



JURNAL TEKNOLOGI

Jurnal Ilmiah Fakultas Sains dan Teknik
UNIVERSITAS NUSA CENDANA

VOLUME .07 NOMOR 02, EDISI SEPTEMBER 2016

ISSN 1693 - 9522

Editorial

PROGRAM HILINK : MENGEMBANGKAN IPTEKS PRODUK KOPRA NTT DAN PANGSA PASAR PADA UKM MELALUI MEKANISASI DAN PANGANERAGAMAN PRODUK KOPRA
Adrianus Amheka..... hal 1 - 15

KAJIAN MUSKULOSKELETAL DAN DIMENSI TENUN IKAT PADA PENENUN DI KUPANG NTT
Hari Rarindo, Paul G Tamelan dan Harijono.....hal. 16 - 27

PRODUK IPTEKS PENGGULUNGAN BENANG TENUN IKAT NTT MELALUI PENERAPAN PROGRAM IBM
Harijono dan Simson RA Kerih..... hal. 28 - 32

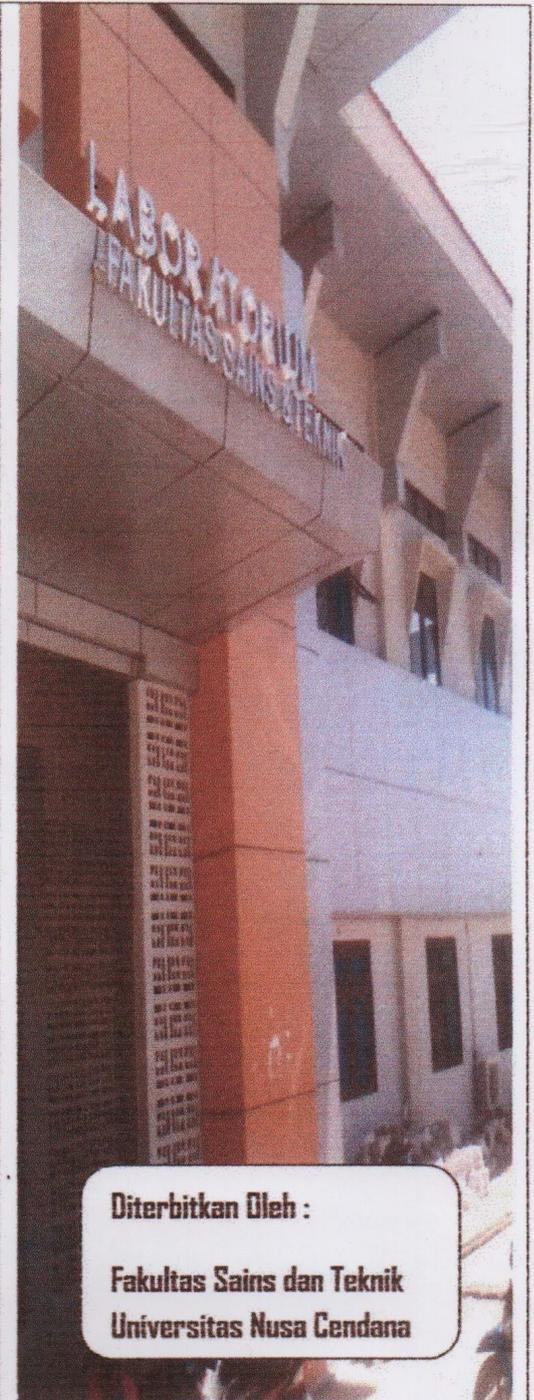
PEMANFAATAN SISTEM KOMPOR PARALEL DENGAN MODEL PENGATURAN TEKANAN UDARA DI WILAYAH KOTA KUPANG NTT
I Made Parsa, dan I G.M. Putra Kusuma..... hal. 33 - 41

APLIKASI IPTEKS MODEL BLENDES UNTUK PENGRAJIN EMAS DI KUPANG NTT
Priyono dan Oktofianus Fufuhal. 42 - 46

STRUKTUR ALTERNATIF DALAM ARSITEKTUR DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI FERROSEMENT
Kelik Hendro Basuki hal. 47 - 55

TERMODINAMIKA DAN PERPINDAHAN PANAS UNTUK MEMBEKALI SKRIPSI, TUGAS AKHIR (TA) MAHASISWA DI JURUSAN TEKNIK MESIN FST UNDANA : SUATU KAJIAN PUSTAKA
Defmit B.N Riwu hal. 56 - 62

INGENIOUS METHAFORIK PADA RUMAH TRADISIONAL ORANG SUMBA
Ariency Kale Ada Manu hal. 63 - 69



Diterbitkan Oleh :

Fakultas Sains dan Teknik
Universitas Nusa Cendana

STRUKTUR ALTERNATIF DALAM ARSITEKTUR DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI FEROSEMEN

KELIK HENDRO BASUKI

Korespondensi : Universitas Lampung (UNILA)

Email : Kelikhendrobasuki@gmail. Com

ABSTRAK : “*Ferrocement*” merupakan teknologi dan struktur alternatif yang dapat menjawab isu global karena selain lebih kuat dan lebih tahan lama dibandingkan dengan struktur konvensional lainnya juga dapat mempertemukan kepentingan *self sustaining* maupun *economic* bagi bangunan. Ferrosemen selain tahan lama dalam iklim tropis yang lembab (sangat tahan terhadap busuk, jamur, rayap, dan organisme pemakan lainnya), rendah biaya bahan, dapat dibangun dengan tangan dan peralatan yang relatif sederhana, dan dapat dibentuk *sculpturally* yang kreatif dan sesuai dengan desain yang diinginkan. Secara struktural ferrosemen lebih efisien daripada batu, beton ataupun bata karena hanya memerlukan beberapa bahan yang dapat diperoleh dengan mudah, yaitu ; semen, pasir, *dangalvanized wire mesh* atau kawat ayam. Metode bangunan ferrosemen ini, selain memperhatikan biaya bangunan, juga tahan gempa, hemat waktu, dan sangat fleksibel, memungkinkan untuk melakukan imajinasi liar dalam desain arsitekturnya. Aplikasi struktur ini pada bangunan akan dapat memainkan peranan besar dalam usaha untuk bentuk arsitektur yang inovatif, hemat bahan, dan tahan gempa.

Kata Kunci : Struktur, efisien, fleksibel

1. PENDAHULUAN

“*Ferrocement*” adalah material komposit yang digunakan dalam bangunan atau patung dengan bahan semen, pasir, air dan kawat, dan berupa dinding tipis (*thin shell*). Ferrosemen memiliki kekuatan yang besar, ekonomis, tahan api, aman dari gempa dan tidak berkarat ataupun membusuk. Ferrosemen dapat dilakukan kedalam berbagai aplikasi, seperti bangunan, patung, perbaikan artefak dan bangunan, perahu dan kapal.

Jika didefinisikan secara sederhana, ferrosemen adalah suatu dinding tipis dari beton bertulang yang dibuat dari kawat jala, pasir, air, dan semen. Teknologi ferrosemen pertama kali diajukan hak patennya oleh Joseph-Louis Lambot tahun 1852 di Prancis dengan membangun dua perahu tahun 1848 dan 1849. Tahun 1940, Pier Luigi Nervi, insinyur arsitek Italia, menghidupkan kembali konsep ferrosemen dengan membangun sebuah kapal pancing. Setelah Perang Dunia II Nervi menunjukkan kembali kelebihan ferrosemen dengan membangun kapal pancing 165 ton, diberi nama Irene, dengan dinding kapal ferrosemen tebal 35 mm yang lebih ringan dibandingkan menggunakan bahan kayu.

Dibanding dengan beton bertulang, ferrosemen memiliki beberapa perbedaan. Dari segi fisik, ferrosemen lebih tipis, memiliki tulangan yang

terdistribusi pada setiap ketebalannya, penulangan dua arah, dan materialnya hanya terdiri atas agregat halus dan semen. Dari sifat mekaniknya, ferrosemen memiliki sifat-sifat seragam dalam dua arah, umumnya memiliki kuat tarik dan kuat lentur yang tinggi, memiliki ratio tulangan yang tinggi, proses retak dan perluasan retak yang berbeda pada beban tarik, duktilitas meningkat sejalan dengan peningkatan rasio tulangan anyam, kedap air tinggi. Ferrosemen lemah terhadap temperatur tinggi, tetapi ketahanan terhadap beban kejut lebih tinggi.

Metode pembuatannya pun berbeda dengan beton bertulang, tidak memerlukan keahlian khusus, sangat mudah dalam perawatan dan perbaikan, dan biaya konstruksi untuk aplikasi di laut lebih murah dibanding dengan kayu, beton bertulang, atau material komposit. Ferrosemen pun terus berkembang. Bahkan, untuk stasiun ruang angkasa pun teknologi ini sudah bisa diaplikasikan. Bahan-bahan yang digunakan pun makin variatif, bukan sekadar kawat, melainkan juga sampai ke serat karbon atau tekstil.

2. METODE PENELITIAN

Secara umum metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif-deskriptif. Studi ini merupakan model analisis dan studi terhadap fenomena yang dicermati,

dan kemudian hasilnya digambarkan dalam bentuk analisis deskriptif dan evaluatif deskriptif sebagai pembuktian akan fenomena dan permasalahan yang ada.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

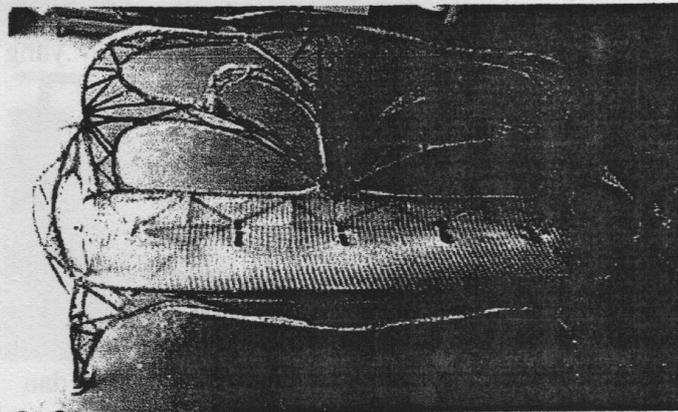
- a. Studi Literatur ; melakukan kajian literatur sebagai acuan standar perancangan serta mendapatkan teori-teori yang mendukung isu ferosemen dan isu pendukung lainnya.
- b. *Browsing* ; melakukan eksplorasi literatur di internet sebagai data sekunder untuk mendapatkan teori-teori dan fakta yang mendukung isu ferosemen dan isu pendukung lainnya.

- c. Studi Preseden ; mengkaji fasilitas atau karya arsitektur yang menggunakan teknologi ferosemen, lokalitas yang diterapkan dalam desain, bentukan fisik ruang dan bangunan yang didukung teknologi ferosemen, dan sampai hal-hal yang harus dihindari dalam menggunakan teknologi ferosemen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penggunaan Teknologi Ferosemen

Struktur ferosemen yang mudah dikerjakan dan ramah lingkungan sangat cocok untuk diterapkan di berbagai bentuk konstruksi. Bentuk penulangan yang tersebar merata hampir di seluruh bagian struktur memungkinkan untuk dibuat struktur tipis dengan berbagai bentuk struktur sesuai dengan kreasi perancangannya.



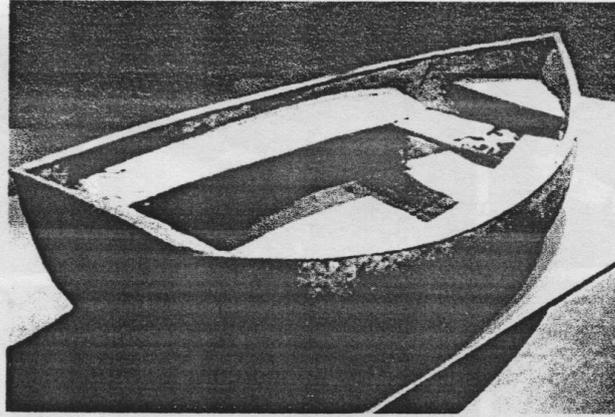
Gambar 1. Rangka Dasar Kursi Taman Ferosemen

Sumber : www.eugenesaragent.com

Fleksibilitas bentuk tergantung dari perakitan kawat baja atau kawat ayam dan beberapa tulangan pembentuk yang menjadi acuan kerangka dasar dari kreasi desain yang akan diciptakan. Kerangka yang diinginkan dapat dibentuk dari penyusunan *multi-layered* kawat ayam atau jaring baja lainnya, dan jika perlu diperkuat dengan kawat baja. Setelah kerangka

selesai, campuran semen, pasir dan air siap diaplikasikan secara merata.

Dalam kehidupan sehari-hari teknologi ferosemen juga sering digunakan. Beberapa aplikasi teknologi ini yang paling sederhana seperti pembuatan pot bunga, taman-taman artifisial, kursi taman, tangki air, saluran air, bahkan beberapa perahupun menggunakan teknologi ini.



Gambar2. Perahu Fero semen
Sumber :www.lystsejleren.dk

Bangunan monumental dengan struktur fero semen yang pertama kali dibangun adalah menara masjid di Jalan Cisu Lama, Bandung, tahun 1980. Struktur fero semen juga digunakan untuk membuat gerbang Kebun Binatang Ragunan tahun 1984 (Arsitek : Rislan Syarief,IAI). Sementara itu, bangunan monumental terbesar di Indonesia dari struktur fero semen adalah Menara Siger di Bakauheni-Lampung yang dibangun tahun 2006. Lainnya, Masjid Bagus Kuning Palembang (Arsitek : Rislan Syarief,IAI) dibangun tahun 1985 dengan bentangan dari sudut ke sudut sepanjang 38 meter. Selain berbentuk kubah, fero semen ini juga dapat dibentuk datar seperti pada Masjid Al Abror Bandar Lampung (Arsitek : Rislan Syarief,IAI).

Kekuatan struktur fero semen pada dasarnya tergantung pada dua hal:

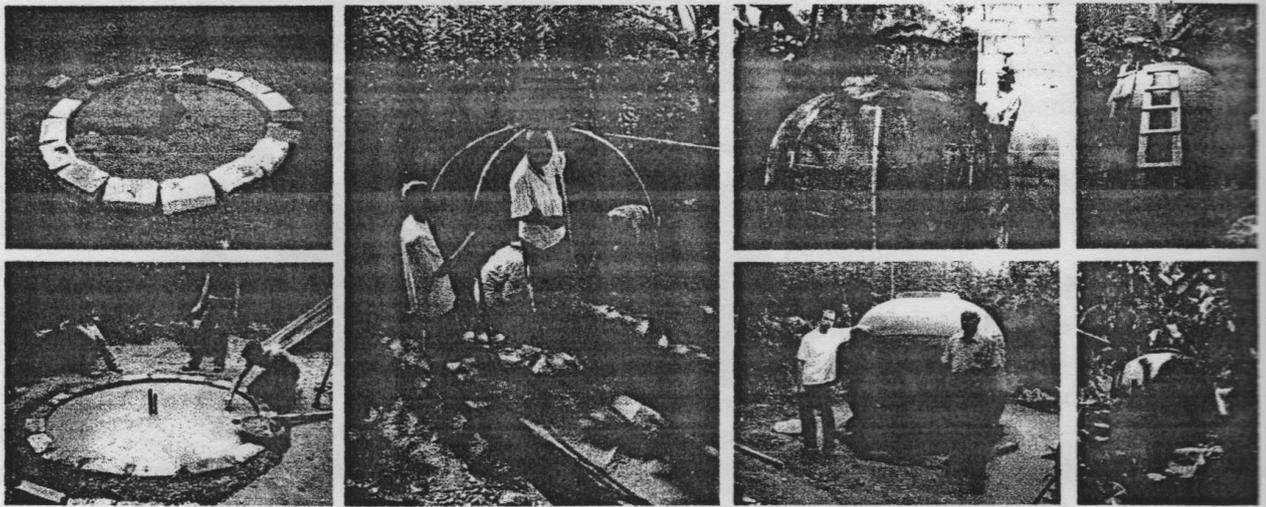
- 1) Kualitas pasir / semen (adukan/spesi). Pasir harus bersih dan tajam. Semen harus segar, dan adukan semen harus digunakan sesegera mungkin setelah pencampuran, terutama pada saat cuaca panas.
- 2) Kerangka, biasanya "kawat ayam". Semakin banyak kawat menghasilkan struktur yang semakin kuat.

Keuntungan secara ekonomi struktur fero semen adalah lebih kuat dan lebih tahan lama daripada metode bangunan tradisional lainnya. *Self Sustaining* dengan hampir nol pemeliharaan. Dalam kasus tangki air tidak memerlukan penggantian secara periodik.

Struktur ini juga dapat dibangun dengan cepat, yang dapat memberikan keuntungan secara ekonomi. Dalam kondisi cuaca buruk, kemampuan untuk dengan cepat tegak dan berdirinya bangunan memungkinkan pekerja untuk berlindung di dalam dan melanjutkan finishing interior. Di India, fero semen sering digunakan karena konstruksi yang tahan terhadap gempa.

Keuntungan lain dari konstruksi ini adalah berat sendirinya cukup rendah, biaya pemeliharaan dan umurnya lebih lama dibandingkan dengan konstruksi baja. Namun, tingkat ketelitian dan presisi merupakan hal yang terpenting. Terutama sehubungan dengan komposisi semen dan cara di mana ia diterapkan di kerangka dasar. Konstruksi fero semen memiliki 10% sampai 25% dari berat konstruksi yang sebanding contohnya yang terbuat dari batu bata.

Kerugian dari konstruksi fero semen adalah sifatnya yang padat karya, yang membuatnya mahal untuk aplikasi industri di dunia Barat. Namun untuk daerah dengan tenaga kerja yang murah hal ini sangat menguntungkan. Demikian juga ditinjau dari keuntungan terhadap perputaran dana yang 70% untuk tenaga kerja dan 30% untuk material sehingga dana yang diserap tenaga kerja masih terus berputar dibandingkan apabila menjadi barang mati (material).

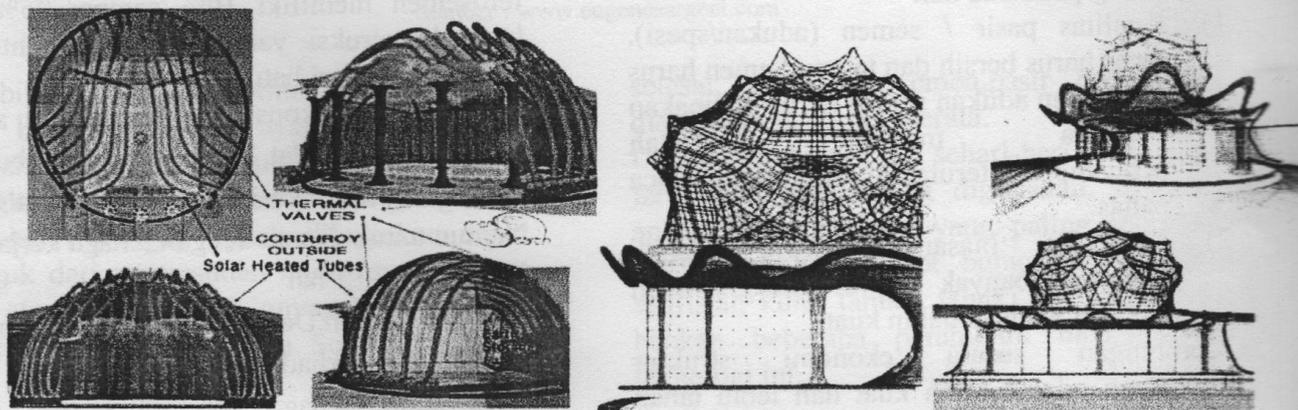


Gambar 3. Proses Pembuatan Tanki Air Ferosemen

Sumber : www.ewb.uni-karlsruhe.de

Dalam pelaksanaannya teknologi ini tidaklah rumit, dapat dilihat pada proses pembuatan tanki air ferosemen di bawah ini. Langkah pertama adalah dengan menyiapkan lahan sebagai landasan dari objek yang akan dibuat. Selanjutnya adalah membuat mal atau acuan sebagai pedoman dalam membentuk. Setelah itu merangkai kawat ayam sesuai dengan acuan yang telah disiapkan. Langkah selanjutnya adalah mem-plester dengan mortar yang telah disediakan keseluruh bagian rangka kawat baik di sisi luar maupun dalam. Langkah terakhir adalah finishing dari bentuk yang sudah jadi menjadi lebih halus.

Pelaksanaan struktur ferosemen di setiap objek mempunyai cara, metoda, dan pendekatan yang berbeda-beda. Hal ini berkaitan dengan **bentuk, fungsi** dan kondisi **lokasi** tempat akan dibangunnya objek tersebut. Gambaran tersebut membuktikan akan fleksibelnya teknologi ini sehingga mampu memberikan perbendaharaan bentuk arsitektur yang luar biasa banyaknya, tergantung dengan kreatifitas dan kemampuan arsitek dalam mengolah bentuk dan fungsi pada kondisi ataupun lokasi tertentu.



Gambar 4. Sketsa Bentuk Bangunan Ferosemen

Sumber : harmoniouspalette.com/PAHSgreenhouse.html

B. Teknologi Ferosemen Untuk Arsitektur
Beberapa karya arsitektur yang ada di Indonesia dalam hal ini di Provinsi Lampung, dan karya arsitektur di luar negeri yang menggunakan teknologi ferosemen, dapat menjadi preseden sebagai pembuktian bahwa teknologi ferosemen merupakan struktur

alternatif dalam arsitektur yang efektif, efisien dan ramah lingkungan.

Tugu Kayu Ara Kota Liwa, Kabupaten Lampung Barat

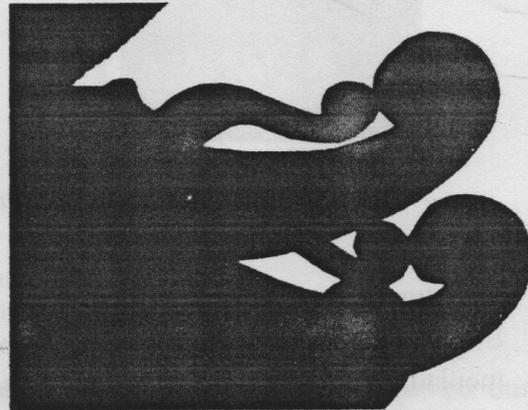
Pembangunan Tugu Kayu Ara Kota Liwa, Lampung Barat (Arsitek; Rislan Syarief, IAI) merupakan salah satu aplikasi teknologi ferosemen yang pelaksanaannya cukup unik. Dipilihnya teknologi ini sebagai alternatif

karena Liwa merupakan daerah yang rawan gempa, sehingga dibutuhkan struktur tugu yang ringan namun tetap bisa mencapai bentuk yang diinginkan. Proses pelaksanaannya dilakukan dalam beberapa tahap, dari tahap pabrikan, mobilisasi, perakitan dan *finishing*.

1) Pabrikan



Sebagian besar elemen dari tugu ini di pabrikan di Kota Bandar Lampung yang jaraknya ± 250 km dari site. Elemen dari batang tugu yang berdiameter 1,5 meter dan kelopak tugu paling atas yang panjangnya 9,5 meter dan elemen lainnya, dibentuk terlebih dahulu secara terpisah dengan kondisi setengah jadi.



Gambar5. Tugu Kayu Ara Kota Liwa, Kab. Lampung Barat

Sumber : Foto Pribadi

2) Mobilisasi

Setelah bentuk dasar dari setiap elemen tugu terwujud, elemen tersebut di angkut dengan menggunakan 3(tiga) unit trailer dan 1 (satu) unit truck dari ketinggian ± 150 m dpl ke ketinggian ± 950 m dpl. Hal ini menggambarkan dengan volume elemen-elemen tugu yang cukup besar namun cukup ringan untuk mobilisasinya.

3) Perakitan

Sebelum elemen-elemen tugu tersebut dirakit, disiapkan terlebih dahulu pondasi tugu dengan menggunakan 4 buah pondasi tapak dan 1 buah pondasi dalam yang diibaratkan sebagai akar tunjang dari tugu tersebut. Tahap pertama pelaksanaan perakitan adalah merakit batang tugu terlebih dahulu yang terpisah menjadi 7 bagian dengan ketinggian 1,5 meter untuk tiap bagian. Konsep struktur batang mengambil dari struktur ruas bambu dengan pemberian diapragma di setiap

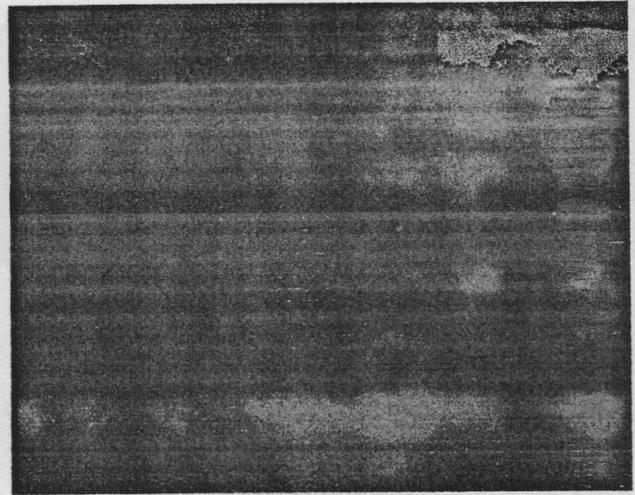
ketinggian 1,5 meter. Hal ini dimaksudkan untuk kestabilan batang tugu agar tidak patah. Setelah batang tugu berdiri, elemen-elemen lainnya di rakit sesuai dengan bentuk dan tempat yang telah direncanakan.

4) Finishing

Setelah seluruh elemen terpasang, setiap bagian di finishing oleh seniman ukir (Yan Syarief), dengan memberikan lapisan mortar semen yang dapat dibentuk dan diukir sesuai dengan konsep yang telah direncanakan.

Tugu Batas Kota Liwa, Kabupaten Lampung Barat

Tugu Batas Kota Liwa, Kabupaten Lampung Barat (Arsitek : Kelik Hendro B.,IAI) dibangun pada tahun 2007. Pada bangunan tugu ini penulis mencoba mengaplikasikan dengan 3(tiga) material berbeda yaitu struktur utama yang berupa ferosemen, elemen tembaga dan finishing koral sikat.



Gambar6. Tugu Batas Kota, Liwa, Kab. Lampung Barat
Sumber : Foto Pribadi

1) Struktur Fero semen

Struktur fero semen pada tugu ini dibagi menjadi 2 bagian besar, yang pertama adalah struktur bawah yang menjadi tumpuan struktur yang kedua (struktur atas) yang berupa batang tugu. Struktur bawah berbentuk separuh bola yang mempunyai 3 (tiga) lubang dengan ketebalan lembaran fero semennya adalah 3 cm. Di atas lembaran struktur bawah terdapat 3 (tiga) buah rib (balok) yang menjadi struktur pendukung bagian atas. Rib tersebut selain mendukung bagian atas juga sebagai pemecah lembaran struktur bagian bawah yang berbentuk bola tersebut. Hal ini sebagai antisipasi tidak terjadi benjolan pada lembaran tersebut dikarenakan panas matahari. Struktur atas tugu tersebut yang berupa batang dengan penampang berbentuk belimbing. Bentuk tersebut

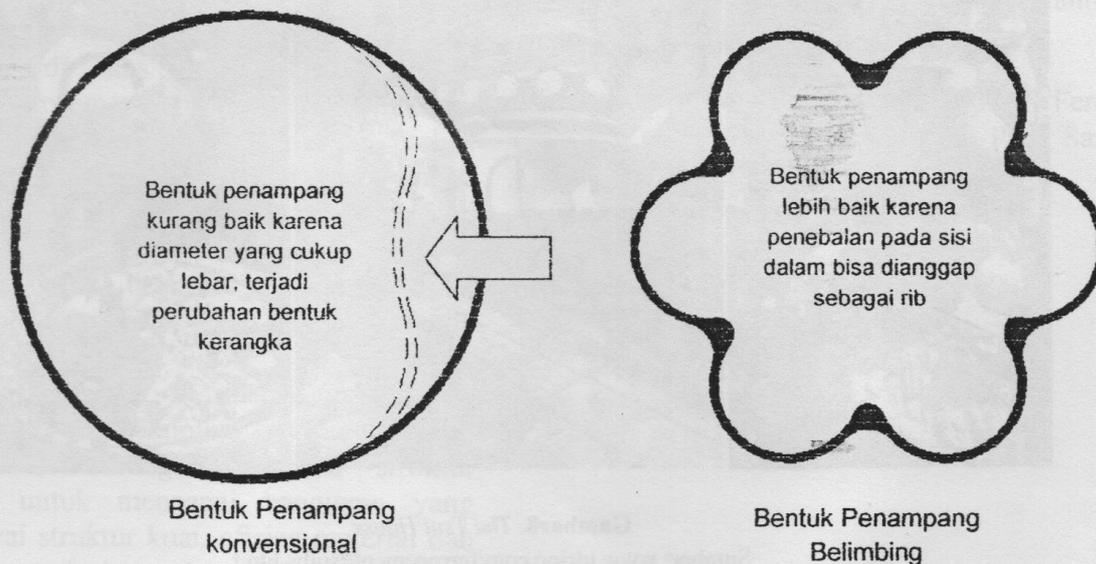
sebagai upaya mengantisipasi gaya puntir pada batang tugu yang disebabkan oleh ketinggian batang dan beban dari elemen tembaga yang ada di atasnya.

2) Elemen Tembaga

Elemen tembaga di pabrikan di Kota Bandar Lampung. Setelah elemen tembaga jadi, elemen tersebut dirakit pada batang tugu yang sebelumnya disiapkan angkur terlebih dahulu. Angkur-angkur untuk perletakan elemen tembaga tersebut dilas pada plat baja yang kemudian dilas pada besi tulangan rib batang tugu tersebut.

3) Koral Sikat

Sebagai finishing akhir dari tugu tersebut, bagian luar dari seluruh lembaran fero semen dilapisi koral sikat sebagai penutup (*curing*) untuk melindungi lembaran fero semen yang tipis dari gangguan cuaca dan sebagainya.

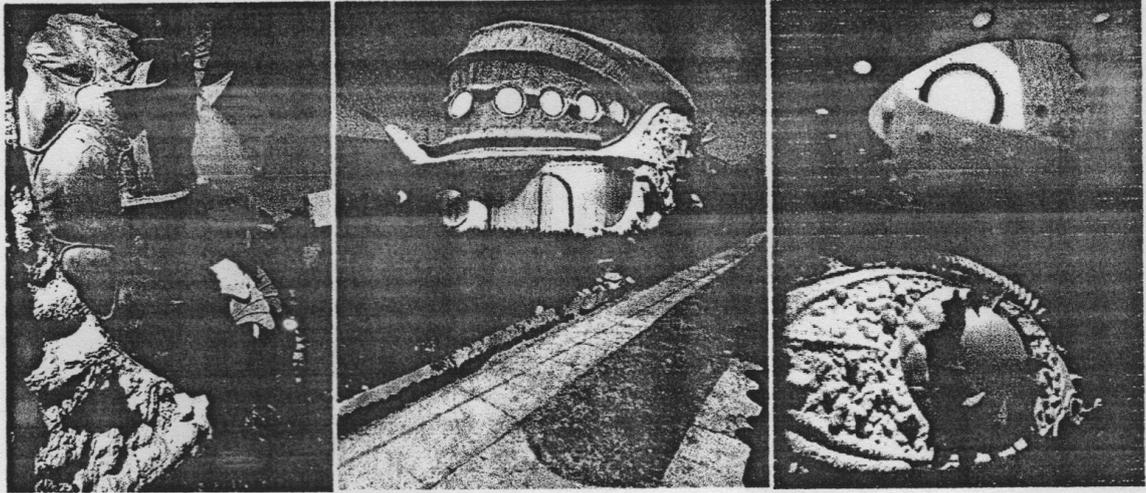


Gambar7. Analisis Bentuk Penampang Batang Tugu
 Sumber : Data Pribadi

Rumah Tinggal Florence dan William Tsui

Rencana dan bentuk parabola dan oval dalam sistem bangunan ini menggunakan prinsip-prinsip struktural memanfaatkan alam dalam menciptakan desain yang tahan lama. Di dunia internasional disebut-sebut sebagai ciri-ciri rumah yang paling aman yang berbentuk lonjong dengan landasan beton bertulang yang juga menjadi satu rangkaian dengan saluran pipa. Rumah ini sebagian dikubur di dalam tanah sekitar 1,5 meter dan dinding terbuat dari styrofoam dan blok semen daur ulang yang disebut "Rastrablock". Bahan tersebut tahan terhadap air, api, rayap, dan dapat mengurangi suara hingga 50 desibel. Serangkaian pipa flex hitam ditempatkan di atap yang berfungsi ventilasi udara hangat. Rumah ini telah terbukti menjadi dingin di bulan-bulan musim panas dan hangat di musim dingin. Semua tanpa AC dan mesin pemanas. Luas rumah 220 meter persegi. Rumah ini berisikan ruang santai, sebuah ruang rekreasi, musik / ruang belajar, laundry, dapur, tiga kamar mandi, tiga kamar tidur, lemari lorong yang menerus, teras dan taman. Semua rak dan lemari dibangun ke dalam struktur rumah dan

tidak dapat dipecah saat terjadi gempa bumi. Semua bentuk lengkung di setiap bagian dari rumah ini saling berhubungan secara struktural dengan tiap-tiap bagian lain dari rumah ini. Bentuk yang aerodinamis juga dapat mencegah api, dibawa oleh angin, dan melekat pada permukaan dinding, membantu mencegah api menyebar kemana-mana. Dinding yang menerus yang berbentuk elipse menyerupai bentuk cangkang karena sifat kekakuan lateralnya. Dari gambaran diatas dapat dilihat bahwa teknologi ferosemen dapat diaplikasikan dan saling mendukung dengan struktur, utilitas maupun konsep ekologi dari bangunan. Dapat dilihat juga betapa kreatifitas sangat mempengaruhi hasil dari bentukan yang diciptakan oleh sang arsitek. Peran seniman dan tukang juga mempengaruhi hasil dari finishing rumah tersebut. Untuk penggunaan material tidaklah sebanyak kalau dibandingkan dengan bangunan konvensional yang sama volumenya, namun terlihat kerumitan bangunan yang menggambarkan kualitas dan jumlah pelaku dalam mewujudkan bangunan ini.



Gambar8. *The Tsui House*

Sumber: www.tdrinc.com/ferrocement/tsuihs.html

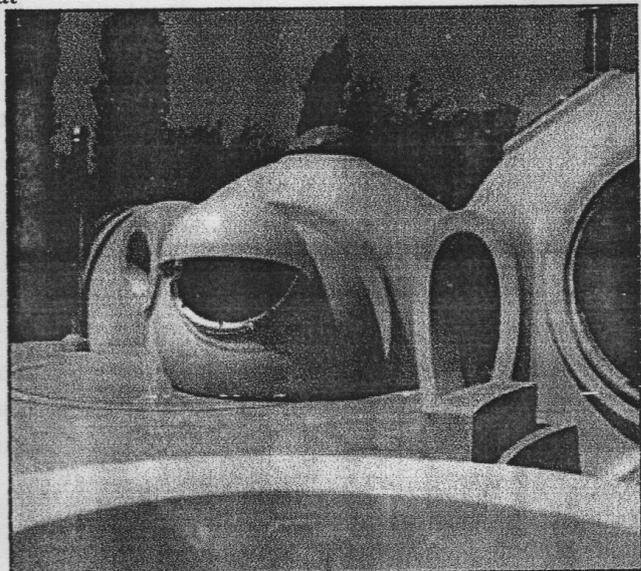
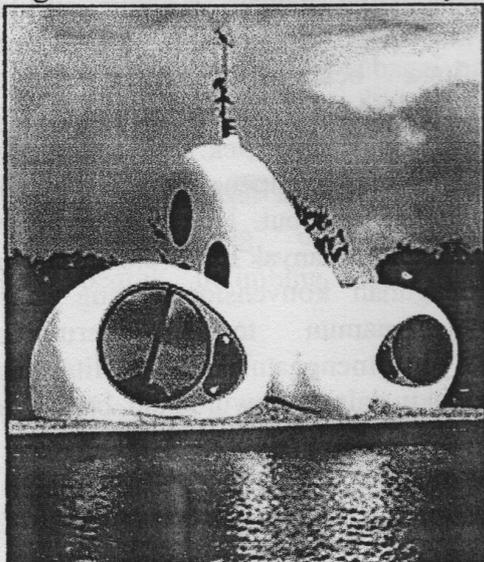
4. SIMPULAN

Dari ketiga kasus diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pemilihan teknologi ferosemen merupakan pemilihan teknologi alternatif yang mampu menjawab kebutuhan akan bentuk khusus, fungsi dan lokasi karya arsitektur yang akan dibangun. Dari kasus pertama dimana dibutuhkan bentuk tugu yang besar dan mempunyai bentangan lebar sekitar 21 meter pada bagian atasnya, dan berada di daerah gempa, dan teknologi ini mampu menjawab kebutuhan tersebut.

Dari kasus yang kedua dapat pula dilihat bahwa pemilihan teknologi ini sangat dipengaruhi oleh kesan bentuk yang ringan dibagian bawah dan kesan bentuk yang berat

di bagian atasnya. Didalam kasus ini juga terlihat bahwa memungkinkannya penggabungan beberapa material yang berbeda menjadi satu kesatuan desain yang sesuai dengan lokasinya yang berada di daerah rawan gempa.

Sedangkan untuk kasus yang ketiga menggambarkan memungkinkannya teknologi ini menjawab kebutuhan thermal penghuni bangunan yang terintegrasi dengan system bangunan lainnya seperti utilitas bangunan. Terlihat pula bahwa fleksibilitas dari teknologi ini mampu mencapai bentuk yang *sculpturally* yang mampu mengapresiasi imajinasi liarnya si arsitek.



Gambar 9. *House of The Century & Holy Scrap*

Sumber: www.treehugger.com & holyscrap.mypodcast.com

Dari berbagai macam bentuk karya teknologi ferosemen di atas dapat dilihat bahwa lembaran ferosemen yang berbentuk lengkung, parabola, dan hiperparabola sangat efektif diaplikasikan dengan teknologi ini. Rangka kawat baja atau kawat ayam yang menjadi tulangan dan kerangka pada struktur ferosemen akan bekerja secara maksimal terhadap kuat tarik dan tekan serta kelenturan dari struktur tersebut.

Dari seluruh uraian di atas dapat diambil kesimpulan bahwa teknologi ferosemen sangat prospektif dikembangkan sebagai struktur alternatif untuk mencapai bangunan yang mempunyai struktur kuat, efisien material dan fleksibel terhadap bentuk-bentuk yang *sculpturally*.

DAFTAR PUSTAKA

Kelik, 2010, "*Ferrocement*" : *Teknologi Struktur Alternatif Dalam Arsitektur*, Tugas UTS Arsitektur dan Teknologi, Magister Arsitektur Institut Teknologi Bandung ; Dosen Pembimbing Sugeng Triyadi, Ir., Mt., Dr.

www.permaculture.org/nm/index.php/Guatemala/Guatemala-1/

www.lystsejleren.dk/bygogsejl/ferrocement.html

harmoniouspalette.com/PAHSGreenhouse.html

database.deptan.go.id/saims-indonesia/index.php?files=DetailTechnologies&id=14

www.eugenesargent.com/bench1.htm

www.eco-living.net/projects/hifcgarage/index_html

ferrocement.com/intro-Ferro/intro.en.html

id.shvoong.com/internet-and-technologies/universities-research-institutions/1959627-aplikasi-ferrocement/

www.green-trust.org/2003/ferrocement/default.htm

www.tdrinc.com/ferrocement/tsuihs.html

en.wikipedia.org/wiki/Ferrocement

www.treehugger.com/files/2008/03/ant-farm-exhibition.php

holyscrap.mypodcast.com/2007/09/Ferrocement_Educational_Network_Paul_Sarnstrom-39534.html