerbitan buku-buku semacam itu. Pihak itu tentunya adalah yang punya modal besar dan mau berinvestasi untuk suatu tujuan tertentu yang lebih besar dari sekedar mendapatkan keuntungan finansial dari penjualan buku-buku tersebut. Penulis berpendapat, pihak yang dimaksud yang paling cocok adalah konsorsium industri baja atau semacamnya. Logikanya cukup jelas, investasi dalam bentuk penerbitan buku-buku tersebut, nilainya tentu tidak sebanding dengan adanya keuntungan finansial jika produk-produknya dicari orang untuk dipakai pada konstruksi baja. Inilah yang mungkin disebut *link-and-match* antara industri – praktisi – perguruan tinggi.

6.3. Publikasi baja dan asosiasi profesi di USA

Apa yang disampaikan di atas adalah bukan angan-angan, tetapi memang suatu kondisi yang sudah terjadi di negara-negara industri maju. Selanjutnya akan diambil sebagai studi kasus di Amerika Serikat (dan Kanada), dimana ketersediaan literatur yang terkait dengan produk baja sangat melimpah. Kondisi itu tidak bisa dilepaskan dari keberadaan asosiasi-asosiasi profesi atau asosiasi industri yang mewadahnya. Asosiasi-asosiasi tersebut saling bahu-membahu membentuk suatu komunitas saling menguntungkan, antara industri, praktisi lapangan (insinyur dan kontraktor) maupun para periset di lembaga riset profesional maupun perguruan-perguruan tinggi. Dari komunitas seperti itulah publikasi mereka berkembang.

Amerika Serikat (dan Kanada), adalah negara industri maju yang konstruksi bajanya relatif maju juga, bahkan kemungkinan lebih dominan dibanding beton. Itu terjadi karena keberadaannya didukung oleh banyaknya asosiasi-asosiasi profesi yang produktif, misalnya:

1. AISC (The American Institute of Steel Construction) - <http://www.aisc.org>
 - a. AISC Specification for Structural Steel Buildings [**code / standar**]
 - b. AISC Engineering Journal [**jurnal ilmiah**]
 - c. Steel Design Guide Series [**kumpulan buku**]
 - d. Modern Steel Construction [**majalah ilmiah**]
2. AIST (The Association for Iron & Steel Technology) - <http://www.aist.org>
 - a. Iron & Steel Technology [**majalah bulanan**]
 - b. AIST Directory Iron and Steel Plants [**buku direktori**]
 - c. AIST Scholarships and Grants [**beasiswa**]
 - d. AIST Conferences [**program seminar**]
3. AISI (The American Iron and Steel Institute) - <http://www.steel.org>
 - a. Cold-Formed Steel Design Manual [**code / standar**]
 - b. Ferrous Metallurgy Education Today [FeMET] [**beasiswa**]
4. ASCE (The American Society of Civil Engineers) - <http://www.asce.org>
 - a. There are more than 60 published ASCE Standards.
 - b. There are more than 33 engineering journals.
 - c. Books and CD-ROMs and the backlist of more than 1,000 titles.
 - d. Civil Engineering [**majalah bulanan**]
5. ASM (The American Society of Metals) - <http://www.asminternational.org>
 - a. Metallurgical and Materials Transactions A [**jurnal ilmiah**]
 - b. Metallurgical and Materials Transactions B [**jurnal ilmiah**]
 - c. ASM Handbook Set (26 Volumes + Index) [**buku**]
 - d. The History of Stainless Steel [**buku**]
6. AWI (The American Welding Institute) - <http://www.altraininspections.com>
 - a. Self Study Course [**kursus**]
 - b. Gas Metal Arc Welding (GMAW - MIG) [**kursus**]
 - c. Certified Welding Inspector Prep Course, Seminar & Test [**seminar / kursus**]
7. AWS (The American Welding Society) - <http://www.aws.org>
 - a. Structural Welding Code – Steel [**code / standar**]
 - b. Welding Journal [**jurnal**]

- c. Welding Journal Research Supplement **[jurnal]**
- d. Welding Handbook. **[buku]**
- 8. CISC (The Canadian Institute of Steel Construction) - <http://www.cisc-icca.ca>
 - a. CISC Code of Standard Practice **[code / standar]**
 - b. Limit States Design in Structural Steel **[buku]**
 - c. Advantage Steel **[majalah]**
 - d. Advantage Acier **[majalah versi bahasa Perancis]**
- 9. IFI (The Industrial Fasteners Institute) - <http://www.indfast.org>
 - a. IFI Fastener Technology Handbook **[buku]**
 - b. Metric Fastener Standards, 3rd Edition **[buku]**
 - c. ISO Metric Screw Thread and Fastener Handbook **[digital download]**
- 10. JFLF (The James F. Lincoln Arc Welding Foundation) - <http://www.jflf.org>
 - a. Design of Welded Structures **[buku]**
 - b. Weld Steel Bridges **[buku]**
 - c. Gas Tungsten Arc Welding Guide Book (JFLF-834) **[buku]**
- 11. MBMA (The Metal Building Manufacturers Association) - <http://www.mbma.com>
 - a. 2006 Metal Building Systems Manual **[buku]**
 - b. 2010 Supplement to the 2006 Metal Building Systems Manual **[buku]**
 - c. Seismic Design Guide for Metal Building Systems **[buku]**
 - d. Fire Resistance Design Guide for Metal Building Systems **[buku]**
- 12. ML/SFA (The Metal Lath / Steel Framing Association)
 - a. Light Gage Steel Framing Specifications **[booklets]**
- 13. NAAMM (The National Association of Architectural Metal Manufacturers) - <http://www.naamm.org>
 - a. Metal Finishes Manual **[buku]**
 - b. Pipe Railing Manual **[buku]**
- 14. NACE (The National Association of Corrosion Engineers) - <http://www.nace.org>
 - a. NACE - CORROSION **[jurnal ilmiah]**
 - b. Performance (MP) **[majalah bulanan]**
 - c. Coatings Pro **[majalah dwi-bulanan]**
 - d. CorrDefense **[majalah online]**
 - e. ANSI/NACE No. 13/SSPC-ACS-1 Industrial Coating and Lining Application Specialist Qualification and Certification **[code / standar]**
- 15. NEA (The National Erectors Association) → TAUC (The Association of Union Constructors) - <http://www.tauc.org>
 - a. The Construction User **[majalah triwulan]**
 - b. The Quality Construction Alliance **[konferensi tahunan]**
 - c. The Importance of Safety **[video]**
- 16. NISD (The National Institute of Steel Detailing) - <http://www.nisd.org>
 - a. NISD Guidelines for Successful Presentation of Steel Design Documents **[booklets]**
 - b. NISD Industry Standard **[buku]**
 - c. Hot Dip Galvanizing “What We Need To Know” **[buku]**
 - d. Painting And Fireproofing “From a Detailer’s Perspective” **[buku]**
- 17. SDI (The Steel Deck Institute) - <http://www.sdi.org>
 - a. Design Manual for Composite Decks, Form Decks and Roof Decks **[buku]**
 - b. SDI Manual of Construction with Steel Deck - No. MOC2 **[buku]**
 - c. Composite Steel Deck Design Handbook - No. CDD2 **[buku]**
- 18. SJI (The Steel Joist Institute) - <http://steeljoist.org>
 - a. Standard Specifications for Open Web Steel Joists, K-Series **[buku]**
 - b. First Edition Composite Steel Joist Catalog (2007) **[buku]**
 - c. TECHNICAL DIGEST **[kumpulan buku]**

19. SPFA (The Steel Plate Fabricators Association) - <http://www.steeltank.com>
 - a. Standard for Aboveground Tanks **[code / standar]**
 - b. Standard for Dual Wall Underground Steel Storage Tanks **[code / standar]**
 - c. Handbook of Storage Tank Systems **[buku]**
 - d. Basic Safety Rules for Fabrication, Field Erection, and Warehousing **[Booklets]**
20. SSPC (The Steel Structures Painting Council) - <http://www.sspc.org>
 - a. Good Painting Practice, SSPC Painting Manual, Volume 1 **[code / standar]**
 - b. Systems and Specifications - SSPC Painting Manual, Volume 2 **[code / standar]**
 - c. Corrosion and Coatings **[buku]**
 - d. Corrosion Prevention by Protective Coatings **[buku]**
21. STI (The Steel Tube Institute of North America) - <http://www.steeltubeinstitute.org>
 - a. HSS_connex **[software computer]**
 - b. Applications/Case Studies **[booklets]**
 - c. Cost Comparison /Brochure/Case Studies **[booklets]**
 - d. Metric Dimensions and Section Properties of Rectangular HSS **[booklets]**
 - e. Designs for the 21st Century **[video clips]**
22. WRC (The Welding Research Council)
 - a. Welding Research Council Bulletin **[buletin]**
 - b. Weldability of Steel **[buku]**

Daftar di atas memuat berbagai nama asosiasi profesi dan publikasinya di Amerika, mungkin belum lengkap, tetapi minimal menjadi petunjuk bahwa mensosialisasikan pengetahuan dan produk terkait konstruksi bangunan baja ternyata tidak hanya kerja keras industrinya saja, tetapi harus menyeluruh oleh segenap asosiasi profesi yang ada dan ada dukungan publikasi bermutu yang dapat diakses oleh semua anggotanya.



Gambar 6. Beberapa Sampul Majalah tentang Konstruksi Baja

Jadi ada bukti bahwa ada korelasi yang kuat antara ketersediaan publikasi (tulisan dan video) dan pengetahuan orang terhadap materi yang dipublikasikan. Jadi jika produk baja ingin dikenal dan dijadikan pilihan masyarakatnya atau tren maka perlu dipikirkan dan diusahakan bagaimana agar publikasi terkait konstruksi baja juga meningkat. Itu perlu kerjasama dari industri, asosiasi profesi dan jangan lupa para civitas akademi di perguruan tinggi. Karena dari merekalah maka kompetensi untuk membuat publikasi dapat diharapkan.

7. Faktor-faktor Pendukung dan Penghambat TREN

Selanjutnya perlu diungkapkan faktor-faktor rasional penyebab terjadi TREN, sekaligus juga yang bisa menghalanginya. Ini penting agar TREN tidak hanya terjadi sesaat saja.

Pada dasarnya pembangunan infrastruktur bisa pakai berbagai macam material konstruksi, mulai yang paling sederhana dari alam bebas (gratis), maupun bahan material buatan pabrik yang mahal, misal tanah, batuan (*rock*), kayu, bambu, beton, baja dan lainnya. Untuk kali ini, dibahas tentang tren konstruksi baja pada proyek infrastruktur, dan dukungan dibentuknya ISSC (*Indonesia Society of Steel Constructions*). Mengapa tren, maka perlu mengetahui apa kelebihan dan apa kekurangannya, selanjutnya perlu sosialisasi ke masyarakat profesional.

Kriteria dasar pemilihan material konstruksi adalah: [1] **kekuatan** (tegangan); [2] **kekakuan** (deformasi); dan [3] **daktilitas** (perilaku runtuh).

Material baja unggul jika ditinjau dari segi kekuatan, kekakuan dan daktilitasnya. Jadi tidak mengherankan jika di setiap proyek-proyek konstruksi bangunan (jembatan atau gedung) maka baja selalu ditemukan, meskipun tentu saja volumenya tidak harus mendominasi.

Tinjauan dari segi kekuatan, kekakuan dan daktilitas sangat cocok untuk evaluasi struktur yang dibebani. Tetapi perlu diingat bahwa selain kondisi tadi akan ada pengaruh lingkungan yang mempengaruhi kelangsungan hidup struktur bangunannya. Jadi pada suatu kondisi tertentu, suatu bangunan bahkan dapat mengalami kerusakan meskipun tanpa diberikan beban sekalipun (belum berfungsi). Jadi ketahanan bahan material konstruksi terhadap lingkungan sekitarnya adalah penting untuk diketahui agar dapat diantisipasi baik.

8. Sifat Material Baja

8.1. Perilaku Mekanik

Kriteria perencanaan struktur adalah memenuhi syarat **kekuatan**, **kekakuan** dan **daktilitas**. Kekuatan terkait besarnya tegangan yang mampu dipikul tanpa rusak, baik berupa deformasi besar (*yielding*) atau *fracture* (terpisah). Parameternya berupa tegangan leleh dan *ultimate*. Kekakuan adalah besarnya gaya untuk tiap satu unit deformasi, parameternya Modulus Elastisitas. Daktilitas terkait pada besarnya deformasi sebelum keruntuhan (*failure*), faktor penting perencanaan struktur untuk beban tak terduga / sukar diprediksi (gempa atau angin). Properti mekanik beberapa macam bahan material konstruksi ada di Tabel 1 dan Gambar 7.

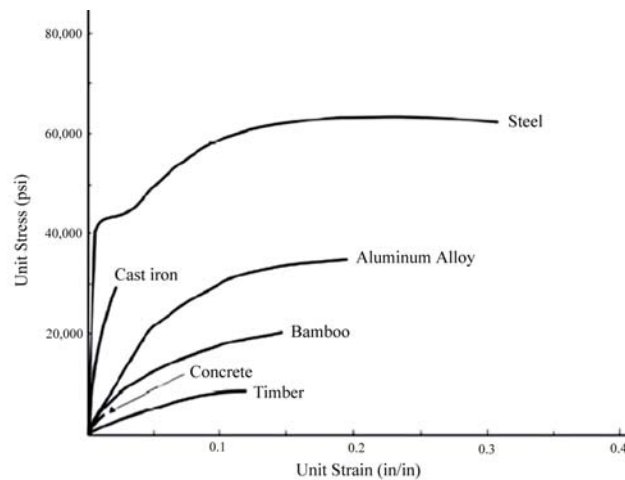
Tabel 2. Properti Mekanik Beberapa Bahan Material Konstruksi

Material	Berat Jenis (BJ) (kg/m ³)	Modulus Elastis (MPa)	Kuat (MPa)		Rasio Kuat ÷ BJ (1E+6 * 1/mm)
			Leleh	Ultimate	
Serat karbon	1760	150,305	-	5,650	321
Baja A 36	7850	200,000	250	400 – 550	5.1 – 7.0
Baja A 992	7850	200,000	345	450	5.7
Aluminum	2723	68,947	180	200	7.3
Besi cor	7000	190,000	-	200	2.8
Bambu	400	18,575	-	60*	15
Kayu	640	11,000	-	40*	6.25
Beton	2200	21,000 – 33,000	-	20 – 50	0.9 – 2.3

* Rittironk and Elnieiri (2008)

Jika hanya didasarkan parameter kekuatan, kekakuan dan daktilitas, maka baja adalah yang paling unggul untuk konstruksi dibanding beton dan kayu. Rasio kuat dibanding berat untuk volume sama dari baja, lebih tinggi (efisien) dari beton. Ini indikasi jika perencanaannya optimal maka konstruksi baja pasti akan menghasilkan sistem pondasi yang lebih ringan dibanding konstruksi beton, meskipun tentu masih kalah dibandingkan kayu atau bambu.

Dikaitkan efisiensi dengan kayu atau bambu, maka baja hanya unggul karena kualitas mutu yang lebih homogen dan konsisten, yang berarti lebih handal karena produk industri.



Gambar 7. Perilaku mekanik beberapa material konstruksi (Rittironk and Elnieiri 2008)

Bangunan yang ringan selain menghemat pondasi, juga menguntungkan untuk perencanaan bangunan tahan gempa. Seperti diketahui bahwa gaya gempa pada bangunan ditentukan oleh percepatan tanah (a) dan juga massa bangunan (m), yang mana besarnya berbanding lurus, yaitu $F = m \cdot a$. Jadi bangunan dengan massa kecil maka gaya gempanya juga kecil.

Meskipun baja mempunyai keunggulan terhadap gempa karena sifatnya yang ringan, tetapi kondisi tersebut tidak menguntungkan terhadap pembebanan angin. Tetapi karena sifat baja yang mempunyai kekuatan tinggi dan daktil, juga didukung proses perencanaan yang baik maka kelemahan terhadap angin mestinya dapat dengan mudah diatasi.

Sampai tahap ini pemakaian material baja masih terlihat unggul, khususnya jika parameter kekuatan, kekakuan dan daktilitas dijadikan tolok ukur. Tetapi yang menjadi pertanyaannya adalah: “Mengapa sampai saat ini penggunaan konstruksi baja tidak dominan di tanah air?”. Bahkan jika melihat pembangunan gedung bertingkat tinggi dan menengah di Jakarta, maka dapat diperkirakan bahwa volume penjualan tulangan baja untuk konstruksi beton bertulang akan lebih banyak dibanding volume penjualan baja profil untuk konstruksi baja. Kondisi ini pula yang mungkin mendasari mengapa diperlukan pembentukan ISSC ini.

Berarti selain ketiga parameter di atas untuk menentukan material, tentunya ada hal-hal lain yang menjadi pertimbangan sehingga membuat keraguan untuk akhirnya memilih baja. Bisa juga itu terjadi karena pengetahuan para pengambil keputusan adalah tidak lengkap, karena bagaimanapun juga konstruksi baja punya keunggulan sehingga berprospek baik, meskipun untuk itu ada hal-hal yang perlu dipersiapkan dengan usaha serius. Oleh karena itulah maka pada makalah ini, penulis cenderung memilih menjabarkan hal-hal tersebut dan strategi mengatasinya, sehingga diharapkan faktor-faktor tersebut tidak menjadi kendala lagi. Bagaimanapun juga, jika suatu bahan material dipandang unggul dibanding yang lain maka tentunya itu akan otomatis menjadi pilihan. Jika ini terjadi maka jelas dominasi baja sebagai bahan material konstruksi di Indonesia tinggal soal waktu saja.

8.2. Material buatan pabrik

Kelebihan material baja dibandingkan material beton atau kayu adalah karena buatan pabrik, yang tentunya mempunyai kontrol mutu yang baik. Oleh karena itu dapat dipahami bahwa kualitas material baja yang dihasilkannya relatif **homogen** dan **konsisten** dibanding material lain, yang berarti juga **lebih dapat diandalkan mutunya**.



Gambar 8. Stock profil baja buatan pabrik (sumber : internet)

Di sisi lain karena merupakan hasil produk industri, maka agar prosesnya menguntungkan harus diusahakan mencapai kondisi optimum. Untuk itu diperlukan suatu kuantitas tertentu yang terkesan relatif monoton serta tidak mudah dibuat variasinya. Itulah pentingnya dibuat **standarisasi** profil, salah satu agenda kerja penting ISSC. Dari tabel profil baja yang ada terlihat banyak sekali profil yang tersedia, tetapi dalam kenyataannya jika peminatnya relatif sedikit maka profil yang jarang dipakai tentunya tidak diproduksi banyak. Jadi akhirnya tidak semua profil pada tabel dapat dipilih. Hanya profil-profil tertentu yang memang umum (banyak) digunakan. Hal ini perlu diketahui insinyur perencana konstruksi baja, jangan hanya berpedoman teoritis hitungan, karena kalau sampai mengubah profil rencana dengan profil tersedia, kemungkinan berubah pula detail sambungan yang dibuat. Jika ini tidak dipikirkan waktu dapat terbuang sia-sia.



a). Pabrik baja ke bengkel fabrikasi

b). Bengkel fabrikasi ke proyek (site)

Gambar 9. Kebutuhan transportasi pada pekerjaan konstruksi baja (sumber : internet)

Tidak ada jaminan bahwa lokasi pabrik baja akan berdekatan dengan proyek atau bengkel fabrikasi, sehingga panjang profil baja ditentukan oleh kemampuan **kendaraan transportasi** pengangkut (truk atau kapal) dan **jalur transportasi** (darat atau air) yang akan dilaluinya.

8.3. Ketahanan korosi

Baja unggul ditinjau dari segi kemampuannya menerima beban, tetapi ketika dibiarkan tanpa perawatan khusus di lingkungan terbuka, terlihat lemahnya. Baja yang unsur utamanya besi mengalami korosi, yaitu suatu proses elektrokimia. Jika itu terjadi, maka pada bagian besi yang bertindak sebagai anode akan terjadi oksidasi yang merusak dan menghasilkan karat besi $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, zat padat berwarna coklat kemerah-merahan. Volume baja berkurang karena menjadi karat tadi. Mengenai bagian besi yang bertindak sebagai anode dan bagian mana yang bertindak sebagai katode tergantung pada banyak faktor, misalnya zat pengotor, atau adanya perbedaan rapatan logam itu, atau ada jenis logam lain yang bersinggungan.

Kemungkinan terjadinya korosi pada baja merupakan kelemahan konstruksi baja dibanding konstruksi beton. Oleh sebab itu saat perencanaan faktor ini harus diantisipasi dengan baik.

Korosi yang terjadi pada konstruksi baja adalah ibarat kanker, senyap tetapi akibatnya bisa sangat mematikan. Bahkan itu dapat terjadi di negara maju sekalipun, yang mana sebenarnya telah banyak dilakukan penelitian tentang hal itu, tetapi ternyata bisa juga kecolongan.



Gambar 10. Keruntuhan tiba-tiba jembatan berumur 40 tahun di Minnesota (2007)

Korosi pada konstruksi baja, ibarat kanker. Senyap, tapi berakibat mematikan. Saat terjadi keruntuhan jembatan I-35 di Minneapolis, Minnesota, USA, Agustus 2007, yaitu 40 tahun sejak dibangunnya tahun 1967. Penelitian awal menduga korosi penyebabnya. Dokumentasi di Gambar 11 tentu memperkuat dugaan tersebut.



Atas ↑ : bagian yang korosi dan dianggap sebagai pemicu awal terjadinya keruntuhan.

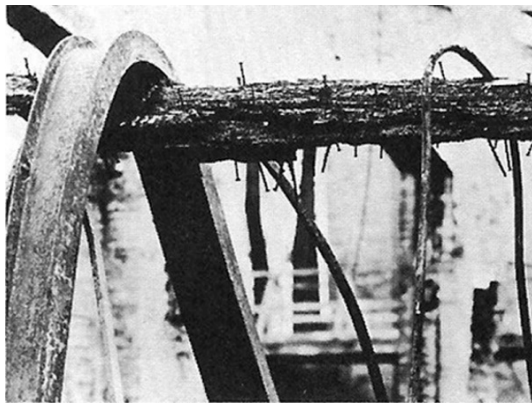
← Kiri : photo 2005 sebelum runtuh.

Gambar 11. Korosi pada jembatan I-35 (Sumber : en.wikipedia.org)

Meskipun demikian, penelitian resmi lebih lanjut menyatakan penyebabnya adalah dimensi pelat buhul (*gusset plate*) yang tipis. Tetapi karena keruntuhan terjadi setelah 40 tahun jembatan berdiri, maka adanya korosi sedikit banyak diyakini menyumbang menurunnya kualitas strukturnya. Bagaimanapun, korosi pada konstruksi baja perlu mendapat perhatian dan harus dapat dicegah, mulai dari penentuan spesifikasi dan detail yang baik pada saat perencanaan, pelaksanaan, maupun tindakan perawatan yang berkelanjutan.

8.4. Perilaku pada suhu tinggi

Bangunan konstruksi baja memang tidak akan terbakar jika terkena panas api saat kebakaran, tetapi akibat suhu yang tinggi dapat mengalami penurunan kekuatan drastis, bahkan tidak kuat memikul berat sendiri. Sehingga bila terjadi kebakaran yang lama maka bisa saja fungsi sebagai struktur pemikul beban menjadi hilang dan bangunan mengalami keruntuhan total.



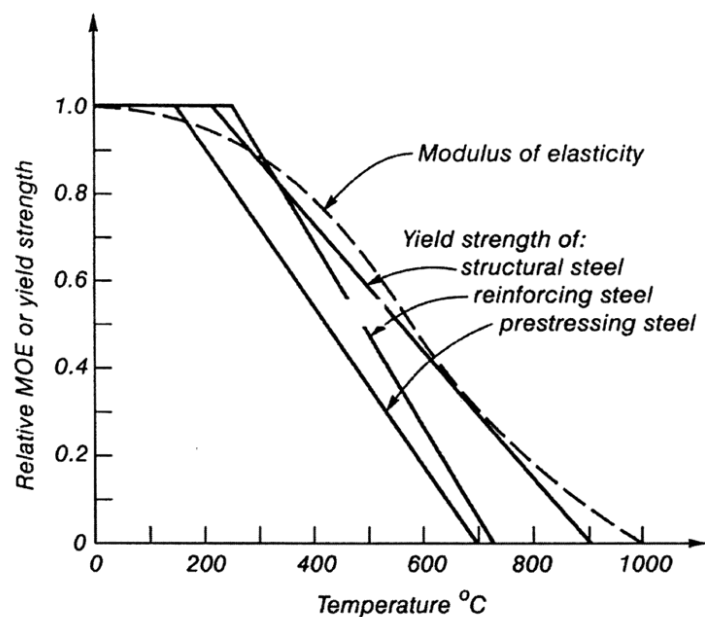
a). Profil baja setelah suatu kebakaran



b). Fireproofing pada balok-atap

Gambar 12. Pengaruh panas tinggi pada profil baja dan pencegahannya (sumber : internet)

Gambar 12a memperlihatkan kondisi profil baja setelah kebakaran yang mengalami deformasi ekstrim sehingga fungsinya sebagai struktur jadi terganggu. Untuk mencegah, diberi *fireproofing* agar kenaikan temperatur ekstrim saat kebakaran dapat dihambat. Harapannya tentu tidak membuatnya menjadi suatu bangunan tahan api, tetapi minimal agar perlu waktu lama untuk terjadi kenaikan temperature, sehingga ada waktu pemadaman api tanpa struktur mengalami kerusakan berarti. Penurunan kekuatan terjadi setelah temperatur melebihi $\pm 300^{\circ}\text{C}$, baik dari kuat leleh maupun modulus elastis, dua parameter penting yang berkaitan dengan kekuatan dan kekakuan bahan material. Kurva penurunannya dapat dilihat pada diagram di bawah ini.



Gambar 13. Perilaku Material Baja pada berbagai Temperature (Kodur 2003)

Penambahan bahan *fireproofing* jelas akan memberikan tambahan beban, sehingga kriteria sebagai bangunan ringan menjadi berkurang dan biayanya meningkat. Meskipun demikian karena sifatnya yang melapisi maka hal itu baik juga untuk melindunginya dari resiko korosi. Jadi pemberian *fireproofing* juga merupakan *double protection* bagi konstruksi baja.

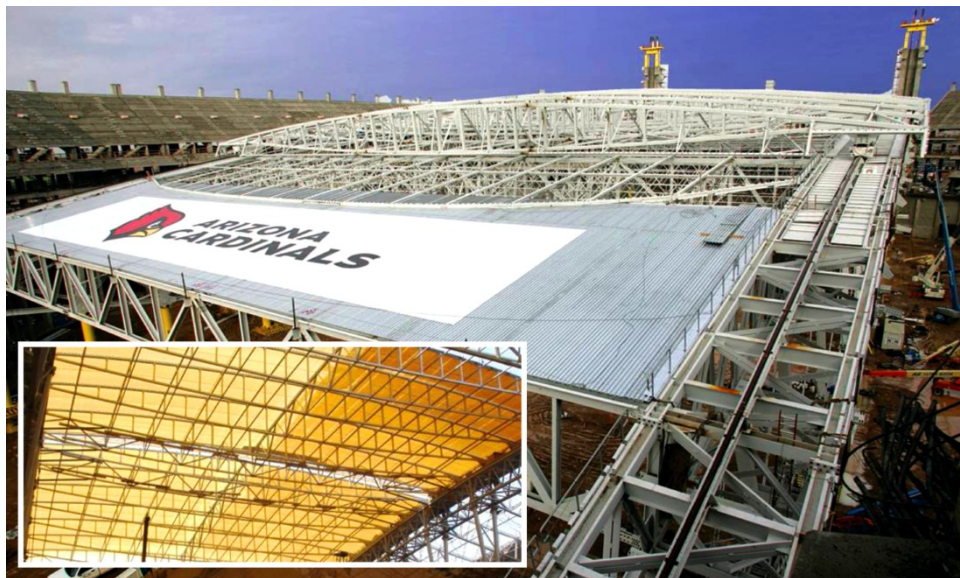
9. Superioritas Konstruksi Baja

9.1. Pentingnya superioritas.

Permasalahan tentang superior atau tidaknya suatu produk, penting jika dikaitkan dengan usaha pemasaran produk tersebut. Tanpa memahami falsafah mendasar yang menyebabkan keunggulannya maka penyampaian akan mudah dipatahkan. Demikian juga konstruksi baja, dasar argumentasinya kuat jika didasarkan pada keunggulan alaminya dibanding beton dan kayu, yaitu [1] kekuatan tinggi; [2] tingginya ratio kuat terhadap berat-volume; dan yang terakhir [3] merupakan material atau modul siap pakai karena telah dibuat dahulu di pabrik.

9.2. Struktur dengan berat sendiri yang dominan.

Fungsi struktur ada bermacam-macam, tidak mesti untuk memikul beban berat. Atap bentang besar misalnya, yang melindungi dari terik panas dan hujan, mungkin juga salju. Berat atap yang dipikulnya relatif ringan, tetapi karena bentangnya maka yang menimbulkan masalah adalah berat sendiri struktur. Nah untuk struktur yang seperti itu, maka ratio kuat dibanding berat volume bahan menjadi sangat menentukan untuk menghasilkan struktur yang efisien.



Gambar 14. Konstruksi atap Stadium Universitas Phoenix (MSC 2010)

Dengan alasan yang sama pula maka penggunaan material baja menjadi pilihan utama untuk jembatan ultra panjang, yang mana berat lalu-lintas yang dipikul relatif kecil dan sudah tidak sebanding dengan berat sendiri strukturnya. Itu merupakan argumentasi sederhana mengapa untuk Jembatan Selat Sunda (JSS) dipilih konstruksi jembatan gantung dari baja.



Gambar 15. Impresi artis tentang Jembatan Selat Sunda (Sumber : W. Wangsadinata)

9.3. Struktur yang sekaligus bagian metode pelaksanaan.

Baja yang berkekuatan tinggi tetapi relatif ringan, dan sudah dalam bentuk jadi (siap pakai), membuatnya terpilih untuk digunakan sekaligus sebagai bagian dari metode pelaksanaan. Cara ini sangat efektif, jika kondisi di lapangan tidak memungkinkan atau mahal jika harus dibuatkan perancah terlebih dahulu. Umumnya cara ini efektif pada proyek-proyek jembatan.

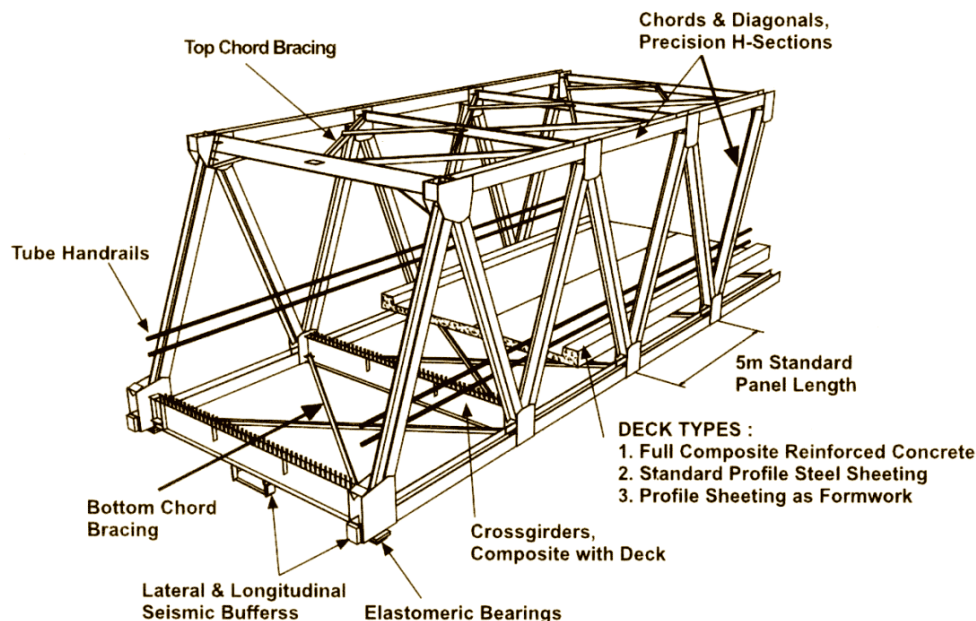


Gambar 16. Metode pelaksanaan jembatan bentang besar (Sumber : L. Hidayat)

Gambar 16 memperlihatkan metode pelaksanaan jembatan Rumpiang (754 m), di atas sungai Barito, Kalimantan Selatan (2003 – 2008). Dengan alat-alat *crane* yang relatif sederhana dan dengan memanfaatkan elemen jembatan yang telah selesai dirakit, maka dapat dibuat alat bantu pelaksanaan berupa struktur kantilever sekedar untuk proses penyelesaian konstruksi saja. Jadi pilar menara di atas pondasi akan dilepas setelah proses konstruksi selesai.

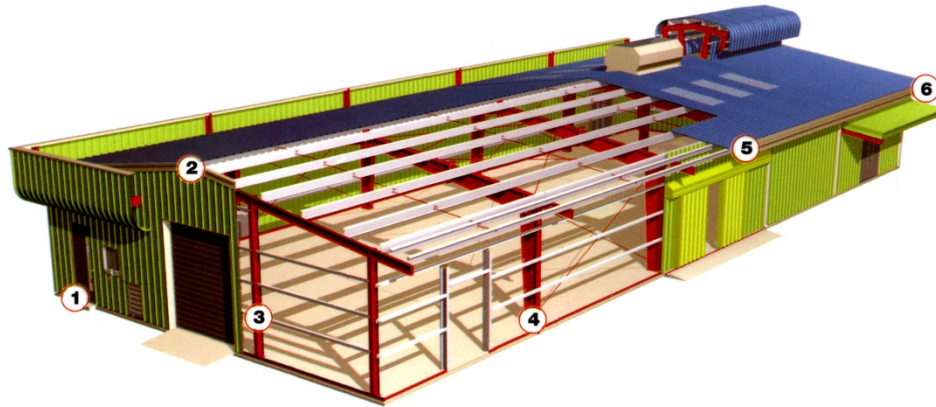
9.4. Struktur dengan modul seragam, berulang dan berkuantitas besar.

Ini adalah keunggulan suatu produk buatan pabrik, jadi jika produknya dapat dibuat seragam, berulang, dan diperlukan dalam jumlah yang banyak maka dapat dilakukan proses optimasi serta efisiensi. Ini tentu sangat berbeda dengan sifat proyek itu sendiri, yang umumnya khas dan terbatas. Sehingga cara ini hanya akan unggul jika didukung oleh suatu proyek besar dalam arti jumlah, maupun jangka waktunya, seperti yang pernah terjadi pada pengadaan jembatan standar (balok komposit atau rangka baja) era tahun 1980 – 1990 di tanah air.



Gambar 17. Jembatan Rangka Baja Standar (Sumber : Trans Bakrie)

Kecuali jembatan standar maka pengadaan menara baja untuk kabel tegangan tinggi pada pembangunan jaringan listrik juga salah satu kemungkinannya, termasuk proyek menara telekomunikasi. Pada bangunan gedung misalnya jenis *Pre-Engineered Steel Buildings* untuk kompleks industri, maupun perumahan karyawan suatu perusahaan besar yang ada di daerah terpencil, yang harus segera dibangun tetapi permanen, kuat dan kaku.



Gambar 18. Bangunan Pre-Engineering Steel Buildings (Sumber : Zamil Steel)

9.5. Struktur kuat - ringan dan cepat dibangun bahkan di tempat terpencil

Meskipun argumentasi tentang struktur ringan, kuat dan cepat saat ini cukup relatif, seperti misalnya dengan adanya perkembangan teknologi beton yang maju, seperti *pretensioned*, maka istilah itu dapat menimbulkan diskusi yang ramai. Tetapi bila diperlukan yang terbukti ringan dan cepat dibangun, maka struktur baja merupakan pembanding penting yang tidak dapat diabaikan. Apalagi jika pembangunannya dilaksanakan di tempat terpencil sehingga perlu suatu pengangkutan yang khusus.

Pada kasus tertentu kadang ada alasan yang tidak bisa diganggu-gugat, karena persyaratan kekuatan tanah di lokasi yang akan dibangun yang mensyaratkan hal itu, misalnya karena dibangun di tepian lereng yang terjal, maka mau tidak mau konstruksi baja yang relatif ringan menjadi pilihan, misalnya proyek milik Universitas California San Fransisco.



Gambar 19. RMB - Universitas California San Fransisco (MSC 2010)

9.6. Bangunan arsitektur yang berkesan ringan dan transparan.

Berbicara tentang bangunan konstruksi, khususnya tentang bangunan jembatan dan apalagi bangunan gedung. Kadang-kadang aspek penampilan atau arsitekturalnya bahkan menjadi sesuatu yang penting dan dominan untuk menjadi pertimbangan. Jadi perencanaan bangunan tidak hanya memikirkan segi keamanan atau agar dapat berfungsi dengan baik, tetapi juga agar dapat dinikmati oleh orang banyak dan menimbulkan rasa senang atau kebanggaan.

Itu semua umumnya menjadi kerja seorang arsitek, yang karenanya secara awam kita akan mengenal adanya elemen struktur (tanggung jawab insinyur) dan elemen non-struktur atau *finishing* (dianggap tanggung jawab arsitek). Bahkan ada yang beranggapan secara mudah, bahwa elemen struktur itu tidak penting bagi awam karena nanti tidak terlihat karena dapat dibungkus oleh elemen non-struktur (*finishing*). Itulah yang memberi kesan keindahan.

Kadang kala dijumpai juga bangunan yang tidak bisa dipisahkan antara elemen struktur dan elemen bungkusnya. Dalam hal ini, keindahannya dihasilkan dari elemen struktur itu sendiri, contoh klasiknya adalah menara Eiffel. Kecuali sifat monumental seperti menara tersebut, saat ini juga populer dan banyak dikembangkan bangunan ramah lingkungan, tidak ditinjau dari sisi energi, tetapi dari keberadaannya, yaitu tetap berfungsi tetapi tidak mengganggu pemandangan lingkungannya. Walaupun terlihat nyata maka diharapkan dapat menyatu dan bahkan menjadi penunjang keindahan lingkungan tersebut.

Salah satu konsep yang ditawarkan adalah sistem struktur ringan dan transparan. Idanya berkembang di Jerman khususnya di Uni Stuttgart oleh prof Frei Otto dengan *Institute für Leichtbau* (Institut of Lightweight Structures) dan prof Jörg Schlaich dengan *Institut für Tragwerksentwurf und Konstruktion* (Institute of Conceptual and Structural Design), keduanya sekarang telah pensiun. Penerusnya adalah prof Werner Sobek dengan *Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren* (ILEK). Karya-karya beliau banyak memanfaatkan material glass yang memang bersifat transparan, dan digabungkan dengan material baja yang relatif langsing sehingga berkesan ringan tetapi kuat dan kaku, serta daktail.



Gambar 20. Bangunan Arsitektur berkesan Ringan dan Transparan (<http://www.wernersobek.com>)

10. Perencanaan dan STANDARD / CODE-nya

10.1. Sistem sambungan dan perilaku khas struktur baja

Perilaku struktur baja dibandingkan struktur beton bertulang mempunyai perbedaan khas. Struktur beton bertulang cenderung menghasilkan konstruksi monolit, karena elemen-elemen strukturnya menyatu, khususnya jika dilakukan pengecoran di tempat (*cast in situ*). Detail sambungan tulangan beton bertulang *cast-in-situ* bukan sesuatu yang istimewa, tidak banyak variasi dan tercantum pada code. Fokusnya adalah memastikan kerapatan tulangan agar beton mengisi sempurna. Oleh karena itu sifatnya **menerus** sebagai struktur statis tak tentu.

Kondisi berbeda pada struktur baja, yang tersusun dari profil-profil baja buatan pabrik yang ukurannya tertentu, sedangkan sistem sambungan harus disiapkan sendiri. Jadi masalahnya ada pada sambungan, yang terdiri dari berbagai **macam bentuk** dan berbagai **cara pasang**, meskipun alat sambungannya sendiri hanya dua, yaitu sistem **las** dan sistem **baut mutu tinggi**.

Secara teoritis, sistem las mampu menghasilkan sambungan monolit, tetapi pelaksanaannya perlu kontrol mutu ketat, yang umumnya hanya dapat diberikan jika dikerjakan di bengkel fabrikasi, bukan di lapangan, yang untuk itu akan menggunakan sistem baut mutu tinggi.

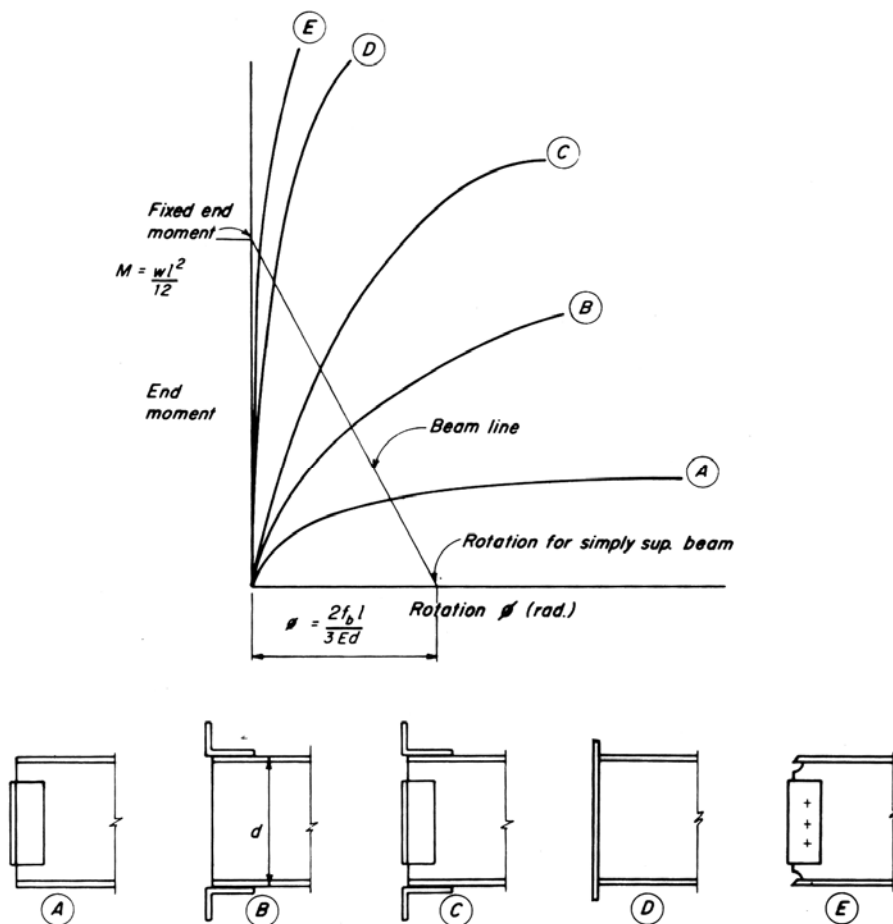
Jadi suatu perencanaan struktur yang baik adalah jika mampu menghasilkan modul-modul struktur yang disiapkan di bengkel fabrikasi dengan sistem sambungan las yang berkualitas, berukuran tertentu sesuai ketersediaan alat transportasi untuk mengangkutnya ke lapangan, dan akhirnya merangkaikan modul-modul tersebut menjadi struktur utuh sebenarnya dengan sistem sambungan baut mutu tinggi. **Ukuran modul-modul struktur** ditentukan oleh sistem **transportasi** dan juga **kapasitas crane** (alat angkat) di lapangan.

Adanya sistem kerja mulai dari perencanaan dan pelaksanaan yang terintegrasi itulah yang menyebabkan kontraktor pelaksana baja harus mempunyai s.d.m terlatih dan sarana kerja yang khusus pula. Itulah yang menyebabkan mengapa kontraktor baja jumlahnya relatif lebih sedikit dibanding kontraktor beton. Karena s.d.m terlatih dan sarana kerja khusus merupakan modal kerja yang tidak murah, maka sekali sukses jadi kontraktor baja, maka biasanya akan *keterusan* menerima pekerjaan itu-itu saja. Orang menyebutnya sebagai kontraktor spesialis baja. Oleh karena itu satu langkah pertama yang penting agar pekerjaan konstruksi bangunan baja sukses adalah memilih kontraktor spesialis baja yang sesuai. Meskipun perencanaannya baik, tetapi jika dikerjakan kontraktor umum, yang tidak biasa dengan baja, maka dipastikan hasilnya pasti tidak menentu, sangat beresiko dan sebaiknya perlu dipikirkan masak-masak.

Dalam menentukan mana kontraktor baja mempunyai kualifikasi mutu yang dianggap baik, maka tentunya peran asosiasi atau ISSC nantinya tentu sangat signifikan.

Berbagai macam bentuk sambungan baja, umumnya ditentukan oleh cara pemasangannya, yang juga ditentukan oleh kondisi lapangan. Sistem sambungan dengan baut, meskipun baut mutu tinggi tidak mudah menghasilkan sambungan yang monolit. Berbagai macam bentuk sambungan akan memberikan perilaku mekanik yang berbeda, dan itu akan mempengaruhi perilaku struktur secara keseluruhan. Dalam perencanaan, pemilihan bentuk sambungan sangat penting, pada tahap itu harus sudah ada pemikiran atau kompromi antara kepentingan pelaksanaan, perilaku kinerja strukturnya dan biaya yang mungkin mengikutinya. Karena jika hal itu tidak mulai dipikirkan sejak awal pada perencanaan, maka dalam pelaksanaannya, ketika kontraktor sulit mengaplikasikannya maka bisa-bisa saja dilakukan perubahan sistem, meskipun mungkin dari segi biaya tidak ada perubahan tetapi perilaku sistem strukturnya berubah, dan itu memberikan resiko yang perlu diantisipasi.

Perilaku mekanik sistem sambungan terlihat jelas dari kurva momen-rotasi pada Gambar 21 yang meninjau berbagai bentuk sambungan, mulai [a] siku di badan (*web*); [b] siku di sayap (*flange*); [c] siku di badan dan sayap; [d] *end-plate*; [e] las di sayap dan baut di badan.



Gambar 21. Perilaku $M-\phi$ Sambungan (AISC 1992)

Sambungan paling kaku, mampu menahan rotasi paling tinggi, adalah tipe [e] memakai las, sekaligus bukti bahwa sambungan monolit akan berkemampuan lebih baik. Sambungan tipe [a] kurang kaku. Jadi hanya untuk menahan geser saja, biasa dipilih karena sederhana, murah dan mudah pemasangannya. Sambungan momen tipe [d] dan [e] dipilih jika dikendaki sistem struktur, relatif lebih mahal dan ketat dalam hal pemasangannya. Sambungan momen tentu juga dapat menahan gaya geser. Pemilihan sistem sambungan menentukan kompleks tidaknya konstruksi baja yang akan dibuat. Oleh karena itu perencana cenderung memilih sistem struktur statis tertentu yang sederhana, dan jika memerlukan suatu sistem penahan lateral khusus maka biasanya dibuat sistem terpisah, sehingga walaupun terpaksa perlu dibuat suatu sistem struktur yang kompleks (rumit) maka jumlahnya bisa dilokalisasi (minimalis).

Konstruksi baja adalah khas, yaitu dipergunakannya sistem sambungan untuk menyatukan modul-modul struktur yang telah dipersiapkan terlebih dulu. Sehingga waktu pelaksanaan di lapangan menjadi relatif **cepat**. Sangat cocok untuk membangun suatu konstruksi berat tetapi waktunya singkat, seperti jembatan darurat misalnya. Karena relatif ringan juga sangat cocok dipakai untuk proyek-proyek di daerah **pedalaman**, karena lebih mudah pengangkutannya.

Selain itu, konstruksi baja yang tua tetapi masih baik dan sudah tidak cocok digunakan lagi maka **dapat dibongkar dan dipindahkan** ke tempat lain yang masih diperlukan. Elemen struktur bangunan tua hasil bongkaran jika diproses dan dilapisi cat yang baru kadang sukar untuk dibedakan dari elemen struktur yang baru dari pabrik. Tentu saja sebelum dilakukan bongkar-pasang ada baiknya dievaluasi mutu bahan material dan rencana beban yang akan diberikan agar kinerjanya nanti juga dapat memuaskan.

10.2. Struktur Baja Hot-Rolled atau Cold-Formed

Sebelum membahas lebih lanjut tentang struktur baja, perlu diketahui bahwa struktur baja pada dasarnya dapat dibagi jadi dua kelompok. Pertama adalah struktur baja konvensional, yang dijumpai pada konstruksi besar, seperti gedung tinggi, jembatan atau tower dan sebagainya. Kelompok ini memakai profil baja yang disebut baja *hot-rolled* atau canai panas.



Gambar 22. Aplikasi struktur baja (konvensional) atau canai panas / hot-rolled (sumber : internet)

Kelompok struktur baja yang kedua sering disebut juga sebagai struktur baja ringan. Itu bukan karena bahannya yang ringan tetapi karena struktur tersebut sering digunakan pada konstruksi ringan, seperti atap rumah atau rak barang. Adapun di manca negara dikenal sebagai baja *cold-formed*, sedangkan istilah yang terdapat di peraturan Indonesia disebut baja canai dingin. CATATAN : terjemahan tersebut sebenarnya tidak sepenuhnya tepat karena pada kelompok yang disebut baja canai dingin (*cold-rolled*) terdapat profil baja yang punya tebal sedemikian sehingga tidak dapat dibentuk sebagai profil *cold-formed*.



Gambar 23. Aplikasi struktur baja ringan atau baja cold-formed atau baja canai dingin (sumber internet)

Karakter baja *hot-rolled* dan baja *cold-formed* berbeda, sehingga asosiasi profesi yang menerbitkan keduanya juga berbeda. Jika tidak dijelaskan, maka yang dimaksud struktur baja adalah kelompok pertama (baja *hot-rolled*). Struktur baja ringan sudah lama diproduksi di Indonesia, sejak 1973 oleh perusahaan Australia (PT. BHP Steel Lysaght) dan sampai sekarang masih tetap eksis dan bahkan berkembang semakin maju. Proyeksi kedepannya adalah menggantikan struktur kayu yang harganya semakin mahal.

Di Indonesia tenaga ahli konstruksi baja (*hot-rolled*) relatif banyak, karena materinya banyak diajarkan di level perguruan tinggi. Peraturan baja ringan SNI 7971: 2013 adalah yang pertama kali terbit di Indonesia, dan belum menjadi kurikulum wajib program studi teknik sipil di perguruan tinggi. Oleh sebab itu wajar saja jika kompetensi perencanaan baja ringan relatif terbatas. Ini tentu perlu dipikirkan oleh ISSC untuk sosialisasi kedepannya.

Untuk melihat perbedaan antara baja *hot-rolled* dan *cold-formed* berdasarkan peraturan yang dipakai maka dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Perbedaan antara baja canai panas dan baja ringan

Item	Baja hot-rolled (canai panas)	Baja cold-formed (canai dingin)
Asosiasi profesi di USA	<i>American Institute of Steel Construction (AISC)</i>	<i>American Iron and Steel Institute (AISI)</i>
Code di USA	ANSI/AISC 360-16 - An American National Standard Specification for Structural Steel Buildings, July 7, 2016	AISI S100-07 w/S2-10 - North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, 2007 Edition
Code di Australia	AS4100-1998, Steel Structures, Standards Australia	AS/NZS 4600:2005 : Cold-formed steel structures
Code di Indonesia	SNI 1729:2015 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (\cong AISC 2010)	SNI 7971:2013 - Struktur baja canai dingin
Alat sambung	Baut mutu tinggi dan sistem las	Skrup, rivet dan baut (las tidak dipakai)

10.3. Perlunya *Code* atau *Engineering Standard* Terbaru untuk Perencanaan

Satu definisi *engineering* atau rekayasa yang cocok adalah versi Wikipedia, yaitu:

Teknik atau rekayasa (bahasa Inggris: engineering) adalah penerapan ilmu dan teknologi untuk menyelesaikan permasalahan manusia. Hal ini diselesaikan lewat pengetahuan, matematika dan pengalaman praktis yang diterapkan untuk mendesain objek atau proses yang berguna. Para praktisi teknik profesional disebut insinyur.

Definisi tersebut cocok untuk bidang teknik sipil sebab ada unsur “pengalaman praktis”. Itu yang membuatnya berbeda dari istilah sains yang terkesan lebih sempit. Adapun pengalaman sifatnya subyektif, bisa berbeda satu dengan yang lainnya. Bidang teknik sipil banyak terkait kepentingan publik, seperti pembangunan gedung, infrastruktur jalan dan jembatan. Oleh sebab itu pengambilan keputusannya tidak cukup sekedar mengandalkan *textbook*, tetapi perlu dukungan *code* / *standard* untukantisipasi tiadanya pengalaman, atau rujukan terhadap banyaknya pengalaman berbeda, yang membingungkan. Jadi insinyur perlu menguasai ilmu dasar (*textbook*) dan *code* / *standard* yang berlaku.

Pada konstruksi baja, materi *textbook* lebih fokus pada perilaku struktur, cara analisis dan tahapan desain yang memenuhi kriteria kekuatan, kekakuan, dan daktilitas. Adapun materi *code* atau *standard* lebih menekankan pada ketentuan minimum atau maksimum yang harus dipilih atau dicapai dalam kaitannya untuk menghasilkan konstruksi yang aman dan handal.

Code atau *standard* punya kekuatan hukum, dapat membedakan suatu keruntuhan (kegagalan konstruksi) apakah itu musibah, yang tidak dapat dihindarkan (*force majeure*) atau kelalaian. Ini penting karena pada dasarnya manusia hanya dapat memperkecil risiko. Untuk kepastian mutlak, bahwa tidak akan ada musibah, itu hanya kuasa Tuhan. Itu petunjuk bahwa *code* atau *standard* bukanlah suatu yang sempurna secara mutlak, hanya diakui "benar" pada masanya.

Pada perjalanan waktu, bertambah pula pengalaman sehingga *code* atau *standard* mengalami penyesuaian. Jika ketentuan lama terbukti masih efektif, umumnya dipertahankan, demikian jika sebaliknya. Pengalaman yang dimaksud umumnya dalam bentuk publikasi ilmiah yang dapat direview atau diuji terlebih dahulu oleh ahli. Jadi *code* atau *standard* pada dasarnya adalah kesepakatan ahli terhadap materi tertulis sebagai rujukan dan berkekuatan hukum.

Kegagalan bangunan atau keruntuhan dianggap musibah jika hal itu belum dapat diprediksi sebelumnya, tetapi jadi kelalaian manusia jika keruntuhan yang dimaksud sebenarnya sudah dapat diperkirakan dari pengalaman sebelumnya, sehingga telah ada strategi antisipasinya. Dalam hal ini, insinyur dianggap lalai karena mengabaikan petunjuk yang disediakan *code*.

10.4. Kronologi CODE atau STANDARD di INDONESIA

Pembahasan akan *code* atau *standard* untuk perencanaan struktur perlu dijelaskan karena ada wacana akan menjadi bahan evaluasi para penggagas ISSC. Untuk itu ada baiknya dipelajari perkembangan yang ada. *Code* atau *standar* yang dibahas dibatasi pada struktur baja dan beton sebagai pembandingan. Struktur beton perlu disertakan karena dianggap tipe struktur ini dianggap lebih maju dibanding perkembangan *code* atau *standard* struktur baja Indonesia.

Pada pembahasan ini juga disertakan dikeluarkannya *code* atau *standard* di luar negeri yang banyak dirujuk untuk perencanaan struktur di dalam negeri, dalam hal ini yang mengacu *code* Amerika dan Australia. Negara yang terakhir ini digunakan sebagai rujukan untuk struktur baja *cold-formed*. Kronologi disampaikan dalam bentuk tabel agar dapat dengan mudah dibandingkan.

Tabel 4. Kronologi Terbitnya Code Struktur Baja dan Beton

Tahun	Baja	Beton
1927	ASD Manuals 1 st Ed., 1 st Printing Dec. 1927	1927- Reinforced Concrete Building Design and Specifications
1963	ASD Manuals 6 th Ed., 3 rd Printing Dec. 1963	Building code requirements for reinforced concrete (ACI 318-63)
1970	ASD Manuals 7 th Ed., 1 st Printing 1970	
1971		Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (N.I - 2) <ul style="list-style-type: none"> cara elastis dan <i>ultimate</i>, unit satuan MKS/ CGS sumber rujukan FIP - CEB - ACI Penanggung jawab : Ir. Wiratman Wangsadinata Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-71)
1980	ASD Manuals 8 th Ed., 1 st Printing 1980 <ul style="list-style-type: none"> unit Imperial (kips-in), perencanaan elastis dan plastis 	
1983	Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI - 1983) <ul style="list-style-type: none"> prinsip tegangan ijin dan perhitungan keadaan plastis unit satuan MKS dan CGS rujukan : 19 buku pustaka, rujukan No.14 - AISC 8th Ed.(1980); rujukan No.16 - AIJ (1979) – Japan; rujukan No.17 Dutch Steel Code (1972). Isinya campur-campur (?!). Ir. Djuanda S. (Ketua) dan Ir. Hannis Burhan (Wakil) 	Building Code Requirements for Reinforced Concrete ACI 318M-83 (Metric Version) <ul style="list-style-type: none"> unit satuan SI (metric)
1986	Manual of Steel Construction LRFD 1 st Edition, AISC <ul style="list-style-type: none"> unit Imperial (kips-in) prinsip perencanaan kondisi batas (<i>ultimate</i>) termasuk Specification of Seismic Provision . . . Buildings 	Supplement to: Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83) and (ACI 318M-83) and Commentary
1989	Allowable Stress Design (ASD) 9 th Edition, AISC <ul style="list-style-type: none"> unit kips-in, tidak ada persyaratan tahan gempa 	Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318M-89) and Commentary, Unit satuan SI (metric)
1992		SNI 03-2847-1992 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Mengacu ACI 318-83/89 (Iswandi 2013)
1994	AASHTO LRFD Bridge Design Specifications: SI Units - 1994	
	Manual of Steel Construction LRFD 2 nd Edition, AISC	
1995		Building Code Req. for Structural Concrete (ACI 318-95)
1999	1999 LRFD Specification for Structural Steel Buildings	Building Code Req. for Structural Concrete (ACI 318-99)
2001	DNV-OS-C106, 2001. Structural Design of Offshore Deep Draught Floating Units, (LFRD Method). Det Norske Veritas, Norway	
	Manual of Steel Construction LRFD 3 th Edition, AISC	
2002	SNI 03 - 1729 - 2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung <ul style="list-style-type: none"> unit satuan SI (metric), cara kuat batas (beban terfaktor) tidak ada daftar pustaka, mirip AISC LRFD. 	SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. <ul style="list-style-type: none"> mengacu ACI 318-99 dan 318-02, kecuali <i>unified approach</i> dan aturan gempa (Iswandi 2013)
		Building Code Req. for Structural Concrete (ACI 318-02)
2004	DNV-OS-C101, 2004. Design of Offshore Steel Structures,	

	General (LRFD Method). Det Norske Veritas, Norway.	
2005	Specification for Structural Steel Building, AISC 360-05 (Steel Construction Manual, 13 rd Ed.) unit SI (MPa-mm) dan Imperial (kips-in) sekaligus Chapter B : LRFD dan ASD <ul style="list-style-type: none"> ▪ Chap. E – Design of Members for Compression (12p.) ▪ Chapter F – Design of Members for Flexure (20p.) ▪ code terpisah bangunan tahan gempa AISC 341-05 ▪ diperkenalkan analisis stabilitas berbasis komputer di Appendix 7 – Direct Analysis Method (D.A.M) 	Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318M-05)
	AASHTO LRFD Bridge Design Specifications - SI Units 3 rd Ed. 2005	
	DNV-OS-C105, 2005. Structural Design of TLPS, (LRFD Method). Det Norske Veritas, Norway.	
2007	AASHTO LRFD Bridge Design Specifications - SI Units 4 th Ed. 2007	

Tabel 4. Kronologi Terbitnya Code Struktur Baja dan Beton (lanjutan)

Tahun	Baja	Beton
2008		Building Code for Structural Concrete (ACI 318M-08)
2010	Specification for Structural Steel Building, ANSI/AISC 360-10 (Steel Construction Manual, 14 th Ed.) <ul style="list-style-type: none"> ▪ unit SI (MPa-mm) dan Imperial (kips-in) ▪ Chapter B : LRFD dan ASD ▪ Chapter C : memakai Direct Analysis Method (DAM) ▪ code terpisah bangunan tahan gempa AISC 341-10 ▪ cara lama (AISC 2005) dipindah ke Appendix 7 – Alternative Method of Design for Stability 	
	AASHTO LRFD Bridge Design Specifications - Fifth Edition - 2010	
2011	Offshore Standard Det Norske Veritas (DNV-OS-C101) Design Of Offshore Steel Struc. (LRFD April 2011)	Building Code Req. for Structural Concrete & Com (ACI 318M-11)
2012	AASHTO LRFD Bridge Design Specifications - Customary U.S Units - 2012 SNI 1726:2012 - Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Standar ini membatalkan dan menggantikan SNI 03-1726-2002. Acuan yang digunakan adalah NEHRP, IBC 2009 dan ASCE/SEI 7-10 (Amerika).	
2013	SNI 7971:2013 - Struktur baja canai dingin <ul style="list-style-type: none"> ▪ adopsi dari AS/NZS 4600:2005 (Australia) karena banyak pelaku usaha pakai produk negeri tersebut. 	SNI 2847:2013 Persyaratan beton struktural untuk gedung <ul style="list-style-type: none"> ▪ revisi SNI 03-2847-1992, mengacu ACI 318M-11 (Amerika)
	SNI 1727-2013 - Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Standar ini merupakan adopsi dari SEI/ASCE 7-10, Minimum Design Loads for Building and Others Structures.	
2014 2015	SNI 1729:2015 Spesifikasi bangunan gd. baja struktural <ul style="list-style-type: none"> ▪ revisi dari SNI 03-1729-2002 dan adopsi identik dengan metode terjemahan dari AISC 360-10. 	318-14: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary
	AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Customary U.S. Units, 7 th Edition, with 2015 Interim Revisions	
2016	Minimum Design Loads For Buildings and Other Structures (ASCE 7-16) Specification for Structural Steel Building, ANSI/AISC 360-16 (Steel Construction Manual, 15 th Ed.) <ul style="list-style-type: none"> ▪ unit SI (MPa-mm) dan Imperial (kips-in) ▪ Chapter B : LRFD dan ASD ▪ Chapter C : memakai Direct Analysis Method (DAM) ▪ Appendix 1. <i>Design by Advanced Analysis</i> menggantikan <i>Design By Inelastic Analysis</i> (AISC 2010) ▪ code terpisah bangunan tahan gempa AISC 341-10 ▪ cara lama (AISC 2005) dipindah APPENDIX 7 (sama seperti di AISC 2010) 	

Dari kronologis terbitnya, dapat dipahami peraturan beton terkesan lebih maju. *Code* beton, PBI 1971 sudah memuat perencanaan batas (*ultimate*) selain elastis. Wajar saja jika SNI Beton 1992 berikutnya, sudah sepenuhnya memakai perencanaan batas.

Pada baja, cara elastis (*Allowable Stress Method*) atau ASD-AISC masih dipakai tahun 1989. Cara *ultimate* (*Load Resistant Factor Design*) LRFD-AISC edisi pertama baru muncul 1991,

atau sekitar 20 tahun setelah *code design* beton cara *ultimate*. Untuk jembatan juga beralih ke cara batas, yaitu LRFD-AASHTO (1994). Saat ini cara ASD masih dipakai untuk konstruksi oil/gas, meskipun Swedia untuk struktur serupa telah mulai memakai cara LRFD sejak 2001 atau 13 tahun lalu. Pada AISC (2005) terdapat istilah yang sama, yaitu ASD, meskipun demikian sebenarnya berbeda, karena singkatannya adalah *Allowable Strength Design*. Kata tengahnya *Strength* dan bukan lagi *Stress* seperti yang terdapat di ASD-AISC (1986) lama.

Dari kronologi *code* yang beredar di Indonesia (baja, beton dan gempa) semuanya mengacu Amerika (ACI, AISC, AASHTO & ASCE). Untuk baja *cold-formed*, dipilih Australia karena banyak perusahaan mereka di Indonesia (modal atau lisensi teknologi). Untung *code* baja *cold-formed* Australia mirip Amerika. Oleh sebab itu jika ada wacana untuk merubah *code* atau standar SIN sekarang ini ke *code* negara yang lain, dengan alasan kebiasaan lokal, maka itu adalah wacana yang **kontra produktif**, dan akan **menimbulkan masalah baru**.

10.5. Kaitan SNI 1729:2015, AISC (2010) dan buku teks Struktur Baja

Di manca negara, misalnya Amerika, *code* atau *standard* dibuat oleh asosiasi profesi, seperti AISC (*American Institute of Steel Construction*), AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan semacamnya. Di Indonesia, *code* atau *standard* baja misal (SNI 1729:2015), disusun oleh Komite Teknis yang dibentuk atas inisiatif pemerintah yang anggotanya adalah *stakeholder* atau pemangku kepentingan terkait *code* yang dibuat. Umumnya dipilih wakil unsur pemerintah, perguruan tinggi atau pengusaha dan praktisi di dunia konstruksi. Hasilnya dipublikasikan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Anggota Komite Teknis biasanya para pakar ahli dari institusi diakui. Umumnya mereka itu bekerjanya sekedar mengandalkan literatur luar negeri. Satu atau dua individu bisa saja mempunyai hasil penelitian mandiri, tetapi karena pada dasarnya hasil riset Indonesia masih lemah, dan literatur yang terbitpun tidak mencukupi untuk dijadikan rujukan komprehensif pembuatan *code* secara mandiri, maka cara kerja pembuatan *code* seperti di manca negara belum bisa diterapkan dengan baik. Untung, hal itu disadari dan mereka mau berbesar hati mengakuinya. Hasilnya *code* atau *standard* baja Indonesia terbaru, SNI 1729:2015 adalah adopsi lengkap AISC (2010) dengan cara menerjemahkannya. Note : Ini tidak saja terjadi pada struktur baja, tetapi juga pada *code* konstruksi beton dan kayu. Adapun *code* pembebanan gempa Indonesia relatif sudah disesuaikan dengan kondisi di dalam negeri, meskipun acuan yang digunakan masih mengacu Amerika (ASCE 2010).

Bagi sebagian orang, mengacu Amerika memberi kesan tidak nasionalis karena memakai produk luar. Tapi penulis melihat hal yang sebaliknya. Ibarat pepatah “*mundur selangkah untuk maju seribu langkah*”. Bayangkan, jika Komite Teknis menentukan pilihan sendiri, sehingga seakan-akan terkesan mandiri (nasionalis), tidak tergantung negara lain, maka yang terjadi adalah jalan di tempat. Kondisi itu persis seperti pada pembuatan *code* baja di era terdahulu, yang tidak resmi mengakui sumber rujukan luar yang dipakai. Mengapa bisa demikian, karena *code* pada dasarnya sekedar petunjuk, hanya memuat apa yang boleh dan apa yang tidak, sekaligus usulan atau besaran tertentu yang harus dipilih. Adapun mengapa ini begini atau begitu, masih diperlukan literatur lain yang lebih komprehensif.

Dengan ditetapkannya AISC (2010) sebagai rujukan penuh, maka dapat ditentukan langkah nyata. Itu juga berarti dapat dilakukan adopsi semua literatur pendukung yang digunakannya. Adanya internet maka dunia seperti terbuka, yang menyebabkan semua literatur tersebut dapat diakses, dan dipelajari sendiri tanpa harus menunggu tersedia literatur yang dibuat khusus oleh Komite Teknik penyusun *code*. Itu pula yang menjadikan alasan mengapa buku "*Struktur Baja - Perilaku, Analisis & Desain - AISC 2010*" yang merupakan karangan penulis (Dewobroto 2015, 2016) dapat menjadi buku pendamping SNI 1729:2015. Itu karena pada dasarnya buku tersebut dan SNI terbaru, bersumber pada *code* atau *standard* yang sama, yaitu *code* perencanaan struktur baja di Amerika (AISC 2010, AISC 2016a).

11. Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Baja

11.1. Proses Transfer Perencana (Umum) – Kontraktor (Spesialis)

Tahapan berikutnya setelah perencanaan selesai adalah pelaksanaan konstruksi itu sendiri. Struktur baja belum mendominasi pemakaiannya di Indonesia sehingga konsultan perencana umumnya bukan spesialis baja saja, tetapi umum (tergantung proyek). Sedangkan di sisi lain, kontraktor baja umumnya spesialis, karena mengerjakan pekerjaan baja perlu investasi lebih, seperti misalnya peralatan khusus di bengkel kerja juga kompetensi s.d.m-nya. Hal seperti itu kadang dapat menimbulkan masalah, contohnya tentang ketersediaan profil baja. Konsultan menghitung berdasarkan tabel baja umum, sedangkan kontraktor berdasarkan ketersediaan stock pasaran. Masalahnya adalah jika ternyata profil yang dipilih perencana ternyata tidak ada di pasaran, atau kalau pun ada harus menunggu impor terlebih dahulu, yang tentunya dapat menghambat proyek. Sehingga jika diputuskan melakukan pergantian profil, maka bisa-bisa semua detail yang telah direncanakan dapat berubah. Biaya juga bisa berubah juga. Hal seperti ini jika tidak diperhatikan dapat menghasilkan penundaan. Proyek bangunan baja yang katanya cepat ternyata tidak terbukti. Itu bisa mengecewakan dan akhirnya berpindah ke material lain (beton). Jika sering terjadi, orang tidak perlu berpikir dulu untuk memakai struktur baja tapi langsung saja memilih struktur beton.

11.2. Fabrikasi

Agar dapat dilakukan proses fabrikasi maka gambar desain (*design-drawing*) dari perencana diuraikan lagi menjadi gambar-gambar detail untuk fabrikasi yang disebut gambar kerja (*shop-drawing*). Prosesnya sekarang dipermudah dengan adanya program canggih, seperti Tekla (www.tekla.com). Kecuali *shop-drawing*, dengan memakai program tersebut dengan data yang sama dapat langsung dihasilkan angka estimasi biaya, juga data ke mesin CNC untuk proses fabrikasi yang presisi. Tentu saja agar bisa digunakan secara maksimal harus ditunjang *hardware* yang mendukung.



Gambar 24. Suasana di Bengkel Kerja (Sumber : <http://acip-inc.com>)

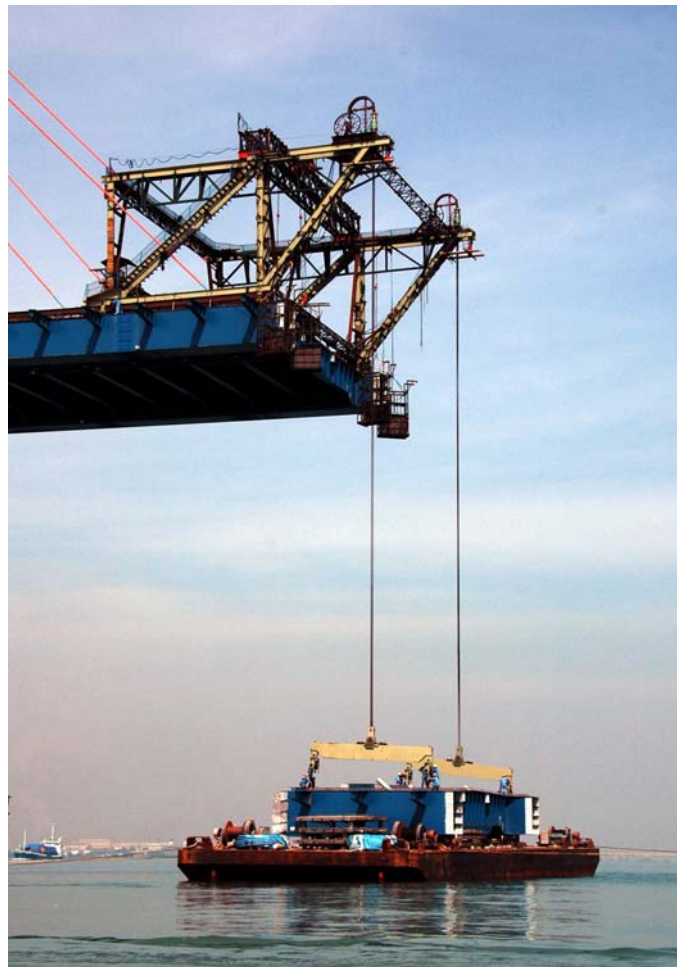
Suasana bengkel kerja seperti pabrik pada umumnya, jadi sekali proyek baja seterusnya juga proyek baja, karena kalau tidak maka investasi jadi mubazir. Dalam bengkel kerja minimal tersedia alat angkat (*crane*), untuk bengkel modern akan dilengkapi mesin CNC, baik untuk memotong atau melubangi profil / pelat baja yang dikontrol komputer sehingga dijamin tingkat presisinya tinggi. Ingat presisi lubang baut adalah dalam orde 1/16" atau 1.5 mm.

Salah satu cara sederhana bagi pemilik proyek untuk mendapatkan keyakinan apakah proyek konstruksi baja miliknya akan berjalan lancar adalah dengan mengunjungi bengkel fabrikasi milik kontraktornya. Jadi jangan terpaku pada harga tender yang murah saja atau portofolio perusahaan yang tercetak rapi dan berwarna. Cara berpikir seperti inilah yang menghasilkan mengapa ada kontraktor spesialis baja, dan walaupun ada kontraktor umum yang menerima pekerjaan baja maka umumnya akan diberikan kepada subkontraktor spesialis baja. Kadang-kadang dapat dipahami juga bunyi pepatah “bisa karena biasa”. Itulah si spesialis.

Untuk suatu konstruksi yang diragukan pemasangannya di lapangan, maka dapat juga setelah selesai fabrikasi dilakukan proses **pra-perakitan** sebelum dikirim ke lapangan. Biasanya ini diperlukan untuk modul-modul berulang, misalnya rangka baja standar, atau menara listrik tegangan tinggi. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa tidak ada permasalahan nanti saat perakitannya di lapangan. Jadi sebaiknya dicoba dan dipastikan terlebih dahulu.

11.3. Transportasi

Jika sudah tak ada keraguan bahwa modul konstruksi baja yang dibuat pada proses fabrikasi telah selesai secara keseluruhan, maka tahapan selanjutnya adalah mengangkutnya ke proyek lapangan. Tentu saja alat angkut yang digunakan tergantung dari jenis dan lokasi proyeknya. Jika digunakan truk tronton di jalan raya maka umumnya diambil ketetapan praktis bahwa panjang modul yang diangkut tidak lebih dari 15 meter, pada kondisi khusus tentu bisa lebih sedikit. Jika di laut tentu saja dibutuhkan kapal yang dapat menjangkau lokasi proyek, sebagaimana terlihat pada proyek Jembatan Suramadu belum lama ini (2005-2009).



Gambar 25. Transportasi dan erection segmen jembatan Suramadu (Sumber : L. Hidayat)

11.4. Erection

Proses *erection* adalah proses perakitan modul-modul struktur untuk disambung satu dengan yang lain membentuk kesatuan struktur sesuai rencana. Prosesnya sendiri sangat tergantung kondisi lapangan dimana proyek tersebut dilaksanakan. Oleh karena karakter lapangan antara proyek bangunan gedung dan jembatan berbeda, maka strategi *erection*-nya juga berbeda.

Bangunan gedung atau industri umumnya terletak pada bidang tanah yang telah diolah rapi, relatif datar, dan karena direncanakan untuk tempat hunian maka lokasinya tentu terjangkau. Jadi akses bagi pekerja, alat dan sebagainya ke proyek bangunan gedung mestinya tidak ada masalah, sehingga tidak ada hal khusus dan dianggap biasa. Oleh sebab itu strategi *erection* umumnya akan diserahkan kepada kontraktor untuk memilihnya yang paling ekonomis.

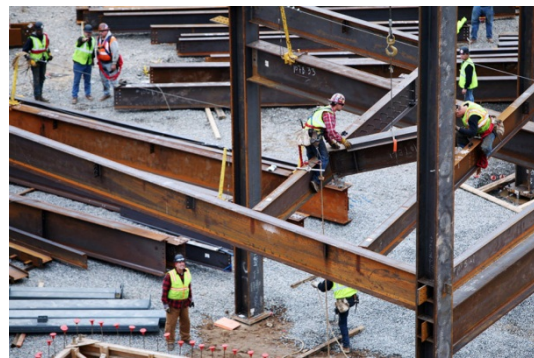
Karena alasan itu, maka para perencana proyek baja untuk gedung tidak terlalu memikirkan secara khusus strategi *erection*-nya. Mereka hanya berkonsentrasi pada perencanaan struktur pada konfigurasi final, sedangkan konfigurasi pada tahap pelaksanaannya tidak dipikirkan.

Kebiasaan ini kadang membuat kontraktor melakukan modifikasi detail dengan alasan agar sesuai dengan peralatan yang mereka punyai. Oleh karena itu, untuk sistem struktur yang dianggap khusus, yang akan terpengaruh gaya-gaya internalnya oleh tahapan pelaksanaan maka perlu perhatian khusus. Kasus yang dimaksud sudah ditinjau di bab 5.6 dimana lokasi penempatan sambungan yang dirubah akan menghasilkan gaya internal yang berubah pula, yang akibatnya ada beberapa elemen struktur menjadi *over-stress* dan dapat berbahaya.

Kalaupun tidak berubah dari rencana awal, tetapi karena adanya kebebasan kontraktor untuk memilih metoda pelaksanaan kadang ada beberapa hal yang tidak diperhatikan dan beresiko. Seperti tentang K3 bagi pekerja yang kadang tidak mencukupi, yang penting untung. Untuk mendapatkan gambaran itu ada baiknya dilihat perbandingan kondisi kerja pada saat *erection* yang satu proyeknya berlokasi di Jabotabek (hasil kerja praktek mahasiswa UPH) dan yang satunya lagi dari luar negeri (internet). Perhatikan dan bandingkan antara keduanya kelengkapan K3 yang dipakai, seperti sabuk, helm dan sepatu penyelamatnya.



a). Jabotabek

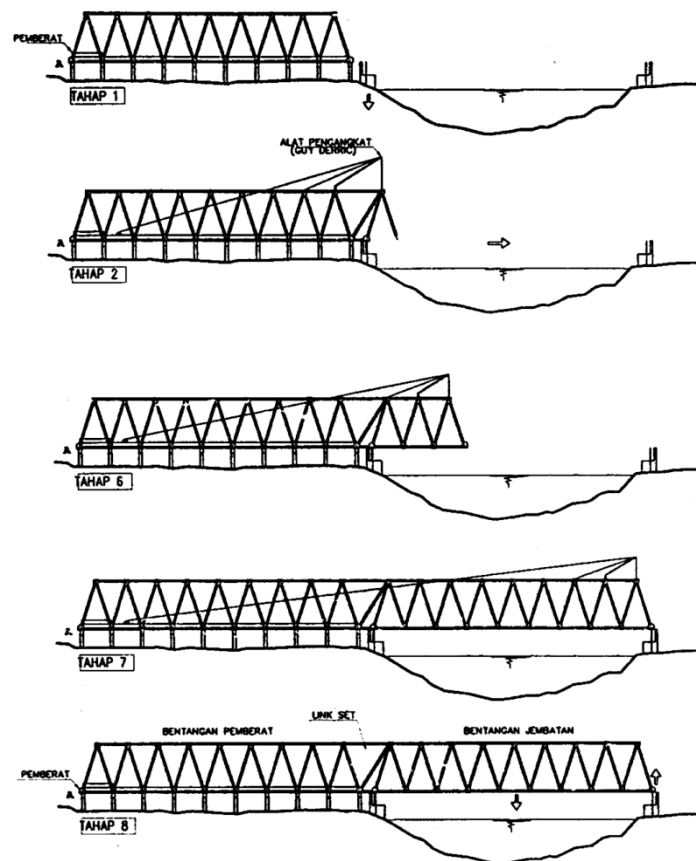


b). Luar negeri

Gambar 26. Kondisi K3 pada proses erection bangunan baja

Jika masalah K3 saja yang menyangkut nyawa pekerja diabaikan, maka bisa saja hal-hal lain yang menyangkut stabilitas elemen baja yang dirakit juga terabaikan. Hasilnya malapetaka tidak hanya bagi pekerja tetapi juga bagi kelangsungan proyek konstruksi baja tersebut. Ini yang harus diperhatikan pada pelaksanaan *erection* di bangunan gedung.

Pelaksanaan *erection* proyek jembatan seringkali mendapatkan kondisi lapangan yang lebih berat, tidak gampang menempatkan alat-alat berat untuk mengangkat modul-modul struktur yang akan dirangkai. Oleh karena hal itu, maka pada saat perencanaan telah diperhitungkan secara matang metoda pelaksanaan yang akan dipakai, yang umumnya memanfaatkan modul yang akan dipasang, seperti misalnya teknik kantilever pada bangunan rangka baja standar.



Gambar 27. Metode erection tipe cantilever dalam dokumen perencanaan

Meskipun secara real, situasi dan kondisi lapangan proyek jembatan lebih berat, medan yang belum tentu pernah dijamah manusia yang umum, maka mendatangkan alat berat merupakan sesuatu yang tidak sederhana dan murah. Tetapi karena hal tersebut sudah dipertimbangkan selama tahapan perencanaan, yang tentunya dapat dicari berbagai alternatif jenis jembatan yang kondisinya paling optimal. Jadi adanya metode pelaksanaan yang sekaligus dengan dokumen perencanaan lain akan menyebabkan persyaratan ideal pelaksanaan, termasuk K3 dapat ditentukan sebelum kontrak ditanda-tangani. Dengan demikian, tidak mengherankan jika pelaksanaan proyek konstruksi bangunan jembatan akan lebih tertata dan lancar.



Gambar 28. Proses erection jembatan Berbak, Jambi (Sumber: L. Hidayat)

12. Perawatan bangunan baja

Jangan dibayangkan ketika kegiatan konstruksi bangunan baja selesai maka tidak diperlukan perhatian lagi. Bangunan selanjutnya tinggal dipakai untuk selama-lamanya, sampai rusak. Jika demikian, jika tidak lama setelah dibangun kemudian rusak apakah itu berarti umurnya telah tiba, seperti orang yang mati, lalu dikatakan **NASIB**.

Bisa juga ada yang berpendapat bahwa umur bangunan itu terbatas, misalnya angka 50 atau 100 tahun, sehingga ketika umur tersebut tercapai maka bangunan tersebut harus dibongkar. Itulah berita yang sering terdengar yang disampaikan kepada awam bila merujuk pada suatu kerusakan bangunan yang langsung dikaitkan dengan umurnya. Jadi ketika ditemukan bahwa umurnya sudah 50 tahun (atau angka yang lain) maka dianggap sebagai suatu kewajiban.

Apakah memang seperti itu yang terjadi. Padahal standar perencanaan yang ada, apakah itu SNI atau AISC tidak pernah mendefinisikan secara jelas bahwa usia perencanaannya akan terbatas, sehingga pada usia tertentu harus dibongkar. Untuk itu bandingkan hal berikut.



a). Bantar Lama - Yogyakarta (1932)

b). Roebling – Ohio (1867)

Gambar 29. Jembatan-jembatan tua di dunia

Jembatan Bantar Lama berada di daerah Yogyakarta umur 79 tahun, kondisinya hanya boleh dilewati sepeda atau pejalan kaki, sedangkan jembatan Roebling di Ohio berumur 144 tahun, meskipun lebih tua terlihat berfungsi lebih baik. Dengan demikian usia suatu bangunan tidak dapat menjadi patokan, apakah suatu bangunan harus dibongkar atau tidak.

Faktor apa yang menyebabkan itu, pada bagian perencanaan atau pelaksanaan, kiranya tidak ada yang disebutkan. Menurut penulis yang membedakannya adalah **faktor perawatannya**. Nah disinilah peran adanya perawatan yang baik atau tidak dari suatu bangunan konstruksi. Jika perawatannya baik maka dapat dipastikan fungsi suatu bangunan menjadi tidak terbatas, tentu selama pemakainya masih suka dan masih diperlukan, maka bangunan diyakini masih ada. Untuk itu boleh saja berganti fungsi, seperti dulu alat penghubung transportasi penting (jembatan), sekarang berubah jadi daya tarik pariwisata (monumen) pendulang devisa.

Tindakan perawatan baja di jembatan lebih *urgent* dibanding gedung, sebab [a] pembebanan jembatan variasinya lebih tinggi dan beresiko terhadap *fatigue*, [b] lokasi ditempat terbuka sehingga rentan terhadap pengaruh lingkungan alam. Jadi adanya ketidak-sempurnaan dalam proses perencanaan dan pelaksanaan akan mengakibatkan biaya perawatan lebih tinggi.

13. Kesimpulan

Telah dibahas adanya tren penggunaan konstruksi baja pada pembangunan infrastruktur di Indonesia yang cukup masif. Sisi lain, sektor pariwisata dijadikan andalan, sehingga banyak bangunan infrastruktur dibuat atraktif untuk mendukung. Agar tren tetap berlanjut, penggiat konstruksi baja di tanah air dan pemerintah berinisiatif membentuk ISSC (*Indonesia Society Steel Construction*). Selanjutnya diungkapkan harapan dan usulan kegiatan yang diperlukan, juga saran penting untuk TIDAK merubah standar / code DESAIN struktur baja, yang saat ini dianggap telah mengacu sumber yang terbaik (Amerika). Ini penting agar keberadaan ISSC bermanfaat bagi kemajuan dunia konstruksi nasional, yaitu bisa tetap mempertahankan terjadinya TREN, bahkan memperjuangkan kesiapan industri konstruksi baja di dalam negeri untuk pergi bersaing ke mancanegara (go internasional).

14. Ucapan terima kasih

Makalah ditulis sebagai ucapan terima kasih atas undangan Direktur Bina Kelembagaan dan Sumber Daya Jasa Konstruksi, Ditjen Bina Konstruksi, Kementerian PUPR, untuk menjadi narasumber di acara *workshop* “**Pengembangan Kualitas Konstruksi Baja di Indonesia**”, hari Kamis, 19 Juli 2018, di Hotel Ambhara, Jakarta.

Semoga pemikiran yang disampaikan memicu pemikiran lain yang lebih berbobot dan agar dapat ditindak-lanjuti oleh yang berwewenang untuk kemajuan dan kesejahteraan bangsa.

Makalah selesai tepat waktu karena struktur baja adalah peminatan penulis sejak lama, mulai dari penerbitan buku teks perguruan tinggi, riset dan publikasi di jurnal ilmiah internasional, dan mengelola komunitas intelektual dunia maya melalui blog (<http://wiryanto.blog>).

Untuk semuanya, penulis mengucapkan terima kasih. Berkat Tuhan beserta kita semua.

Always make sure you are right and then - go for it.

David Crockett

Daftar Pustaka

- AISC. (1992). “*Manual of Steel Construction – Vol. II Connections ASD 9th Ed./LRFD 1st Ed.*”, AISC, Chicago
- AISC.(2005a). “*ANSI/AISC 360-05 An American National Standard: Specification for Structural Steel Buildings*”, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, Illinois
- AISC. (2005b). “*ANSI/AISC 341-05 : Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*”, AISC, Chicago, Illinois
- AISC.(2010). “*ANSI/AISC 360-10 An American National Standard: Specification for Structural Steel Buildings*”, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, Illinois
- AISC.(2016a). “*ANSI/AISC 360-16 An American National Standard : Specification for Structural Steel Buildings*”, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, Illinois
- ASCE.(2016b). “*ASCE/SEI 7-16 : Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*”, American Society of Civil Engineers, Virginia,
- Dewobroto, W . (2007). “*Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP2000 – Ed. Baru*”, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Dewobroto, W. (2009). “*Insinyur perlu Menulis Publikasi*”, Invited speaker Workshop Penulis Muda oleh Forum Anggota Muda – Persatuan Insinyur Indonesia , Jakarta
- Dewobroto, W. (2010). “*Dampak Pemakaian ‘Design Preference’ pada Rancangan Struktur - Studi Kasus : Analisis dan Design Balok Baja memakai SAP2000 v 11*”, KoNTekS 4, Unud-UAJY-UPH, Sanur,Bali
- Dewobroto, W.(2015). “*Struktur Baja - Perilaku, Analisis & Desain- AISC 2010*”, Penerbit JTS UPH
- Dewobroto, W.(2016). “*Struktur Baja - Perilaku, Analisis & Desain - AISC 2010*” Ed.2, Penerbit JTS UPH
- Dewobroto, W., dan Wawan Chendrawan. (2010) “*Resiko Otomatisasi Komputer pada Perancangan Struktur - Studi Kasus : Analisis dan Desain Struktur Balok Baja*”, Seminar HAKI 2010, Jakarta , 4 Agustus 2010
- Dewobroto, W. (2005). “*Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan Visual Basic 6.0 : Analisis dan Desain Penampang Beton Bertulang sesuai SNI 03-2847-2002*”, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta

- Dewobroto, W. (2004). “*Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP2000*”, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Dewobroto, W. (2003). “*Aplikasi Sain dan Teknik dengan Visual Basic 6.0*”, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Kodur, V.K.R.(2003). “*Role of Fire Resistance Issues in The Collapse of The Twin Towers*”, Proceedings of the CIB-CTBUH Int. Conference on Tall Buildings, 8-10 May 2003, Malaysia
- Rittironk, S. & M. Elnieiri. (2008). “*Investigating laminated bamboo lumber as an alternate to wood lumber in residential construction in the United States*”, Illinois Institute of Technology, Chicago, (in Modern Bamboo Structures – Xiao et al. (eds), Taylor & Francis Group, London)
- Wei-Wen Yu. (2000). “*Cold-Formed Steel Design 3rd Ed.*”, John Wiley & Sons. Inc.

TENTANG PENULIS

Dr. Ir. Wiryanto Dewobroto, MT., dosen tetap Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan, Lippo Karawaci, Tangerang. Bidang keahlian rekayasa struktur (*structural engineering*). Pendidikan S1-UGM (1989), S2-UI (1998), S3-UNPAR (2009) promotor Prof. Ir. M. Sahari Besari, MSc., PhD. Aktif menulis dan mengelola blog <http://wiryanto.blog>. Empat buku terbarunya, adalah “**Bridge Engineering in Indonesia**”, in : Chapter 21 of the **Handbook of International Bridge Engineering**, by Wai-Fah Chen , Lian Duan, CRC Press (2013); “**Komputer Rekayasa Struktur dengan SAP2000**”, LUMINA Press, Jakarta (2013), “**STRUKTUR BAJA - Perilaku, Analisis dan Desain - AISC 2010**”, LUMINA Press, Jakarta (April 2015), dan “**STRUKTUR BAJA - Perilaku, Analisis dan Desain - AISC 2010**” Ed.ke-2, LUMINA Press, Jakarta (2016). Buku bisa diorder via <http://lumina-press.com>. Tahun 2017 berhasil publikasi di jurnal internasional: Wiryanto Dewobroto, Iswandi Imran, Effendi Johan, and Sri Yanto. (2017). “*Design and Construction of Steel–Concrete Hybrid Piers for a Light Rail Transit System in Palembang, Indonesia*”, **ASCE - Practice Periodical on Structural Design and Construction**, August 2017 Vol. 22, Issue 3 ([https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000318](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000318)); Tahun 2018 diterima lagi untuk diterbitkan di Jurnal **ASCE - Practice Periodical on Structural Design and Construction**, sesuai email 11-05-2018 Ref.:Ms.No.SCENG-607R1. “*Ultimate Load Capacity Analysis of Steel Scaffoldings using the Direct Analysis Method*”, Wiryanto Dewobroto & Wawan Chendrawan. Tanggal 29-1-2018 dilantik Menteri PUPR, Ir. M. Basoeki Hadimoeljono, M.Sc., Ph.D sebagai anggota **Komite Keselamatan Konstruksi** berdasarkan Kepmen PUPR No.66/KPTS/M/2018.

