

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(No. 34 Nopember 2011)

Publikasi Bersama Federasi Besi dan Baja Jepang dan
Masyarakat Konstruksi Baja Jepang

Versi Bahasa Indonesia

Versi Bahasa Inggris *Steel Construction Today & Tomorrow* diterbitkan tiga kali dalam setahun dan disirkulasikan ke seluruh dunia kepada para eksekutif, perusahaan perdagangan industri, dan organisasi administratif yang berminat. Tujuan utama publikasi ini adalah memperkenalkan standar dan spesifikasi mengenai konstruksi baja, contoh-contoh proyek konstruksi mutakhir, teknologi dan material konstruksi mutakhir dan lainnya di bidang konstruksi bangunan dan keteknik-sipilan.

Agar pembaca Indonesia dapat memahami artikel yang ada, disiapkan versi Bahasa Indonesia yang berisi teks saja, dan dilampirkan pada versi Bahasa Inggris. Dalam versi Bahasa Indonesia, foto, gambar dan tabel hanya ditampilkan judulnya saja. Oleh karenanya perlu merujuk ke publikasi versi Bahasa Inggris untuk melihat isinya. Juga, bila dibutuhkan konfirmasi teknis ataupun rincian yang lebih teknis dari sebuah teks, silakan merujuk ke publikasi versi Bahasa Inggris.

No. 34 Nopember 2011: Isi

Isu khusus

Konstruksi Bentang-besar Canggih

Baja: Pemain Utama untuk Struktur Hibrida
Bentang-besar yang Lebih Baik _____ 1

SkyPark: Puncak-atap Besar, Struktur Baja yang
Membentang di atas Tiga Menara Bertingkat Tinggi __ 4

Stasiun Osaka: Instalasi Atap Kubah Skala-besar di
Atas Plaform Stasiun _____ 8

Stasiun Kereta Asahikawa: Disain Struktural Bangunan
Stasiun Bentang-besar Terbuka _____ 12

SkyPark: Puncak-atap Besar, Struktur Baja yang
Membentang di atas Tiga Menara Bertingkat
Tinggi _____ 15

Gempa Bumi Besar Jepang Timur: Usulan untuk
Rehabilitasi dan Rekonstruksi oleh Federasi Besi dan
Baja Jepang _____ Sampul Belakang

Versi Indonesia: ©Federasi Besi dan Baja Jepang 2011

Federasi Besi dan Baja Jepang
3-2-10 Nihonbashi-Kayabacho, Chuo-ku, Tokyo
103-0025, Jepang
Fax: 81-3-3667-0245 Telpon: 81-3-3669-4815
Alamat surat: sunpou@jisf.or.jp
URL <http://www.jisf.or.jp>

(Halaman 1~3)

Baja: Pemain Utama untuk Struktur Hibrida Bentang-besar yang Lebih Baik

Oleh Mamoru Kawaguchi

Prof. Emeritus, Universitas Hosei; Perwakilan

KAWAGUCHI & ENGINEERS

Baja seringkali digunakan sebagai elemen utama dalam banyak struktur komposit atau hibrida. Baja berperan penting sebagai elemen tarik yang membentuk struktur rasional yang dimaksudkan bersamaan dengan material pembentuk lainnya yang berperan sebagai elemen tekan, geser atau tekuk. Cukup menarik untuk diperhatikan bahwa elemen-elemen yang disebut terakhir dapat tersusun dari berbagai jenis material, sesuai dengan tujuan disain. Artikel ini menggambarkan beberapa pekerjaan disain penulis baru-baru ini dimana berbagai material seperti beton, batu alam, kayu, aluminium, dan bahkan udara diadopsi untuk membangun struktur bentang-besar yang rasional dan estetik dimana baja merupakan material tarik utama.

Struktur Hibrida Kabel-Baja: Struktur Tarik Semi-kaku (Stadion Yoyogi)

Stadion Yoyogi terdiri dari dua fasilitas utama--gimnasium pertama dan kedua. Atap kedua gimnasium didisain berdasarkan prinsip struktur tarik. (Lihat Foto 1)

Gimnasium pertama yang awalnya didisain untuk renang dan *ice-skating* memiliki kapasitas duduk 15.000. Di dalam gedung ini diadopsi sistem struktur serupa dengan jembatan gantung sebagai struktur sentral. Dua kabel utama membentang 125 m antara kedua kolom prinsipal dan 65 m di luar keduanya di *backstay*. Sederet batang gantung yang terdiri dari baja membentangi area di antara kabel utama dengan pembatas lengkung beton bertulang yang mengitari kursi. Sekelompok kabel bresing menembus elemen baja sepanjang garis geodesik permukaan atap yang ditarik untuk meningkatkan kekakuan struktur atap secara keseluruhan. Awalnya diusulkan penggunaan tambang untuk membuat jaringan kabel untuk permukaan atap, namun pada tahap disain diperkirakan bahwa permukaan atap yang terbuat dari struktur batas berbagai sifat tidak akan dapat dilaksanakan dengan jaringan kabel saja tanpa mengorbankan efisiensi. Untuk mengatasi hal ini, kami mengembangkan sistem gantung "semi-kaku" untuk atap yang dibangun dengan

elemen-elemen tarik dengan kekakuan tekuk dan kabel bresing. (Lihat Gbr. 1)

Foto 1 Gimnasium pertama Stadion Yoyogi
Gbr. 1 Sistem Struktural Stadion Yoyogi

Struktur Hibrida Gandeng Baja-Beton Bertulang (Stadion Hijau Tochigi)

Stadion Hijau Tochigi (Foto 2) dibangun pada tahun 1993 di kota Utsunomiya untuk pertandingan bola. Dalam mendisain struktur ini dilakukan beberapa usaha: 1) Membuat struktur gandeng dari komponennya, 2) Struktur prefabrikasi beton bertulang untuk tempat penonton

Foto 2. Atap terapung Stadion Hijau Tochigi

Yang pertama dianggap penting untuk menciptakan atmosfer "atap terapung di semak" sesuai dengan tampilan visual yang diharapkan arsiteknya untuk atap tempat penonton. Untuk tujuan ini struktur penunjang atap dibuat gandeng dan terdiri dari batang tarik dan batang tekan yang dihubungkan dengan engsel. Cara penggandengan menghasilkan penampang komponen struktur yang lebih kecil sehingga masing-masing tidak terlalu tampil nyata sehingga menimbulkan kesan "atap terapung". Batang tarik dirancang dengan batang baja berdiameter 32~52 mm, dan batang tekan dengan tiang pancang beton prategang. Disain ini mungkin contoh pertama dimana pancang beton digunakan sebagai komponen arsitektural tanpa dilakukan penyempurnaan akhir. Tiang pancang beton adalah barang industri yang diproduksi massal dengan standar tinggi baik dalam hal akurasi dimensi maupun kualitas bahan. Selain itu, permukaan tiang pancang beton, baik prategang maupun bukan prategang, sangat padat, halus dan rata sehingga kita dapat memanfaatkannya sebagai elemen arsitektural tanpa penyempurnaan lagi.

Dengan demikian tempat penonton dan atapnya dibangun dengan 25 kolom tiang pancang prategang dan gelagar beton prefabrikasi yang menahan panel lantai. Dalam arah memanjang, struktur ini dibuat stabil dengan adanya bresing batang baja dimana kolom yang berdekatan saling "berpegangan".

Jembatan Hibrida Baja-Batu Alam (Jembatan Inachus)

Jembatan Inachus (Foto 3) dibangun pada tahun 1994 di Kota Beppu, Kyushu, sebagai jembatan penyebrangan menuju taman yang indah bernama

Minami-Tateishi Koen. Bentang yang dijembatani adalah 34 m. Dalam proses diskusi dengan walikota dan staf divisi pembangunan kota, penulis mencatat bahwa Beppu memiliki kota kembaran di Cina bernama Yantai yang mengekspor granit kualitas tinggi. Uji laboratory menunjukkan bahwa batunya sangat kuat dan kokoh untuk digunakan dalam struktur, dan penulis memutuskan untuk menggunakan granit Yantai sebagai komponen jembatan. Jembatan didisain berbentuk lengkung lentil dengan tali busur atas dari granit dan tali busur bawah gantung. Pada disain ini tali busur granit berperan ganda sebagai elemen struktural prinsipal dan sebagai lantai injak bagi orang-orang yang menyebrang di atas jembatan.

Foto 3 Jembatan Inachus Granit

Oleh karenanya, tali busur atas terdiri dari 78 blok granit ukuran lebar 40 cm dan tebal 25 cm dengan panjang bervariasi antara 2,6 m sampai 3,6 m. Keseluruhan tali busur atas dibuat prategang untuk menghasilkan elemen struktural yang dapat dikatakan "monolitik". Tali busur bawah terdiri dari pelat baja yang disusun berrantai. Tali busur atas dan bawah dihubungkan satu sama lain dengan batang web yang terdiri dari pipa baja yang disusun membentuk piramida yang penulis sebut sebagai "rangka badan-terbuka", dimana badan gelagar tidak "tertutup" oleh perulangan batang kisi sebagaimana halnya pada rangka biasa. Dengan pertimbangan penghematan jumlah batang kisi dan detil penghubung serta keuntungan estetika dari tampilan yang sederhana, penulis mempunyai alasan untuk menerapkan rangka badan-terbuka dalam disain struktur. Jembatan tersebut dinamakan "INACHUS" (nama Dewa Sungai dalam mitos Yunani) setelah melalui kompetisi penamaan diantara warga Beppu.

Struktur Komposit Baja-Kayu

• Struktur Kayu-Tulangan Baja

Kayu adalah material alam yang sangat unggul yang dapat didaur ulang di hutan. Kayu juga merupakan material yang terasa ramah disaat diekpos ke ruang kegiatan manusia. Sebaliknya, kayu memiliki kekurangan dalam hal terbatasnya kekuatan dan kekakuan bila digunakan sebagai elemen struktur. Situasi ini kemudian yang menggiring ke pemikiran untuk memperkuat kayu dengan material yang lebih kuat seperti baja. Ada beberapa jembatan yang dibangun dengan dasar pemikiran demikian. Penulis

baru-baru ini terlibat dalam disain sebuah gedung pertemuan untuk Kota Onishi dimana si arsitek menginginkan atap yang didukung oleh sederet kayu yang sangat tipis, dan ia kemudian mengaplikasikan penulangan baja pada balok kayu untuk memenuhi kebutuhan tersebut (Foto 4).

Foto 4 Gedung Onishi

• Struktur Hibrida Baja-Kayu

Material kayu mempunyai kekuatan tarik yang sama dengan kekuatan tekan, tetapi lebih tidak efisien menggabungkan kayu untuk tarik dibanding untuk tekan. Oleh karena itu, disain hibrida dimana kayu berperan menahan tekan dapat memberikan hasil yang baik.

Gimnasium Aira (Foto 5) direncanakan berukuran 100 m x 50 m, dimana arenanya ditutupi dengan hibrida kayu baja yang terdiri dari permukaan lengkung laminasi setebal 200 mm dan sistim kisi baja. Cangkang kayu berfungsi sebagai elemen tekan, dan berfungsi tidak hanya sebagai elemen struktural tetapi juga sebagai isolator panas dan langit-langit dengan tekstur yang ramah.

Stasiun Hyuga-shi (Gbr. 2) memiliki struktur atap hibrida baja-kayu dengan bentuk yang lebih kompleks untuk menutupi bangunan berukuran 18 m x 110 m dengan rel dan panggung. Balok kayu laminasi difabrikasi dengan bentuk yang dapat menahan momen tekuk akibat beban angin horisontal secara efisien bersama-sama dengan elemen pipa baja.

Atap utama Stasiun Kochi yang berbentuk kubah (Foto 6) yang menutupi bangunan 39 m x 60 m dibangun dengan sejumlah busur hibrida baja-kayu bentuk asimetris dimana keni baja mengarah ke ujung busur. Busur hibrida bertumpu pada penyokong beton bertulang sepanjang sisi utara bangunan, dan disokong oleh struktur rel layang di sisi selatan.

Foto 5 Stadion Aira

Gbr. 2 Stasiun Hyuga-shi

Foto 6 Stasiun Kochi

Jembatan Aluminium Prategang

Sebuah jembatan pejalan kaki dalam-ruang yang kecil yang menghubungkan sebuah restoran dengan ruang elevator didisain di dalam sebuah gedung di Ginza (Foto 7). Jembatan ini merupakan jembatan aluminium dengan panjang 6 m dan lebar 1.7 m. Aluminium dipilih karena tekstur yang enak dilihat,

tidak berkarat dan bebas perawatan. Keseluruhan jembatan dicetak dalam bentuk blok. Karena tidak ada yang yakin akan keandalan dari logam campur cetakan dalam hal daktilitas terhadap tarik, maka diberikan gaya prategang sebesar 300 kN dengan menggunakan batang prategang yang disusun di dalam seksi kotak jembatan untuk mencegah timbulnya tegangan tarik pada jembatan.

Foto 7 Jembatan aluminium prategang

Struktur Hibrida Membran Baja-Udara

Dalam diskusi sebelumnya, baja sudah digunakan secara eksklusif sebagai elemen tarik, sementara untuk elemen tekan berbagai material seperti beton, batu, kayu dan aluminium sudah banyak dimanfaatkan. Salah satu material yang paling menarik yang hanya dapat menerima tekan mungkin adalah udara. Udara tidak dapat menahan tarik ataupun geser yang besar, akan tetapi memiliki ketahanan terhadap perubahan volume. Dalam pengertian biasa, udara tidak mungkin “kolaps” atau “fraktur” pada saat ada tekan. Oleh karenanya timbul ide bahwa struktur hibrida dapat dibuat dengan menggunakan baja untuk tarik dan udara untuk tekan. Contoh pertama yang dilaksanakan berdasarkan ide ini adalah atap yang disokong oleh membran baja tahan karat-udara untuk kompleks olah raga di Universitas Dalhousie Halifax, Canada, yang diselesaikan pada tahun 1979. Atap ini menutupi area gedung olah raga berukuran 92 m x 73 m. Atapnya sangat datar, dan membran terdiri dari lebaran baja las tahan karat setebal 1,6 mm.

Penulis mengembangkan sistem membran baja yang disokong udara yang dapat diaplikasikan tidak hanya untuk profil datar tetapi juga bentuk kubah yang dalam. Sistem ini, yang disebut juga sistem strip (atau pita), menggunakan kekuatan strip metal terutama dalam arah memanjang. Stripnya menerus ke arah memanjang, dan ujungnya terhubung kuat dengan pembatas sedemikian sehingga meningkatkan kekuatan strip ke arah memanjang, tetapi strip yang berdekatan tidak terhubung atau hanya terhubung sekunder satu sama lain sepanjang sisi memanjangnya. (Lihat Foto 8)

Keberadaan teoritis permukaan kubah yang tidak mengalami tegangan sampai pada saat diberikan tegangan udara internal dikenal sebagai suatu konfigurasi yang berhubungan dengan kondisi ekstrim cangkang membran rotasi yang diberikan beban merata internal. Penulis menamakan permukaan demikian “bentuk pneumatik yang paling dangkal” dan

mengaplikasikannya pada kubah udara membran baja.

Sebuah kubah uji berukuran diameter 20 m dibangun berdasarkan prinsip di atas dengan menggunakan kulit baja tahan karat setebal 0,3 mm. Survey bentuk kubah ternyata membuktikan kedekatan teoritis. Kubah tersebut diberikan angin yang kuat termasuk angin dengan kecepatan 30 m/dtk dan tidak mengalami masalah.

Foto 8 Kubah udara membran baja

Kesimpulan

Baja merupakan material canggih. Baja kuat terhadap tarik dan tekan, dan juga memiliki kekuatan yang tinggi. Kekuatan paling besar baja adalah pada saat menahan tarik, sementara kekuatan tekannya sangat tergantung pada cara pembebanannya dimana banyak terjadi pengurangan akibat tekuk. Oleh karena itu bila hendak mengembangkan sebuah komponen struktural yang baru ataupun sistem struktural dengan menggabungkan lebih dari dua material, yang digunakan untuk kekuatan tarik adalah hampir selalu baja. Tetapi untuk menahan tekan dan/atau lintang terdapat banyak ragam material yang dapat berperan. Dalam artikel ini, penulis mencoba menunjukkan ragam material yang dapat digunakan untuk tujuan tersebut dengan menggabungkan dengan baja yang selalu berfungsi sebagai elemen tarik. Material yang telah ditunjukkan dalam artikel ini adalah beton, batu alam, kayu, aluminium dan bahkan udara. Tentunya masih banyak lagi material yang dapat digabungkan dengan baja untuk menghasilkan komponen struktural dan sistem struktural baru.

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 4~7)

SkyPark

—Puncak-atap Besar, Struktur Baja yang Membentang di Tiga Menara Bertingkat Tinggi —

Oleh Yasuhisa Miwa
Manajer Proyek, Dep. Rekayasa Struktur Baja, JFE
Engineering Corporation

Garis Besar SkyPark

Sebagaimana namanya, SkyPark adalah taman udara yang dibangun di atas tiga menara bertingkat

tinggi di Singapura (Foto 1). Ukuran panjang 340 m dan lebar 40 m. Sebagai sebuah *landmark*, SkyPark dibuka pada bulan Juni 2010 dan keberadaannya mencolok di tengah-tengah berbagai fasilitas yang dikelola Marine Bay Sands Pte Ltd, sebuah perusahaan resor terpadu di Singapura.

Sebuah *joint venture* antara JFE Engineering Corporation, Jepang dan Yongnam Engineering & Construction Pte Ltd., Singapore memperoleh kontrak pada bulan April 2008 untuk mengerjakan pekerjaan baja untuk SkyPart. *Joint venture* ini segera memulai disain rinci dan rencana pembangunan dan pada bulan Juli 2009 memulai pekerjaan lapangan untuk membangun struktur baja seberat 8.000 ton dan menyelesaikannya hanya dalam sembilan bulan.

Foto 1 Tampak keseluruhan SkyPark

Struktur SkyPark

SkyPark terdiri dari dua jembatan rangka baja yang menghubungkan tiga menara hotel (Menara 1, 2 dan 3), sebuah jembatan gelagar kotak baja dengan struktur kantilever pada Menara 3, dan dua struktur kerangka baja di atas Menara 2 dan 3 (Foto 2) untuk menciptakan struktur terpadu. Struktur ini didisain sebagai struktur tertutup untuk menopang selubung (*cladding*) dengan *gording*.

Untuk jembatan penghubung ketiga menara, diadopsi jembatan rangka baja sebagai alternatif disain aslinya dimana ketiga gelagar utama dihubungkan dengan balok silang melintang. Sesuai dengan bentuk lengkung SkyPart dan konfigurasi menara yang menopang struktur jembatan, rangka memiliki konfigurasi yang tidak paralel dan ketinggian pada rangka berubah mengikuti kebutuhan estetika sedemikian sehingga menampilkan struktur yang rumit seperti terlihat pada Gbr. 1

Struktur pada Menara 3 terdiri dari tiga gelagar utama, dimana konfigurasi dua menara di samping berubah dari gelagar pelat penampang-I menjadi gelagar kotak dan menjulur membentuk struktur kantilever dengan panjang 67,7 m. Gelagar-gelagar utama disokong oleh kolom bulat rongga bentuk-W yang dipasang pada dinding diafragma beton bertulang tingkat ke 55, lantai tertinggi menara 3. Gelagar utama pada kolom W di grid HTL60 dan HTL67 disokong peletakkan jepit, dan titik-titik lainnya dihubungkan dengan pengelasan kaku. Untuk menopang struktur kantilever, sebuah kawat beton prategang (*PC Strand*) ditempatkan pada bagian atas flens di dalam gelagar

kotak untuk kemudian ditarik setelah instalasi gelagar kotak selesai. (Gbr. 2). Pendekatan struktural khusus lainnya juga diadopsi, seperti instalasi peredam *tune mass damper* seberat 5 ton di ujung atas struktur kantilever.

Foto 2 Struktur keseluruhan SkyPark
Gbr. 1 Potongan Jembatan Rangka Baja
Gbr. 1 Jembatan Gelagar Kotak Baja

Disain SkyPark

Sekalipun SkyPart merupakan struktur arsitektural, bangunan ini memiliki karakteristik performa sebuah jembatan. Untuk itu, disainnya dibuat mengikuti dua standar—BS5950: Penggunaan Baja Struktural pada Gedung tahun 2000 (Standar Inggris untuk disain, fabrikasi dan pemasangan baja struktural) dan BS5400: Baja, Beton, dan Jembatan Komposit tahun 1988 (Standar Inggris untuk disain dan konstruksi baja, beton dan jembatan komposit). Untuk material struktural, diterapkan S355J dari BS EN 10025 Produk Gilas Panas Baja Struktural. Sementara untuk disain sambungan, disain *friction grip* mengikuti peraturan “Tidak slip dalam masa layan” dari BS 5950. Secara khusus, peraturan ini mengizinkan gelincir permukaan gesek pada saat pembebanan ultimit dan menahan besarnya beban ultimit dengan tahanan lintang dari baut dan kapasitas dukung pelat baja. Disini digunakan baut tipe lintang torsi (S10T).

Dalam disain peletakkan, ditunjuk Maurer Sohne GmbH & Co. dari Jerman untuk membuat disain yang kooperatif. Sebagai standar disain diadopsi BS5400 Bagian 3 tahun 1983.

Karena disyaratkan kemampuan tahan api selama 1,5 jam untuk area dalam jarak 10 m dari puncak menara serta untuk eksterior menara, cat intumescent ekspansif diaplikasikan pada bagian struktur tertentu, dan bagian-bagian yang dilapisi *cladding* dan bagian lainnya disemprot *vermiculite*.

Fabrikasi dan Pemasangan Komponen Baja

Elemen-elemen struktur baja difabrikasi oleh Yongnam Engineering & Construction, produsen lokal, dan diangkut ke lokasi konstruksi (Foto 3 dan 4).

Dalam pengerjaan struktur kerangka baja pada Menara 1 dan 2, bagian-bagian struktural diangkut satu per satu dengan menggunakan derek menara untuk menempatkannya pada posisi tertentu. Bagian-bagian struktural untuk gelagar kotak pada Menara 3, jembatan penghubung dua menara dan struktur

kantilever pada Menara 3 dirakit dahulu menjadi segmen-segmen besar pada permukaan tanah di sisi dalam menara dan diangkat dengan *strand jack*. Segmen-segmen besar yang dirakit ini berjumlah 3 untuk masing-masing gelagar utama jembatan penghubung dua menara, 2 untuk gelagar utama gelagar kotak pada Menara 3, dan 6 untuk struktur kantilever. Keseluruhan 14 segmen dengan berat 4.000 ton diangkat dan dibangun selama tiga bulan dari 1 Oktober, 2009 hingga 29 Desember, 2009 (Tabel 1).

Pekerjaan pemasangan dilakukan dengan menggunakan dongkrak *strand jack* yang kuat yang dirakit pada rangka *gantry* diatas menara. Segmen-segmen diangkat hingga ketinggian target 200 m. Tiap segmen diangkat dengan kecepatan 15 m/jam, mendekati kecepatan maksimum gerkan hentakan dongkrak, selama periode 15 jam. Setelah diangkat, tiap segmen digeser ke posisi tertentu dengan menggunakan dongkrak-tarik horisontal dan kemudian diturunkan ke posisi akhirnya dengan melepas tekanan hidrolis dongkrak. (Lihat Gbr. 3, Foto 5~8)

Pada saat merencanakan pengangkatan, posisi perakitan dan titik angkat ditentukan sedemikian sehingga terdapat jarak 1 m untuk mencegah kontak antara segmen yang diangkat dengan menara hotel selama pengangkatan, bahkan apabila gelagar segmen bergerak kesamping karena tekanan angin yang dalam disain diasumsikan berkecepatan 26m/det

Foto 3 Fabrikasi bahan baja di Yongnam E&C

Foto 4 Perakitan uji coba di Yongnam E&C

Foto 5 Pengangkatan segmen jembatan rangka baja

Foto 6 Penggeseran segmen jembatan rangka baja ke posisi yang ditentukan

Foto 7 Pengangkatan segmen jembatan gelagar kotak pada Menara 3

Foto 8 Pengangkatan struktur kantilever pada Menara 3

Gbr. 3 Prosedur Pengangkatan

Tabel 1 Pencatatan Pengangkatan

Langkah-langkah Keselamatan

Karena pekerjaan konstruksi untuk SkyPark selalu dilaksanakan pada ketinggian melebihi 200 m maupun di bawah yang bercampur dengan pekerja lain, keselamatan pekerja diusahakan hingga maksimal. Pada prakteknya, dilakukan usaha menyeluruh dan berulang-ulang terhadap seluruh kelompok kerja, termasuk 450 pekerja dan staff selama periode sibuk, untuk memastikan bahwa semua pekerja dan staff memakai jaring keselamatan untuk mencegah jatuh dan

membawa sabuk *lanyard* untuk mencegah jatuhnya alat-alat

Manual prosedur dengan rincian pekerjaan dipersiapkan dan dikaji oleh petugas keselamatan yang berwenang. Manual ini tidak saja disetujui oleh pemilik pekerjaan dan konsultan dan juga diperiksa oleh semua manajer terkait. Dan, setelah diskusi menyeluruh, tiap anggota staff memahami dengan baik manual tersebut. Khususnya, kontrol manajemen resiko yang teliti digunakan pada pekerjaan-pekerjaan yang diperkirakan berbahaya.

Langkah-Langkah Keselamatan Utama untuk Pekerjaan Sulit

Satu pencapaian yang patut dicatat dalam konstruksi Skypark adalah selesainya proyek yang demikian besar, yang meliputi pekerjaan konstruksi sulit, tanpa kecelakaan serius selama satu juta jam kerja. Hal ini dimungkinkan dengan adanya usaha keras dan berpadu dari staff perusahaan, insinyur yang direkrut setempat dan staf Jepang, untuk menyelesaikan proyek dengan sukses. Yang perlu dicatat juga adalah pemberian Penghargaan Disain Baja Struktural 2010 oleh Masyarakat Baja Struktural Singapura

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 8~11)

Stasiun Osaka

—Instalasi Atap Kubah Skala-besar di Atas Platform Stasiun —

Oleh Takayuki Umeki

Manajer, Departemen Konstruksi Perusahaan Jalan Rel Jepang Barat

“Proyek Pengembangan Stasiun Osaka” merupakan pekerjaan tujuh-tahun yang dimulai pada bulan Mei 2004 dan berakhir pada tanggal 4 Mei 2011 dengan dibukanya “Kota Stasiun Osaka”. Komplek yang baru ini terdiri dari fasilitas stasiun eksisting, Gedung Gerbang Utara yang terletak pada sisi utara stasiun, Gedung Gerbang Selatan pada sisi selatan, area terminal baru di jembatan yang menghubungkan kedua gedung, dan sebuah atap kubah.

Garis Besar Kota Stasiun Osaka Baru

Area di sisi utara Stasiun Osaka, termasuk terminal barang Umeda, merupakan distrik perkotaan komersial

terbaik yang ada di Jepang dan diharapkan dapat berkembang menjadi basis baru yang akan mengarah ke bangkitnya area Kansai. Pada bulan Oktober 2003, Kota Osaka menerbitkan sebuah dokumen berjudul “Rencana Komprehensif untuk Distrik Utara Stasiun Osaka” yang menggambarkan arah dasar pengembangan perkotaan dari Kota Osaka (Gbr. 1).

Kota Stasiun Osaka diposisikan sebagai link dalam pembangunan kota di daerah utara Stasiun Osaka dan sudah dipromosikan secara agresif oleh pemerintah Kota Osaka dan organisasi administratif lainnya, maupun berbagai usaha swasta dan penyewa di area sekitarnya.

Secara khusus, penekanan utama dari proyek ini adalah untuk memperbaiki jaringan pejalan kaki dengan distrik yang bersebelahan, untuk meningkatkan pertumbuhan fungsi-fungsi dalam masyarakat yang sibuk yang sesuai untuk distrik gerbang ke area Osaka dan Kansai, dan untuk meningkatkan daya tarik daerah berkaitan dengan perusahaan jalan rel lainnya. Tujuan akhirnya adalah menjadikan fungsi area ini sebagai komponen inti dari Stasiun Osaka dan sekitarnya, bersamaan dengan usaha-usaha positif dari Perusahaan Jalan Rel Jepang Barat, antara lain untuk memperluas operasi Jalur super-ekspres Shinkansen Kyushu dan Sanyo dan memperkuat akses ke Stasiun Osaka dari jaringan transportasi perkotaan lainnya.

Gbr. 1 Rencana Komprehensif untuk Distrik Utara Kota Osaka

Tujuan Dasar Proyek Kota Stasiun Osaka

Proyek ini dipromosikan berdasarkan empat tujuan di bawah ini:

• Penyediaan Plaza dan Jalan Penghubung

Jalan penghubung selatan-utara diciptakan di ruang di atas jalur jalan rel untuk memungkinkan jalur pergerakan yang nyaman dan untuk meningkatkan kemudahan bagi pengunjung berkeliling Stasiun Osaka dan sekelilingnya. Di samping itu, tersedia delapan plaza yang dibangun di dalam stasiun untuk berbagai kegiatan dan tempat bersantai. (Foto 1)

Foto 1 Lapangan dan gang di stasiun yang sudah diperbaiki

• Peningkatan Kenyamanan Stasiun

Berbagai pendekatan untuk meningkatkan kenyamanan stasiun dirancang—instalasi lantai untuk tiket pada jembatan penghubung di pusat stasiun,

peningkatan ruang terbuka di dalam area gerbang tiket dan penyediaan fasilitas bebas-halangan. Di samping itu, sebuah atap kubah skala-besar yang terbentang 180 m dari utara ke barat dan sekitar 100 m dari selatan ke utara dipasang di atas platform. (Foto 2)

Foto 2 Atap kubah skala-besar

• Instalasi Bangunan Gerbang Utara Baru

Untuk menyediakan jalan masuk ke area utara Stasiun Osaka, dibangun sebuah gedung pada sisi utara stasiun yang menyediakan berbagai fungsi perkotaan seperti toserba, toko khusus, restoran, fungsi servis dan kantor. Gedung ini tidak saja menawarkan fungsi stasiun tetapi juga menyediakan plaza dan ruang lainnya untuk tempat berinteraksi. (Foto 3)

Foto 3 Bangunan Gerbang Utara yang baru dibangun

• Pembesaran Gedung Gerbang Selatan

Serentak dengan peningkatan plaza-plaza stasiun, Gedung Gerbang Selatan eksisting yang berfungsi sebagai jalan masuk ke area selatan Stasiun Osaka diperbesar. Pekerjaan ini juga diselesaikan untuk meningkatkan jalur gerak dan untuk meningkatkan kemudahan pengunjung untuk berkeliling. (Foto 4)

Foto 4 Gedung Gerbang Selatan yang diperbesar

Disain Atap Kubah

Berfungsi sebagai struktur simbolik di proyek Kota Stasiun Osaka, dibangun sebuah atap kubah skala-besar dengan ukuran sekitar 180 m arah utara-barat dan sekitar 100 m arah selatan-utara di atas platform Stasiun Osaka. Hasilnya, tercipta ruang stasiun yang menarik yang menggabungkan Gedung-gedung Gerbang Selatan dan Utara, gedung stasiun di atas jembatan penghubung, dan platform stasiun (Foto 5).

Atap kubah ditopang pada tingkat ke 12 Gedung Gerbang Utara dan dengan konstruksi rangka (perangkaan timur-utara) yang membentang di atas platform. Komponen dasar kerangka adalah rangka ruang pipa bentuk segitiga (panjang total: 100 m; diameter maksimum 600), dimana 17 baris membentuk kubah atap—yang dipasang dalam bentuk diagonal dengan sudut inklinasi maksimum 23⁰ dan perbedaan elevasi maksimum 30 m. Atap ini ditutup dengan pelat lipat dan dilengkapi dengan 12 baris *skylight* untuk menyinari ruang interior di bawah kubah.

Untuk mitigasi gaya gempa yang mungkin bekerja

pada atap kubah yang memiliki total berat 3.500 ton, diadopsi struktur isolasi-dasar. Sejumlah 17 isolator karet laminasi dan peredam karet laminasi bentuk-U untuk isolasi-dasar diinstalasi pada seksi penopang Gedung Gerbang Utara. Di samping itu 17 peletakkan geser silang (besaran pergerakan: 1 m) dan 6 peredam minyak (*oil dampers*) diinstalasi pada seksi penopang kerangka utara-barat untuk menghindari transmisi gaya horisontal berlebih ke struktur bawah selama gempa. (Lihat Gbr. 2)

Sebagai material penutup, digunakan pelapis kuat resin epoksi denaturasi silikon. Pelapis ini memiliki catatan penggunaan dalam konstruksi jembatan dan membutuhkan frekuensi perawatan minimal.

Sementara itu, untuk mengurangi penggunaan air, air hujan yang jatuh dari atap dikumpulkan melalui rangka timur-selatan dan utara-selatan ke dalam tangki penyimpanan di lantai dasar Gedung Gerbang Utara untuk kemudian digunakan untuk menyiram toilet.

Gbr. 2 Garis Besar Struktur Atap Kubah
Foto 5 Atap kubah

Konstruksi Atap Kubah

Dalam pembangunan atap kubah, stasiun harus tetap dapat berfungsi normal selama pelaksanaannya. Oleh karena itu, dengan menyesuaikan dengan jenis pekerjaan dan mempertimbangkan pengoperasian kereta serta keselamatan penumpang, pekerjaan dilaksanakan selama kurang lebih tiga jam dari keberangkatan kereta terakhir hingga ketibaan pertama kereta pagi. Dengan tingginya keterbatasan ini, diadopsi pendekatan efektif dimana pekerjaan perangkaan rangka ruang segitiga pipa dan pekerjaan akhir dilakukan satu per satu di atas atap gedung stasiun, yang sudah diinstalasi lebih dahulu pada jembatan penghubung, dari situ kemudian elemen-elemen yang telah selesai digeser ke sisi timur dan barat sebanyak 7 kali ke tiap sisi. Hasilnya, atap kubah diselesaikan tanpa adanya kecelakaan serius. Metode yang diadopsi ini dijelaskan di bawah ini.

Mulanya, perakitan rangka dimuka tanah dilakukan dengan memanfaatkan puncak atap dari lantai bawah Gedung Gerbang Utara yang dibangun secara serentak. Rangka kemudian dibagi menjadi delapan bagian struktur yang dirakit diatas muka tanah. Selanjutnya, rangka kemudian dipindah ke bangunan stasiun di jembatan penghubung untuk disambung.

Sebagai lantai kerja untuk penyambungan rangka, sebuah *bent gantry* diinstalasi di puncak atap dari ujung timur dan ujung barat bangunan stasiun pada

jembatan penghubung, yang sudah dibangun sebelum konstruksi seksi tengah gedung stasiun. Pada *bent gantry*, ke delapan bagian rangka disambung, dan pada saat bersamaan pelat lipat, kaca atas, pelapisan dan pekerjaan *finishing* lainnya diselesaikan. Pada tahap ini dilakukan penjaminan mutu dilakukan dengan perabaan. (Gbr. 3)

Berikutnya, tiap kerangka yang telah selesai digeser ke sisi timur dan barat sebanyak 7 kali sambil sesekali menambahkan bagian rangka (Gbr. 4)

Rangka atap kubah dipindah ke posisi yang ditentukan diatas jalan rel dengan menggunakan alat angkut geser untuk rangka (TIRTANK; maks 200 ton) di atas gelagar rel yang ditempatkan pada lantai ke 12 Gedung Gerbang Utara dan pada sebuah balok perangkaan timur-selatan (Foto 6). Untuk dongkrak geser, digunakan dongkrak kecepatan tinggi (*double skin jack*; maks. 70 ton) tipe lubang tengah yang dioperasikan secara kontinu agar pekerjaan menggeser rangka dapat dilaksanakan dalam waktu singkat diantara waktu kereta terakhir hingga ketibaan kereta pertama. Sementara itu, untuk memahami kondisi rangka selama penggeseran secara waktu-sebenarnya (*real-time*), dikembangkan sistem kontrol pengukuran untuk meningkatkan keselamatan kerja.

Akhirnya, dengan menggunakan *bent gantry* yang berada di atap gedung stasiun di atas jembatan penghubung, pekerjaan menyambung dan penyelesaiannya dilakukan pada ketiga rangka (total 17 rangka) yang tidak untuk di geser. Rangka-rangka ini kemudian disusun untuk menutup bagian tengah untuk menyelesaikan atap kubah

Gbr. 3 *Bent Gantry*

Gbr. 4 Penggeseran Rangka

Foto 6 Pemindahan rangka kubah

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 12~14)

Stasiun Kereta Asahikawa

—Disain Struktural Bangunan Stasiun Bentang-besar Terbuka —

Oleh Mamoru Kawaguchi dan Yushi Aso
KAWAGUCHI & ENGINEERS

Dimulai 15 tahun lalu pada tahun 1995, fase pertama konstruksi gedung stasiun kereta Asahikawa,

termasuk struktur jalan rel layang, diselesaikan pada bulan oktober 2010. Acara pembukaan dijadwalkan akan dilakukan pada bulan Nopember 2011. (Lihat Foto 1 dan 2, Gbr. 1)

Foto 1 Tampak keseluruhan Stasiun Asahikawa
Gbr. 1 Disain Struktural yang Dilaksanakan (Bagian)

Garis Besar Stuktur

Gudang Stasiun Jalan Rel Asahikawa adalah struktur kerangka baja yang dibangun di atas struktur beton bertulang rel layang. Bangunan ini berukuran panjang total sekitar 180 m, lebar sekitar 60 m dan tinggi maksimum 26,3 m (Gbr. 2)

Karena lokasi stasiun di Kota Asahikawa, Hokkaido, area yang menonjol dalam hal banyaknya salju di Jepang, penanganan akumulasi salju yang berat merupakan masalah serius. Disamping itu, karena perencanaannya membutuhkan utilisasi kondisi geografis yang berdekatan dengan sungai disekitar, atap Stasiun Asahikawa direncanakan jenis penahan-salju.

Biasanya, dalam konstruksi gudang stasiun di Hokkaido, salah satu persyaratan utama adalah bahwa penggunaan slab beton tidak hanya untuk menahan beban salju yang besar yang terjadi selama musim dingin di Hokkaido tetapi juga untuk mencegah bocor. Hasilnya, perangkaan yang menyokong atap gudang stasiun harus menerima beban besar dan menahan gaya gempa selama periode tertentu. Untuk itu, pada hampir semua gedung stasiun di Hokkaido, kolom pendek dengan diameter besar dilokasikan bersama-sama dalam jumlah besar sehingga cenderung menimbulkan ruang gelap pada platform dengan jarak pandang terbatas. Untuk memperoleh platform dengan sedikit halangan di Stasiun Asahikawa, dibuat perencanaan struktur dengan penggunaan minimal kolom untuk platform serta langit-langit yang lebih tinggi.

Untuk memenuhi persyaratan rencana struktur, perlu dipastikan kekuatan dan kekakuan perangkaan atap dan kolom penyokong di bawahnya sehingga diadopsi bentuk rangka baja dengan tebal balok yang mencukupi dan kolom terbangun (*built-up*) yang disebut kolom baja tubuler cabang-empat.

Rangka atap gudang adalah struktur rangka tali busur yang disokong dengan 20 kolom cabang-empat dan memiliki ketebalan balok 3 m pada kedua arah X dan Y. Lebih khusus, perangkaan atap terdiri dari tali busur atas dan bawah dengan H250 x 250 dan pipa baja (diameter 165,2~216,3 mm.) yang membentuk

diagonal dan batang tarik rangka (Foto 3). Atap didisain untuk memperoleh kekakuan horisontal dengan penggunaan slab beton bertulang (tebal: 150 mm). Eksterior gedung disokong dengan kolom sendi bentuk-H (H400 x 200) yang juga berfungsi sebagai batang tegak (*mullion*)

Foto 2 Tampak dalam Stasiun Asahikawa
Gbr. 2 Garis Besar Struktural Stasiun Asahikawa

Disain Struktural Gedung Stasiun

Dalam mendisain gedung stasiun, diperlukan kolaborasi antara insinyur sipil yang mendisain struktur jalan rel layang dengan insinyur struktur yang mendisain gudang.

Akan tetapi, dalam hal urutan kegiatan, sebelum pekerjaan disain gudang dimulai, harus diselesaikan disain struktural jalan rel layan dan pekerjaan struktural terkait harus sudah dimulai.

Hal ini mengakibatkan kesulitan terkait disain gedung stasiun. Informasi mengenai gaya reaksi dasar kolom gudang dibutuhkan untuk disain struktur jalan rel layang dan informasi ini harus diberikan kepada para insinyur sipil pada tahap awal disain. Disamping itu, semakin sederhana beban dari dasar kolom gudang akan lebih baik bagi disainer struktur jalan raya layang. Untuk tujuan tersebut, insinyur sipil meminta ahli struktur agar mematuhi syarat disain peletakkan bahwa “tegangan tekuk tidak berubah mengikuti kondisi pembebanan pada dasar kolom gudang. Masalah ini diselesaikan dengan mengadopsi sendi baja cetak untuk dasar kolom cabang-empat untuk gudang.

Disamping itu, dengan mempertimbangkan beban yang dipengaruhi temperatur, sambungan muai (pada dua lokasi) dipasang di area struktur jalan rel layang di bawah gudang. Adanya sambungan muai tidak memungkinkan transfer tegangan searah jalur rel tapi memungkinkannya ke arah lainnya. (Lihat Gbr. 3) Sambungan muai dengan fungsi yang sama juga diberikan di area gudang dimana kereta bergerak di bawahnya

Gbr. 3 Transfer Tegangan Sambungan Muai

Disain Detil

• Kolom Cabang-empat

Gbr. 4 dan Foto 4 menunjukkan sebuah kolom cabang-empat. Elemen structural utama yang digunakan pada keempat sudut adalah pipa baja (diameter 404,6 x 30 untuk struktur bawah dan

diameter 404,6 x 16 untuk struktur atas); elemen tambahan berupa pipa baja (diameter 216,3 x 25); dan elemen penghubung horizontal tengah juga pipa baja (diameter 165,2 x 9). Gbr. 5 dan Foto 5 menunjukkan peletakkan sendi baja cetak yang digunakan untuk dasar kolom Dasar kolom dihubungkan dengan kuat dengan struktur jalan rel layang dengan baut angkur (8 x M76).

Gbr. 4 Kolom Baja Tubuler Cabang-empat

Gbr. 5 Peletakkan Sendi Baja Cetak

Foto 4 Kolom baja tubuler cabang-empat yang dirampungkan

Foto 5 Peletakkan sendi baja cetak

• Sambungan Muai

Pada struktur jalan rel layang, sambungan muai diberikan pada dua lokasi sedemikian sehingga tidak mengganggu gerakan pada arah jalan rel seperti terlihat pada Gbr. 2. Demikian juga di gudang, sambungan muai dengan perilaku serupa diberikan pada lokasi tertentu sehingga sambungan akan mengikuti gerakan struktur jalan rel layang untuk menghindari efek yang tidak diharapkan pada gudang. (Lihat Gbr. 6)

Untuk menahan gerakan arah-sumbu diantara rangka, digali sebuah lubang panjang pada arah sumbu untuk menghubungkannya dengan sendi (diameter 65). Sebuah disain detail dibuat dimana gaya lintang pada sumbu kuat ditransfer melalui sendi dan gaya lintang pada sumbu lemah ditransfer melalui penyetop geser sumbu lemah yang menjorok dari ujung rangka pada balok kantilever.

Gbr. 6 Sambungan Muai pada Atap Gudang

Gedung Stasiun Terbuka dan Terang

Satu tugas penting dalam pekerjaan disain konstruksi yang dibicarakan sebelumnya adalah membangun sebuah gedung stasiun terbuka dan terang di salah satu area bersalju di Jepang dan di kota dengan musim dingin yang panjang, yang dapat mengakomodasi sejumlah besar orang. Pada saat bersamaan, tugas besar lainnya dilihat dari perspektif keteknik-sipil pada disain struktur—realisasi dasar kolom yang dapat menahan deviasi tegangan tekuk pada struktur jalan rel layang. Kami percaya bahwa kedua tugas ini sudah berhasil dilaksanakan dengan mengadopsi kolom cabang-empat dan dudukan sendi baja cetak.

■ ■ ■ ■ ■

(Halaman 15~18)

ION Orchard

—Mega-Struktur Rangka Baja di Atas Stasiun MRT—

Oleh Kelvin Teh (Manajer QA/QC) dan Kazushi Yamashita (Deputi Manajer Umum)
Penta-Ocean Construction Co., Ltd

Introduksi, Aksesibilitas dan Fasilitas

Terletak di gerbang masuk ke Orchard Road, ION Orchard merupakan pengembangan campuran yang menampilkan podium ritel dan menara hunian

ION Orchard menyajikan merek-merek terkenal dunia: keunggulan, konsep dan toko gaya hidup dalam suatu pengembangan yang mencakup ruang belanja delapan lantai yang didisain dengan canggih—empat lantai di atas permukaan dan empat dibawah permukaan tanah.

ION Orchard menawarkan pengalaman belanja yang unik baik ritel, makanan/minuman maupun hiburan, termasuk enam merk mewah terkenal di unit dupleks yang menghadap Orchard Road, merek-merek internasional, dan toko-toko utama fesyen dan gaya hidup yang terpilih karena merek dan konsep ritel yang kuat dan inovatif. Disamping sekumpulan besar merek, terdapat juga tempat makan yang luas yang menawarkan tak terhitung pilihan makanan mulai rasa lokal hingga makanan internasional.

ION Art, sebuah program khusus, memperkenalkan seni baru dan seni multi-media ke dalam konsep mall terpadu dan menawarkan seni dan disain modern dan kontemporer para artis dan disainer mapan maupun yang baru muncul. Termasuk di dalamnya adalah ruang galeri 5.600 ft² di dalam mall—yang terbesar di Singapura—yang menaungi ekshibisi dan pertunjukkan seni, disain dan media baru.

ION Sky, sebuah dek observasi, adalah ruang untuk berbagai acara dan makan&minum. ION Sky terletak pada L55 dan L56 dan ketinggian 218 m yang menakjubkan, yang merupakan titik tertinggi di Orchard Road sehingga memungkinkan pengunjung memandang kota hingga 360 derajat.

Dengan lebih dari 330 toko yang tersebar dengan luas untuk disewakan 624.440 ft² untuk delapan level, termasuk empat yang dibangun di bawah tanah. Lantai ke lima hingga ke delapan digunakan untuk parker dan ruang M&E (mekanikal dan elektrikal). (Foto 2)

Akses langsung ke Stasiun MRT Orchard di bawah dibuat terpadu dengan Stasiun MRT Orchard dan tersambung dengan pengembangan sekelilingnya. Adanya mall pejalan kaki bawah tanah menyebrangi Paterson Road ke Wheelock Place melengkapi jaringan pejalan kaki bawah tanah pada simpang Orchard Road-Paterson Road.

Nama Orchard Residences diberikan karena lokasinya yang strategis dan sangat didambakan pada gerbang masuk ke Orchard Road. Selain itu, bangunan ini juga merupakan gedung *landmark* tertinggi di Orchard Road yang tingginya telah disetujui oleh otorita yang berwenang. Sejumlah 175 apartemen eksklusif, super mewah dalam bangunan *landmark* tertinggi dengan arsitektur definitif bertujuan menawarkan sebuah gaya hidup dengan keanggunan dan privasi abadi di tengah gemerlap kota di bawahnya. Orchard Residences menjadi acuan yang tidak dapat disamakan dalam segala aspek kemewahan hidup dengan fitur disain yang memaksimalkan perhatiannya pada tiap kebutuhan gaya hidup.

Foto 1 Tampak keseluruhan pengembangan ION Orchard

Foto 2 Lebih dari 300 toko tersebar di lebih dari delapan level ruang termasuk empat level bawah tanah (CG)

Tantangan Konstruksi

Kontraktor utama diberikan tantangan untuk merubah ikon ION Orchard dari visi menjadi kenyataan.

Tantangan ini meliputi:

- Membangun di atas dan di samping Stasiun MRT eksisting yang operasional (dengan kendala pembebanan)
- Membangun sebuah terowongan untuk menghubungkan ION Orchard ke Wheelock Place di bawah sebuah jalan yang sibuk (dengan mempertahankan jumlah lajur selama pengalihan lajur pada tahap-tahap pekerjaan tertentu)

Strategi dan Inovasi Konstruksi

Dengan mempertimbangkan tantangan dan kendala, diterapkan strategi dan inovasi konstruksi:

- Dinding diafragma dibangun sebagai dinding permanen untuk lantai dasar dan *underpass*.
- Dari level lantai dasar 1 diterapkan metode konstruksi *top-down* sehingga pekerjaan struktur atas dan lantai dasar dapat berlangsung bersamaan.

Metode ini juga menghilangkan perlunya batang tekan baja sementara untuk konstruksi lantai dasar. Karena slab lantai didisain untuk menyokong dinding lantai dasar, sehingga menghemat waktu dan sumber daya.

- Mega-rangka baja yang membentang menyebrangi atas Stasiun MRT dibangun untuk level 5 sampai 8 dikarenakan kendala pembebanan stasiun. Mega-kolom komposit juga dibangun untuk menyokong mega-rangka yang pada gilirannya disokong oleh tiang pancang *barrette* besar yang dipancang sebagai pondasi dan kolom lantai dasar permanen.
- Struktur atas podium dibangun dengan menggunakan struktur baja dan sistem dek metal komposit. Tidak diperlukan pencopotan bekisting, dan slabdicor di atas dek metal sehingga meningkatkan keselamatan dan mengurangi masa konstruksi dan dampak lingkungan.
- Blok menara dibangun dalam siklus 6-hari an tiap lantai dengan menggunakan pracetak untuk dinding geser, balok dan plang, termasuk tangga. Karena tidak perlukan perancah, maka kegiatan pekerja dan layanan mekanikal dan elektrik dapat segera berlangsung ketika tiap lantai selesai dibangun. (Lihat Gbr. 1)

Gbr. 1 Strategi dan Inovasi Konstruksi

Konstruksi Mega-rangka ION Orchard

Proses unik konstruksi baja dalam proyek ini adalah konstruksi mega-rangka yang membentang di atas Stasiun MRT. Tahapan proses dalam konstruksi ini adalah sebagai berikut:

- Konstruksi tiang pancang *barrette* dan kolom
 - Konstruksi mega-kolom
 - Perakitan mega-rangka
 - Pengangkatan mega-rangka
 - Konstruksi slab dek metal komposit
- (Lihat Gbr. 2)

Gbr. 2 Mega-Rangka di atas Stasiun MRT

Konstruksi Tiang Pancang *Barrette* dan Kolom

Tiang pancang dan kolom digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban titik tunggal dari masing-masing mega-kolom untuk mega-rangka dan untuk menara hunian 56 lantai.

Konfigurasi tiang pancang *barrette* terdiri dari beberapa sangkar *barrette*, balok *barrette* sebagai

penghubung antar sangkar, dan kolom *barrette* yang ditempatkan di atas balok *barrette*.

Metode konstruksi ini serupa dengan konstruksi dinding diafragma dimana setelah kedalaman yang dibutuhkan tercapai, dilakukan instalasi penulangan dan dicetak dengan menggunakan pipa tremie, untuk memungkinkan beton G50 diisi dari atas.

Lebar tiang pancang *barrette* biasanya 1,5 m dengan panjang antara 6 m hingga 9 m dan rentang kedalaman mulai 43 m hingga 82.5 m. Lebar kolom *barrette* untuk mendukung mega-kolom adalah 1,5 m, dan panjang berkisar antara 1.5 m hingga 3 m. Berat angkat total adalah antara 50 ton hingga 135 ton. Tuangan beton tiap kali adalah antara 430 m³ hingga 1.130 m³. Uji sonik dilakukan untuk memastikan tidak terjadi rongga yang tidak ada sebelum penggalian untuk kolom *barrette*. (Lihat Gbr. 3)

Gbr. 3 Konstruksi Tiang Pancang dan Kolom *Barrette*

Konstruksi Mega-kolom

Mega-kolom komposit dengan ukuran 2 m x 2 m, 1.5 m x 2 m dan 1,75 m x 2 m, dan diameter 2,4 m (masing-masing terdiri dari 4 kolom universal dengan berat 162, 202, dan 283 kg/m) dipasang di atas kolom *barrette*.

Mega-kolom dibangun dalam 3~4 segmen hingga tingkat ke 9. Ketinggian mega-kolom tertinggi adalah sekitar 37,7 m. (Foto 3)

Foto 3 Konstruksi Mega-kolom

Perakitan Mega-rangka

Ada total 14 mega-truss yang dibangun dengan menggunakan rangka yang paling panjang dan paling berat, berat 508,93 ton dan panjang 75,63 m melintang di atas MRT. Segmen terberat untuk rangka ini adalah sekitar 60 ton dengan panjang 23,73 m.

Dengan adanya struktur eksisting di atas MRT, perakitan mega-rangka tidak dapat dilaksanakan di permukaan tanah. Oleh karenanya, dibuat platform temporer dengan kolom temporer (total 2.500 ton baja) pada level 3 (karena ada kendala untuk menderek dan mengangkut bagian-bagian baja).

Lima lantai rangka baja dirakit di atas platform temporer ini, dan rangka yang sudah lengkap dengan lantainya diperiksa menyeluruh sebelum didongkrak ke level yang akan dipasang. (Lihat Gbr. 4 dan Foto 4)

Gbr. 4 Perakitan Mega-rangka

Foto 4 Perakitan mega-rangka (platform temporer)

Pengangkatan Mega-rangka

Seorang spesialis pengangkatan disertakan untuk mengangkat keseluruhan mega-rangka dari level 3 sampai posisi akhir di level 5 dikarenakan keterbatasan fasilitas derek. Hal ini dapat dilakukan dengan penggunaan sistim dongkrak hidrolis.

Komponen utama sistim dongkrak hidrolis adalah unit penggerak (terdiri dari dongkrak lubang tengah dan angkur atas dan bawah yang disambungkan ke piston dongkrak), elemen tarik dengan pengangkuran untuk beban (terdiri dari 7 kawat baja prategang dengan diameter nominal 15 mm), pompa hidrolis dan pengontrolnya.

Selama pengangkatan, dongkrak diperpanjang agar tiap kawat elemen tarik dapat dipegang dengan angkur atas dan kemudian dapat di pindahkan ke atas. Pada saat piston mulai diturunkan, kawat segera dipegang dengan angkur bawah, sementara pada saat bersamaan angkur atas dibuka. Beban kemudian dipindah secara bertahap. Konsep pemegangan yang unik dengan pengangkuran alat penggerak memberikan tingkat keselamatan maksimum.

(Lihat Gbr. 5 dan 6, Foto 5)

Gbr. 5 Proses dan Alat Berat Pengangkatan Mega-rangka

Gbr. 6 Pekerjaan Mega-rangka sebelum dan sesudah Pengangkatan

Foto 5 Pekerjaan Mega-rangka sebelum dan sesudah pengangkatan

Konstruksi Slab Dek Metal Komposit

Slab lantai dek metal komposit adalah sistim konstruksi campuran yang menggunakan lembaran baja yang berfungsi sebagai penutup beton dan memberi perkuatan slab secara parsial, dengan demikian menggantikan penulangan tarik. Sistim ini diaplikasikan pada seluruh slab superstruktur podium termasuk area mega-rangka.

Baja profil dipasang pada balok lantai baja sehingga berfungsi sebagai lantai kerja, dengan demikian memungkinkan lalu-lalang dalam kondisi kerja yang baik dan dalam kondisi aman sebelum pembetonan. Setelah profil dipasang, sisi bawah lantai menjadi kedap air dan berguna, serta memberikan penampilan yang bersih.

Bentuk rusuk menahan baja profil dalam beton dengan baik. Selanjutnya, untuk menyelesaikan

pekerjaan, adalah menggelar jaring kawat baja (*mesh*) yang dilas di atas slab. Penerapan sistim ini menghilangkan penggunaan batang tulangan dan mengurangi penggunaan beton.

■ ■ ■ ■ ■

Sampul belakang)

Gempa Bumi Besar Jepang —Usulan Teknologi dan Metoda Struktur Baja untuk Digunakan dalam Restorasi dan Rekonstruksi—

Agar daerah yang terkena gempa bumi dapat dikembalikan menjadi area yang aman dan vital, yang sangat mendesak untuk dilakukan adalah visi restorasi dan rekonstruksi

Industri baja Jepang sejauh ini telah mengakumulasi teknologi dan metoda struktur baja yang mempunyai performa tinggi dalam hal pencegahan bencana, ekonomi dan lingkungan. Dengan memanfaatkan teknologi dan metode tersebut, dapat diharapkan kontribusinya dalam pembangunan kota dan infrastruktur yang aman terhadap bencana, yang merupakan tugas mendesak untuk restorasi dan rekonstruksi.

Kekhususan fitur struktur baja adalah kekuatan yang tinggi dan kelecakan yang baik yang hanya ada pada produk baja, kemudahan pengangkutan, stabilnya suplai produk elemen struktur dengan manufaktur sesuai pesanan, dan dimensi dan kualitas yang presisi dan stabil. Dengan memanfaatkan fitur-fitur ini, struktur baja menawarkan keuntungan seperti masa konstruksi yang lebih singkat dengan konstruksi di tempat, kemudahan landsekap dikarenakan tingginya kebebasan disain, dan terciptanya ruang yang fleksibel. Selain itu, kombinasi dengan beton, kayu dan material lainnya memungkinkan terciptanya strktur yang lebih aman.

Dalam situasi demikian, Federasi Besi dan Baja Jepang mengusulkan penerapan teknologi dan metode struktur baja untuk pekerjaan restorasi dan rekonstruksi yang tengah dikerjakan yang mempunyai kekhususan sebagai berikut (lihat gambar di bawah):

• Peningkatan fasilitas publik dan fasilitas darurat yang tahan-gempa

- ① Bangunan darurat struktur-baja dan podium tahan gempa dan tsunami
- ② Fasilitas sekolah struktur baja yang sangat tahan

gempa

• Restorasi dini perumahan tahan-gempa

③ Rumah-rumah rangka baja yang dibangun dalam waktu yang lebih singkat

• Peningkatan dan restorasi dini fasilitas pelabuhan, langkah penanganan terhadap gempa bumi dan tsunami

④ Perbaharuan pelabuhan dengan menggunakan produk-produk baja

⑤ Penulangan gempa pada dermaga, tembok pelindung (*seawall*) dan pemecah-gelombang dengan menggunakan baja.

⑥ Penulangang dermaga jembatan eksisting menggunakan pipa baja dan turap baja

⑦ Tembok pelindung aliran air menggunakan pipa baja dan turap baja;

⑧ Langkah-langkah penanganan likuifaksi tanah di balik tembok pelindung pantai

• Peningkatan pangkalan operasi darurat untuk tanggap bencana cepat

⑨ Pusat darurat terapung (Mega-apung: struktur baja terapung)