

EKSPERIMEN KONSTRUKSI BANGUNAN PREFABRIKASI KAYU YANG PRAKTIS DAN SUSTAINABLE DI INDONESIA

Megan Victoria Tanaya

Desain Interior, Seni & Desain, Universitas Kristen Petra

e-mail: meganvicto@yahoo.co.id

INFORMASI ARTIKEL

Received : Maret, 2021
Accepted : April, 2021
Publish online : Mei, 2021

ABSTRACT

Prefabrication construction technique is rarely found in Indonesia. While in developed countries, using prefabrication technique is common which enable practicality and sustainability to increase. This condition is due to some obstacles encountered when attempting to implement prefabrication constructions, such as: lack of workmen and designers that are familiar with prefabrication, underdeveloped prefabrication technologies, difficulty in transportation systems, and so on. But, according to the discussion based upon datas that were found in the field and in theories, it can be stated that in fact, the obstacles of creating prefabrication in Indonesia are the source of guidances in creating an innovation of prefabrication design made of timber that holds still the quality of practicality and sustainability, yet suitable and easy to be implemented in Indonesia. This research discusses it, thus in the end can be concluded why this innovation has a good potential to be implemented in Indonesia, and what are the disadvantages so that they can be considered and developed more in the future.

Key words: Prefabrication Systems, Prefabrication Building Constructions, Prefabricated Timber Structures, Timber Construction, Prefab Architecture, Prefabrication Sustainability.

ABSTRAK

Teknik konstruksi pembangunan prefabrikasi masih jarang ditemui di Indonesia. Sedangkan di negara-negara maju sering ditemui prefabrikasi yang memungkinkan kepraktisan dan *sustainability* yang lebih. Hal ini disebabkan oleh beberapa hambatan dalam mewujudkannya, seperti: para tukang dan desainer yang tidak familiar akan prefabrikasi, teknologi yang kurang memadai, kesulitan sistem transportasi, dan lain-lain. Namun setelah melalui pembahasan berdasarkan data-data teori dan lapangan dapat dikatakan bahwa, justru hambatan-hambatan tersebut merupakan sumber petunjuk dari terwujudnya sebuah inovasi desain prefabrikasi kayu, yang tetap memegang kualitas praktis dan *sustainable*, namun juga cocok dan mudah untuk diaplikasikan di Indonesia. Penelitian ini membahas mengenai hal tersebut sehingga pada akhirnya disimpulkan mengapa inovasi desain tersebut berpotensi baik untuk diimplementasikan di Indonesia, dan apa saja kekurangannya sehingga dapat dipertimbangkan dan dikembangkan lagi di kemudian hari.

Kata Kunci: Sistem Pracetak, Konstruksi Bangunan Pracetak, Struktur Kayu Pracetak, Konstruksi Kayu, Arsitektur Pracetak, Keberlanjutan Pracetak.

PENDAHULUAN

Negara Indonesia berperingkat nomor 4 sebagai negara yang paling terpopulasi sedunia [Wikipedia]. Hal ini membuat teknik konstruksi pembangunan di Indonesia sangat krusial untuk terus ditingkatkan. Inovasi-inovasi teknik konstruksi perlu terus dikembangkan. Namun pada kenyataannya, teknik konstruksi konvensional adalah yang paling umum ditemukan. Padahal sebenarnya teknik konstruksi lain juga bisa berpotensi baik untuk diaplikasikan di Indonesia jika dikembangkan dengan benar. Salah satu teknik konstruksi tersebut adalah prefabrikasi [Putra, 2019].

Prefabrikasi kurang dikembangkan di negara berkembang [Baghchesaraei, 2016], seperti Indonesia. Hal ini sangat disayangkan karena prefabrikasi dapat memberikan banyak keuntungan yang tidak dimiliki teknik konstruksi lain, karena prefabrikasi sangat erat manfaatnya dalam aspek ekonomi, kecepatan waktu, dan sifatnya yang ramah lingkungan [Gunawerdana, 2015]. Aspek-aspek ini merupakan yang mendukung terwujudnya desain yang *sustainable*. Sedangkan *sustainability* merupakan konsep yang selalu menjadi tantangan besar bagi industri konstruksi modern untuk terus dikembangkan dan disempurnakan. Maka dari itu usaha untuk menciptakan inovasi desain demi mencapai konsep *sustainable* perlu terus dijalankan [Gunawerdana, 2015]. Menurut data, kurang dikembangkannya prefabrikasi di negara berkembang seperti di Indonesia pada dasarnya diakibatkan oleh kurangnya edukasi yang matang akan teknik prefabrikasi oleh para tenaga kerja bangunan di Indonesia, yang juga dilatar belakangi oleh pengaruh teknologi yang kurang memadai untuk bisa mewujudkan prefabrikasi [Baghchesaraei, 2016].

Tetapi setelah melalui pembahasan berdasarkan data-data teori dan lapangan yang telah dikumpulkan oleh sang peneliti, dapat dikatakan bahwa sebenarnya justru hambatan-hambatan tersebut merupakan sumber petunjuk dari terwujudnya sebuah inovasi desain prefabrikasi yang berpotensi baik untuk diaplikasikan di

Indonesia. Desain ini menggunakan material kayu dengan kualitas praktis dan *sustainable* yang sama seperti desain bangunan prefabrikasi pada umumnya, namun juga cocok dan mudah untuk diaplikasikan di Indonesia. Pada intinya penelitian ini berusaha mengubah hambatan-hambatan dari mewujudkan prefabrikasi justru menjadi asset dari sebuah desain prefabrikasi baru yang berpotensi baik untuk dikerjakan di Indonesia. Hal ini sangat bermanfaat agar prefabrikasi dapat dilakukan dengan jauh lebih mudah daripada sebelumnya, sekaligus sebagai permulaan dari perkembangan ilmu prefabrikasi yang lebih luas lagi bagi Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat kualitatif. Data-data landasan yang terkumpul berasal dari artikel-artikel penelitian yang ditemukan di internet yang kemudian dianalisa sumber-sumbernya sehingga dapat menjadi landasan teori penelitian yang terpercaya. Dengan begini data-data tersebut dapat berguna sebagai pemandu yang sesuai fakta. Sumber internet yang digunakan adalah Google Scholar. Kata kunci yang digunakan sebagian besar berputar-putar di pencarian yang mencakup *Prefabricated System in Building's Construction*, *Prefabrication Construction Technique*, *Prefabricated Timber Building Structures*, dan *Prefabrication Sustainability*. Artikel-artikel lain yang memiliki korelasi juga dicakup dengan tujuan memperkaya informasi sehingga mendukung pembahasan yang lebih kritis. Hasil penelitian kemudian dipresensikan menggunakan metode deskriptif dibantu dengan beberapa gambar dan tabel agar lebih mudah dimengerti. Selanjutnya, dalam proses pembahasan tertuliskan diskusi sesuai dari landasan teori yang tertera. Pembahasan tersebut dilengkapi dengan data lapangan yang ditemukan di internet. Data lapangan berguna untuk memperkuat pembahasan. Data lapangan bersifat deskriptif disertai gambar dan tabel agar bisa dipahami lebih baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perkenalan tentang prefabrikasi

Prefabrikasi adalah sebuah aksi pembuatan komponen-komponen bangunan di pabrik yang kemudian dikirim ke lokasi pembangunan untuk disusun atau dikonstruksikan *on-site* hingga siap huni sesuai konsep desain yang dituju [2]. Tahap lebih mendetail dari awal hingga jadi yaitu adalah dimulai dari membuat desainnya, kemudian memesan material untuk diolah di pabrik. Lalu setelah diolah, material tersebut dikirim ke lokasi konstruksi untuk dirangkai menjadi suatu bangunan yang utuh [4].

Segmen-segmen bangunan prefabrikasi bisa terbuat dari berbagai macam material. Tapi meskipun desainer-desainer diperbolehkan untuk menggunakan berbagai material ini, pada umumnya mereka lebih memilih material yang ringan dan praktis, yaitu kayu atau baja sehingga proses pengiriman ke lokasi pembangunan jauh lebih mudah dan murah [2]. Dari sini bisa disimpulkan bahwa menggunakan material kayu atau baja adalah yang paling sesuai agar dapat mencapai konsep praktis.

2. Sejarah singkat prefabrikasi

Pertama kali prefabrikasi dikenalkan pada dunia adalah sebagai metode untuk meningkatkan performa dan *sustainability* pada industri konstruksi dan sekaligus sebagai alternatif dari teknik konstruksi tradisional. Hal ini dikarenakan prefabrikasi menawarkan berbagai kelebihan seperti dalam aspek mengurangi polusi terhadap lingkungan, resiko kesehatan dan keamanan, waktu, limbah, tenaga kerja dan biaya. Tidak seperti prefabrikasi, konstruksi tradisional secara keras telah dikritik akibat dari kelemahan-kelemahan yang dimilikinya, seperti keamanan yang kurang, polusi terhadap lingkungan, waktu konstruksi yang lama, limbah akibat sisa persediaan, hambatan cuaca eksternal, dan produktivitas yang rendah [7].

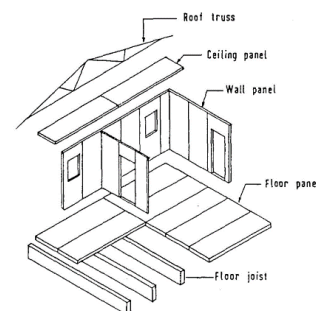
Perkenalan prefabrikasi pada dunia dimulai pada sekitar tahun 1970 hingga 1990 di mana prefabrikasi mulai digunakan secara umum seperti pada sekolah-sekolah dengan proses pembangunan konstruksinya yang masih menggunakan metode semi-prefabrikasi. Setelah itu pada tahun 2000 mulai muncul teknik konstruksi yang serupa pada bangunan-bangunan

pemerintah, bangunan-bangunan seperti stasiun bus dan stasiun kereta juga mulai menggunakan elemen-elemen prefabrikasi. Prefabrikasi kemudian semakin populer sehingga mulai pada tahun 2002, teknik prefabrikasi telah dikembangkan sehingga dapat digunakan untuk mengkonstruksikan bangunan-bangunan pemukiman [6].

2. Macam-macam sistem prefabrikasi kayu

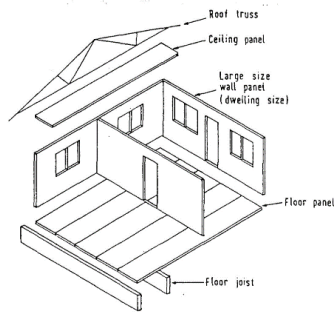
Sistem Prefabrikasi dibagi menjadi 4 macam. Yaitu [3]:

1. **Pre-cut system:** Adalah yang paling tradisional dari sistem lain, yaitu proses kerangka-kerangka bangunan yang dibuat *offsite* dengan ukuran yang telah ditentukan kemudian langsung dibawa ke lokasi konstruksi untuk dikonstruksikan di sana. Sistem ini memudahkan proses transportasi karena kayunya bisa diikat.
2. **Modular panel system:** Bentuk struktur berupa panel-panel yang telah dipotong menjadi beberapa segmen yang sudah dibuat di pabrik, kemudian dikirim ke lokasi konstruksi yang tinggal disusun di sana. Hal ini mempermudah pengiriman karena komponen-komponen yang melalui proses transportasi tidak berukuran besar.

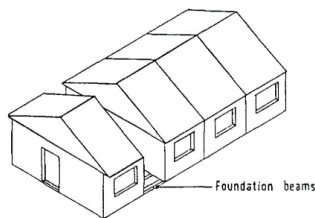


3. **Large-size panel system:** Sama seperti modular panel system, tapi yang ini bedanya panel-panel sebagai struktur bangunannya tidak dipotong-potong menjadi beberapa segmen, melainkan dibiarkan utuh. Sehingga di lokasi konstruksinya penyusunannya adalah penyusunan antar panel untuk meminimalisir sendi-sendi. Tapi hal ini sangat berpengaruh pada biaya

transportasi pengirimannya karena membutuhkan bantuan *crane*.



4. Volume element system: Komponen-komponen sudah disusun di pabrik sehingga sudah berbentuk ruang. Kemudian ruang tersebut dikirim ke lokasi konstruksi untuk secara cepat diletakkan di sana. *Crane* dibutuhkan pada sistem ini. Sistem ini sangat cepat sehingga cocok untuk proyek mendadak [3].



Untuk bisa menjadi konstruksi prefabrikasi yang praktis dan *sustainable*, maka tidak bisa menggunakan sistem large-sized panel system dan volume element system karena dalam pengirimannya harus menggunakan *crane*. Sedangkan *crane* sulit pengoperasiannya dan tidak praktis apalagi kalau pemasangan pada daerah yang sempit atau memiliki akses yang sulit sehingga tidak bisa dimasuki *crane*. Tidak lupa juga biaya yang harus dikeluarkan untuk mengoperasikan *crane*. Maka potensi sistem konstruksi prefabrikasi yang lebih praktis dan adalah :

1. Pre-cut system, dan
2. Modular panel system.

3. Berbagai kelebihan dan kekurangan teknik prefabrikasi

Menurut literatur [3] dan [2] berikut adalah kelebihan-kelebihan dari metode konstruksi prefabrikasi disertai beberapa hambatannya, yaitu;

Kelebihan:

- Pengerjaan yang lebih cepat dan hemat. Karena pengerjaan struktur sudah jadi di pabrik dan tinggal pemasangan konstruksi di lokasi pembangunan. Hasilnya biaya jasa pemasangan berkurang dan jam kerja tentu lebih cepat [3].
- Keselamatan pekerja yang lebih terjamin. Dikarenakan pengerjaan yang cepat, dan biasanya tanpa perangkat keras yang membahayakan [3].
- Lebih sedikit limbah material. Dikarenakan dalam prosesnya tidak ada bekisting dan perancah seperti pada teknik pembangunan konvensional. Seluruh material diolah di pabrik di mana sisanya bisa diolah kembali [3].
- Lebih sedikit polusi suara yang terjadi di lingkungan sekitar lokasi pembangunan karena di area konstruksi prosesnya tinggal dipasang secara sederhana tanpa perangkat keras [3].
- Kontrol yang bisa konsisten akan kualitas struktur. Hal ini dikarenakan pembuatan tiap segmen struktur menggunakan mesin di mana hasilnya akurat dan pasti [3].
- Mudah diubah. Baik dibongkar, dilokasikan ulang, ataupun direnovasi [2].
- Dapat memanfaatkan material bekas [2].

Kekurangan:

- Kesulitan transportasi pengiriman struktur-struktur prefabrikasi [3].
- Struktur berukuran besar harus menggunakan crane dengan ketelitian tinggi [3].
- Teknik prefabrikasi memerlukan tukang dengan skill spesial. Hal ini dilatar belakangi kurangnya teknologi yang memadai. Maka dari itu, jika tukang tidak memiliki pengetahuan tentang

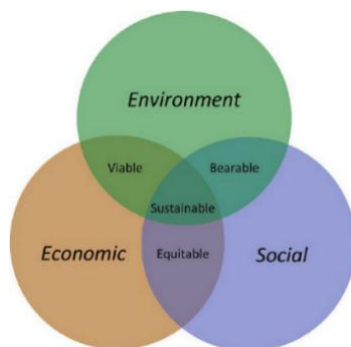
prefabrikasi maka tidak bisa dikerjakan [3].

- Tiap sendi harus kuat untuk menghindari kerobohan [3].
- Tiap sendi harus presisi agar tidak terjadi kerembesan [3].

Dapat dikatakan bahwa teknik prefabrikasi dengan segala keuntungannya sangat mendukung konsep praktis dan *sustainable* jika dikerjakan dengan tepat. Apalagi kalau dapat meminimalisir hambatan-hambatan yang ada.

4. Sustainability dalam prefabrikasi

Konsep desain yang *sustainable* yaitu adalah yang memudahkan ke 3 aspek ini [8]:



Dengan terus bertambahnya pembangunan pemukiman baru, kekhawatiran terus meningkat akan dampaknya yang ditimbulkan ke lingkungan[9]. Hubungan antara manusia dengan alam, proses natural Bumi menjadi hal yang perlu diperhatikan. Di beberapa tahun terakhir telah muncul konsep *sustainability* sebagai pergerakan besar dari permasalahan internasional ini mulai abad 21. Pencariannya adalah bagaimana agar dapat saling menyeimbangkan dalam aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan sebagai dampak dari aktivitas manusia. *Sustainability* menawarkan sebuah prospek yang merespon secara holistik mengenai keadaan lingkungan, sosial, alam, budaya, teknologi, bahkan politik. Hal seperti ini adalah permulaan untuk mendorong masyarakat untuk mempertimbangkan pengaruh-pengaruh dari cara mereka membangun konstruksi, mengoperasikannya, dan merawatnya[9].

Pembahasan selanjutnya akan berusaha meminimalisir hambatan-hambatan pembangunan prefabrikasi sekaligus mencapai konsep praktis dan *sustainable* semaksimal mungkin, tanpa menghilangkan kelebihan-kelebihan yang sudah ada. Hal ini dibahas melalui ide-ide desain yang

akan dilontarkan di bawah ini dengan tujuan mewujudkan prefabrikasi yang ideal di Indonesia.

5. Referensi ide-ide desain prefabrikasi yang praktis, *sustainable* dan berpotensi baik untuk diaplikasikan di Indonesia

- Ide desain transportasi (*flat-pack*) (www.ikea.com) [10]

Contoh pembungkusan *flat-pack* adalah seperti milik perusahaan IKEA pada (gambar 1) dan (gambar 2):



Gambar 1. Flat-pack [10]



Gambar 2. Flat-pack [10]

Flat-pack adalah cara pembungkusan perabot dari perusahaan IKEA yang sistemnya membongkar perabot tersebut menjadi struktur-struktur kecil sehingga dapat ditata dengan sama rata sampai padat pada kardus yang berbentuk gepeng. Sistem *flat-pack* membuat pembangunan struktur prefabrikasi menjadi lebih ramah lingkungan karena *flat-pack* tidak memiliki gabus atau plastik di dalamnya untuk mengisi rongga-rongga yang kosong seperti pada pembungkusan struktur-struktur yang tidak dibongkar. Cara ini bertujuan agar produk tidak terguncang. Namun terkadang memang ada rongga yang tersisa sehingga perusahaan IKEA yang berdiri dengan moto *sustainable* ini mengganti material gabus dengan material kertas yang modular sehingga dapat disesuaikan sesuai bentuk dan ukuran rongga yang ingin ditutupi pada sebuah *flat-pack* [10].

Tujuan *flat-pack* adalah untuk mempermudah transportasi dan biayanya. Karena bentuknya yang hemat volume memungkinkan tidak adanya sisa ruang ketika ditumpuk dalam jumlah banyak pada proses pengiriman sehingga meminimalisir biaya

transportasi. Sistem ini juga dapat mengurangi produksi gas emisi pada transportasi pengiriman seperti kapal, pesawat, mobil, dan lain-lain, karena dalam sekali pengirimannya dapat mengirim dalam jumlah banyak akibat volume *flat-pack* yang minimum. Dengan sistem pembungkusan yang seperti ini membuat desain bangunan prefabrikasi yang direncanakan menjadi lebih *sustainable* [10].

Keuntungan lain dari pembungkusan *flat-pack* IKEA adalah proses pemasangan yang dapat dilakukan mandiri karena konstruksi desainnya tidak memerlukan perangkat yang sulit dioperasikan seperti bor, gergaji, dan lain-lain yang biasanya hanya bisa dioperasikan oleh orang yang berpengalaman. Juga, karena desain produk dalam *flat-pack* berupa potongan-potongan, maka lebih fleksibel untuk dikonstruksikan secara mandiri, karena tidak terlalu berat atau terlalu besar. Apalagi IKEA telah menyediakan buku manual dan perangkat sederhana seperti obeng dan sekrup yang berguna untuk membantu proses pemasangan di dalam kardus *flat-pack*nya [10].

Konklusi desain: Melalui deskripsi di atas dapat disimpulkan bahwa konsep praktis akan semakin terwujud jika proses transportasi struktur-struktur prefabrikasinya terinspirasi dari sistem *flat-pack*. Sedangkan untuk membahas aspek dari konsep *sustainable*-nya akan dibantu dengan tabel karena pembahasannya cukup luas, yaitu sebagai berikut, lihat (tabel 1):

Sustainability	Ya/Tidak	Bagaimana?
Environment	Ya	Tidak menggunakan gabus dalam mengisi rongga kardus, Volume barang yang minim memungkinkan pengiriman barang yang lebih banyak dalam sekali jalan sehingga mengurangi gas emisi transportasi pengiriman.
Economic	Ya	Biaya jasa transportasi pengiriman lebih hemat karena volume barang yang minim,

		Memungkinkan pembeli untuk membawa pulang sendiri struktur-struktur prefabrikasi tanpa biaya transportasi.
Social	Ya	Memungkinkan pemasangan struktur secara pribadi dengan sistem penyambungannya yang didesain sederhana.

Tabel 1. *Review sustainability* desain *Flat-pack* IKEA

- Inovasi konstruksi prefabrikasi (Brikawood)

Permasalahan lain dalam mengimplementasikan teknik prefabrikasi ini menurut literatur [5] adalah kurangnya teknologi yang tersedia di negara berkembang yang kurang mengenal istilah konstruksi prefabrikasi seperti Indonesia[5]. Sehingga tenaga kerja yang ahli dalam bidang prefabrikasi pun kurang. Hal ini mengakibatkan lebih besar persentase terjadinya kecelakaan dalam proses pembangunannya. Kecelakaan yang terjadi pada produk prefabrikasi juga lebih tinggi persentasenya dibanding di negara maju. Akibatnya bangunan prefabrikasi yang berusaha diciptakan menjadi kurang panjang umur, sehingga bukan malah praktis ataupun *sustainable*, tetapi justru mempersulit manusianya yang harus membangun ulang. Hal ini juga dapat memperburuk lingkungan akibat puing-puing kerobohan yang sulit didaur ulang [5].

Contoh: performa yang kurang dari bangunan sistem prefabrikasi di Seria 111 pada 1988 Armenia saat terkena gempa bumi (gambar 1). Sedangkan (gambar 2) yang dibuat oleh para tenaga kerja yang menguasai sistem pembangunan prefabrikasi menunjukkan performa bangunan yang baik (tidak rusak) di lokasi yang sama[5].



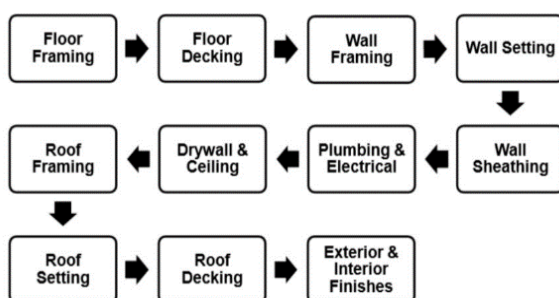
Gambar 1. Bangunan prefabrikasi roboh 1988, Armenia



Gambar 2. Bangunan prefabrikasi terlihat utuh 1988, Armenia

Untuk menghindari kegagalan akibat kurangnya teknologi yang memadai dan para tenaga kerja bangunan di Indonesia yang paham betul akan konstruksi prefabrikasi, alangkah lebih baiknya jika proses pembangunan konstruksi prefabrikasi dibuat sederhana dan mudah. Sederhana dan mudah artinya sesuai dengan skill dan teknologi yang ada di Indonesia pada umumnya sekarang, namun prefabrikasi tetap memiliki performa yang baik dan cocok untuk digunakan sebagai keseharian aktivitas manusia. Dengan begini, para tenaga kerja bangunan bisa dengan mudah memahami secara penuh cara menyelesaikan konstruksi prefabrikasi tanpa adanya potensi kegagalan di masa depan, karena teknik pembangunan prefabrikasi telah disesuaikan dengan skill dan teknologi mereka saat ini.

Hal ini berpengaruh terhadap segmen-segmen desain yang dibuat di pabrik. Untuk menghindari kegagalan teknis akibat teknologi yang tidak sesuai, diperlukan inovasi desain segmen-segmen konstruksi prefabrikasi yang sederhana sehingga tidak membutuhkan teknologi tinggi. Berikut adalah data lapangan yang telah ditemukan sebagai contoh inovasi desain sederhana tersebut (gambar 2-8) (sumber= www.brikawood-ecologie.fr [11]) sesuai dengan penyusunan terstruktur bangunan prefabrikasi berdasarkan data penelitian [3] (gambar 1):



Gambar 1. Proses penyusunan prefabrikasi



Gambar 3. Floor decking



Gambar 4. Wall framing



Gambar 5. Wall setting & sheathing



Gambar 6. Drywall & ceiling



Gambar 7. Roof framing & setting



Gambar 8. Roof decking & finishes

Detail konstruksi lihat (gambar 9 & 10) [11]:



Gambar 9. Sekrup



Gambar 10. Joints

Menurut (Gambar 1) seharusnya ada proses *plumbing & electrical* dalam proses penyusunan prefabrikasi, namun dari sumber Brikawood tidak terekspos proses tersebut. Namun penulis telah berkomunikasi secara online melalui *e-mail* dengan tim Brikawood, dan dipastikan bahwa Brikawood bisa menyediakan dan memasang setiap kebutuhan sebuah rumah prefabrikasi hingga siap huni termasuk *plumbing & electrical*. Bukti-bukti nyata juga disebarkan oleh Brikawood melalui instagramnya (@Brikawood_).

Selain tidak membutuhkan teknologi tinggi, tentu desain bangunan prefabrikasi seperti ini tidak membutuhkan skill khusus untuk dikerjakan. Selain itu, Brikawood juga menyatakan di websitenya (www.brikawood-ecologie.fr) beberapa pernyataan mengenai produk mereka, seperti [11]:

- Kokoh dan tahan guncangan
- Anti rembes
- Menggunakan spesies kayu kelas 3, Douglas Fir. Tidak

memerlukan perawatan kimia, untuk menghindari kualitas kayu yang menurun, digunakan *hard linseed oil* atau cat warna yang berbahan dasar *hard linseed oil, fish oil*, atau cat pewarna berbahan alami.

- Adanya jaminan kualitas kayu selama 30 tahun (*30 years warranty*) dengan syarat tanpa adanya pengaplikasian lain pada kayu selain pengaplikasian yang dari Brikawood.
- Merupakan bangunan pasif

Konklusi desain: Dari pembahasan desain Brikawood di atas terdapat 2 hambatan prefabrikasi yang belum bisa dibuktikan dapat teratasi, yaitu bahwa tiap sendi konstruksi kuat dan anti rembes. Meskipun Brikawood menuliskan pada website-nya bahwa sendi dari konstruksi Brikawood anti guncang dan anti rembes, tapi inovasi desain ini merupakan prefabrikasi modular panel system, di mana pengerjaannya dilakukan *on-site*. Sehingga lebih berpotensi gagal daripada konstruksi yang dikerjakan *off-site*.

Kesimpulan ini berdasarkan pada data [1] yang menuliskan bahwa hal ini menyangkut pembahasan mengenai kualitas prefabrikasi. Konstruksi yang dikerjakan *on-site* lebih berpotensi gagal dari pada konstruksi yang dikerjakan *off-site* (di pabrik). Konstruksi yang dikerjakan *off-site* contohnya adalah prefabrikasi *volume element system*. Hal ini dikarenakan konstruksi yang dikerjakan *on-site* memiliki lebih banyak sendi yang dikerjakan oleh tangan manusia. Sedangkan konstruksi yang dikerjakan *off-site* memiliki sedikit sendi, karena sebagian besar penyambungannya sudah dibuat paten oleh mesin [1].

Sehingga dapat dikatakan bahwa desain prefabrikasi seperti milik Brikawood bisa jadi adalah desain yang kokoh dan anti rembes, tetapi agar terpercaya sesuai fakta perlu dilakukan percobaan secara langsung agar dapat terbukti jika desain inovasi ini memang memiliki sendi yang kuat dan anti rembes agar dapat dipastikan jauh dari kegagalan.

Namun selain itu, setelah melalui pembahasan mengenai produk prefabrikasi Brikawood di atas,

dapat dinyatakan bahwa desain Brikawood mendukung konsep praktis dalam mewujudkan prefabrikasi. Sedangkan untuk konsep *sustainability*-nya akan dibahas pada tabel *review* (tabel 2) berikut:

Sustainability	Ya/ Tidak	Bagaimana?
Enviroment	Ya	Mengurangi polusi suara, Mudah diubah dengan limbah minimum.
Economic	Ya	Hemat biaya jasa pemasangan.
Social	Ya	Pengerjaan cepat, Keselamatan pekerja lebih terjamin, Lebih mudah diubah, Setiap orang bisa mengerjakan pembangunan ini.

Tabel 2. *Sustainability Review* desain prefabrikasi Brikawood

KESIMPULAN

Indonesia sudah seharusnya mengembangkan teknik konstruksi baru. Prefabrikasi bisa menjadi salah satu pilihan yang tepat untuk dikembangkan di Indonesia. Teknik konstruksi ini pada dasarnya bersifat fleksibel untuk disesuaikan melalui segi desain dan sistem konstruksinya. Hal ini sekaligus sangat bermanfaat mengingat bahwa tiap negara memiliki keterbatasannya masing-masing dalam mewujudkan prefabrikasi. Setelah melalui pembahasan panjang di penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa ide-ide desain prefabrikasi yang seperti dibahas di penelitian ini, berpotensi untuk bisa diwujudkan di Indonesia. Baik desain pembungkusan produk, maupun sistem konstruksi prefabrikasinya sendiri. Hal ini adalah sebagai hasil dari mengubah hambatan-hambatan untuk mewujudkan prefabrikasi di Indonesia menjadi asset, asset tersebut yaitu kepraktisan dan *sustainability* yang lebih lagi. Sehingga pada akhirnya, Indonesia tidak perlu memikirkan akan hambatan-hambatan dalam mewujudkan

prefabrikasi di Indonesia lagi, karena dengan inovasi desain prefabrikasi yang disarankan di *paper* ini telah membantu mengeliminasi hambatan-hambatan tersebut dari berbagai aspek sehingga tidak dijumpai saat ingin mewujudkan prefabrikasi di Indonesia. Untuk lebih jelasnya, lihat tabel. 3:

Hambatan-hambatan Prefabrikasi	Berhasil diubah atau tidak	Menjadi/deskripsi
Kesulitan transportasi pengiriman struktur-struktur prefabrikasi	Berhasil	Inovasi desain pembungkusan produk manufaktur prefabrikasi yang praktis dan <i>sustainable</i> memudahkan transportasi dan tidak memerlukan <i>crane</i> .
Struktur berukuran besar harus menggunakan <i>crane</i>	Berhasil	
Memerlukan tenaga kerja dengan skill spesial	Berhasil	Inovasi sistem konstruksi prefabrikasi yang praktis dan <i>sustainable</i> memungkinkan tidak diperlukannya tenaga kerja dengan skill spesial
Tiap sendi harus kokoh	Tidak	Belum ada bukti
Tiap sendi harus presisi	Tidak	Belum ada bukti

Tabel 3. Potensi inovasi desain prefabrikasi yang telah disarankan

Namun meskipun begitu, ide-ide desain prefabrikasi tersebut masih belum bisa mengeliminasi total 2 hambatan, yaitu terciptanya konstruksi yang kokoh, dan konstruksi yang presisi agar anti rembes. Karena inovasi desain yang tertera di penelitian ini merupakan hasil dari data lapangan (Brikawood (Perancis)), sehingga sang peneliti belum memiliki kesempatan untuk melakukan uji coba pada produk prefabrikasinya secara langsung. Meskipun pihak Brikawood

menyatakan bahwa inovasi prefabrikasi tersebut memiliki berbagai macam kualitas seperti kokoh dan anti rembes, tapi perlu diadakan percobaan secara langsung agar dapat menghasilkan gagasan yang pasti sebagai bukti bahwa inovasi desain prefabrikasi seperti milik negara Perancis tersebut memang sesuai adanya dengan yang dikatakan.

Pada intinya prefabrikasi memungkinkan untuk diwujudkan di Indonesia. Namun perlu terus dilakukan penelitian agar kemungkinan terwujudnya prefabrikasi di Indonesia dapat meningkat. Dari penelitian ini telah membuktikan beberapa hal yang dalam aspek ilmu teori. Namun, diperlukan perluasan penelitian dalam bidang terapan, sehingga dapat mempraktekkan secara nyata mengenai rekomendasi inovasi prefabrikasi yang telah dibahas.

DAFTAR PUSTAKA

- Referensi dari buku

- [1] R.Smith. *Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction.*, Wiley, 2010, page 90-91.

- Referensi dari artikel jurnal

- [2] Alireza Baghchesaraei, Omid Reza Baghchesaraei. "Using Prefabrication Systems in Building Construction", *International Journal of Applied Engineering Research.*, Vol. 10 no.24, pp. 44258-44262. 2015.
- [3] Alagbe O.A, Aina-Badejo T.F. "Exploring Prefabricated Construction Principles for Smart and Fast Housing Delivery in Abuja, Nigeria", *International Journal of Applied Engineering Research.*, Vol. 8 Issue 06. 2019.
- [4] Carlo Ponti Medra Putra, Ratna Safitri. "Kajian Arsitektur Prefabrikasi dan Proses Konstruksi pada Bamulogy Mansion", *Seminar Nasional Teknologi Fakultas*

Teknik Universitas Krisnadwipayana., Jakarta, 2019.

- [5] Omid Reza Baghchesaraei, Hosseini Lavasani, Alireza Baghchesaraei. "Behaviour of Prefabricated Structures in Developed and Developing Countries", *Bulletin de la Societe des Sciences de Liege.*, Vol. 85, p.1229-1234. 2016.

- [6] Abhishek K. Taware, Akshaya A. Taware. "Prefabrication, Sustainable Technique in Building Construction", *Resincaap International Journal of Science & Engineering.*, Vol. 1, Issue 2. 2017.

- Referensi dari disertasi

- [7] H. Xue, S. Zhang, Y. Su, Z. Wu. "Factors Affecting the Capital Cost of Prefabrication" : a case study of China. 24 Agustus 2017.

- Referensi dari conference paper

- [8] Tharaka Gunawardena, Tuan Duc Ngo, Priyan Mendis, Lu Aye. "Sustainable Prefabricated Modular Buildings". Presented at 5th International Conference on Sustainable Built Enviroment. Kandy, Sri Lanka. 2014.
- [9] M.T. Gorgolewski, Ph.D. "Prefabrication and Sustainability in UK Housing", *ASHRAE*. 2004.

- Referensi dari Websites

- [10] Daniel Dasey. "Thinking Outside the Box" Internet: https://m.ikea.com/ms/en_KR/this-is-ikea/ikea-highlights/Flat-packs/index.html 2016 [Nov. 29, 2020].
- [11] Brikawood. "Ecologie Ingenierie" Internet: <https://www.brikawood-ecologie.fr/> [Nov. 29, 2020].