

BAB V

LANDASAN TEORI

5.1 Pengertian Prefabrikasi

Prefabrikasi adalah suatu metode yang lahir dari sebuah proses kehidupan, pemikiran, perkembangan social dan ekonomi serta teknologi. Dalam dunia arsitektur dan konstruksi, metode prefabrikasi adalah suatu cara membangun yang mudah untuk dipahami secara konsep dan tidak sulit untuk diterapkan secara teknik. Prefabrikasi dapat meminimalisir segala sesuatu dalam tahap konstruksi, baik itu dari tenaga untuk membangun dan durasi pelaksanaan konstruksi, sehingga segala sesuatu berjalan dengan efektif dan efisien. Prefabrikasi memiliki perbedaan dengan konstruksi cepat bangun yang dapat berpindah-pindah atau *transportable architecture* walaupun memiliki kesamaan sifat. Prefabrikasi memiliki keuntungan yaitu konstruksi yang efektif dan efisien mungkin di lapangan hingga selesai.

5.1.1 Prefabrikasi dan Arsitektur

Dari segi arsitektur, bangunan prefabrikasi tidak dapat terlepas dari permasalahan yaitu kebutuhan dan tujuan awal. Dalam menerapkan sebuah bangunan prefabrikasi sebagai hunian, perlu adanya sebuah pemahaman terhadap hunian. Pemahaman mengenai hunian digambarkan secara sederhana oleh Robert Kronenberg (dalam Amalia, 2008) dalam bahasannya yang berkaitan dengan teknologi, "*A house is not operated, it is inhabited*"

5.1.2 Prefabrikasi dan Teknologi

Dalam prefabrikasi, teknologi meliputi sistem konstruksi, material, dan transportasi. Beberapa sistem konstruksi prefabrikasi yang ada hingga saat ini antara lain:

1. Panel 2x4
2. Rangka kayu CNC (*CNC Timber Framing*)
3. Beton (Concrete systems)
4. Rangka baja (*Steel Framing*)
5. Panel Sandwich
6. Sistem modular

5.2 Sistem *Knock Down*

Teori tentang sistem prafabrikasi dengan konstruksi bongkar pasang harus mempertimbangkan beberapa hal dalam pembangunan, teori ini terdiri dari:

a. Teori sistem struktur

Pada sistem struktur menggunakan sistem campuran yaitu modulasi kolom, sistem dinding panel (bongkar pasang), sistem plat (untuk rumah yang berlantai)

b. Teori sistem peruangan

Sistem ini menggunakan dinding partisi yang berfungsi sebagai penyekat antara fungsi ruang dalam. Komponen lain yang digunakan adalah komponen pintu yang dapat dibongkar pasang untuk dipindahkan sesuai dengan kebutuhan ruang.

c. Sistem sambungan

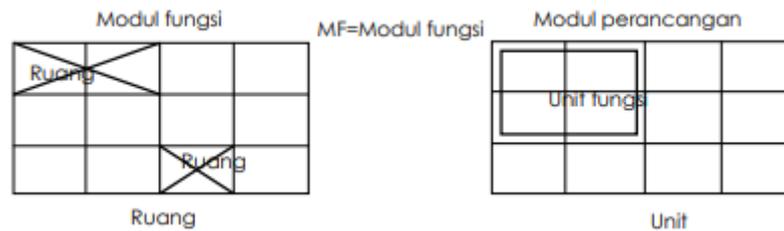
Metode yang digunakan dalam sistem sambungan prafabrikasi umumnya menggunakan sambungan baut.

d. Sistem modular

Sistem modular merupakan suatu dimensi antar bagian, sehingga didapat melalui dimensi yang bersistem. Pada bangunan rumah tinggal sistem modular dapat di aplikasikan sebagai modul pembentuk yang diusahakan dengan bilangan bulat agar dapat membentuk ruang yang lebih fleksibel. Ruang fleksibel yang terbentuk melalui beberapa unit tertentu misalnya modul 6 x 6 dapat digunakan sebagai seluruh unit hunian. Sistem modular merupakan sistem koordinasi dimensional yang memiliki tujuan untuk menyederhanakan variabel dimensi dari sebuah bangunan. Prinsip yang dihasilkan dari sistem modular adalah mencari sebuah ukuran standar yang bisa mengkoordinie dimensi-dimensi lain pada fungsi bangunan yang sama, mengingat fungsi yang sama selalu menuntut dimensi yang sama (Astutiek 1996 dalam Akhmad dkk, 2008). Dasar dari sistem koordinasi modul adalah modul yang didasarkna pada tubuh manusia dan arah gerakanya.

➤ Modul Fungsi

Modul fungsi dan modul perancangan diilustrasikan pada gambar berikut.



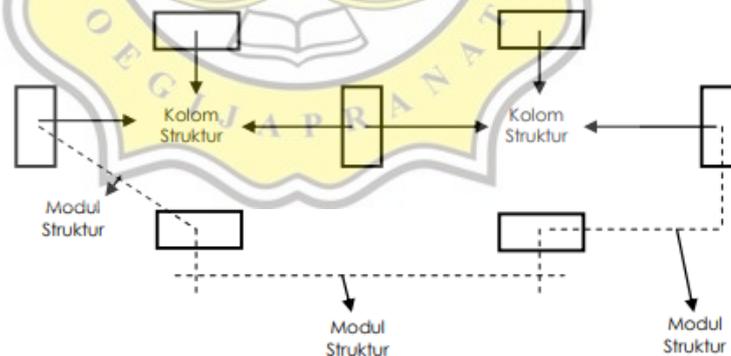
Gambar 5.1 Modul Fungsi dan Modul Perancangan

Sumber: Junal SMARTek, 2008

➤ Modul Struktur

Menurut Atutiek 1996 (dalam Akhmad dkk, 2008) besaran modul struktur didasari pada:

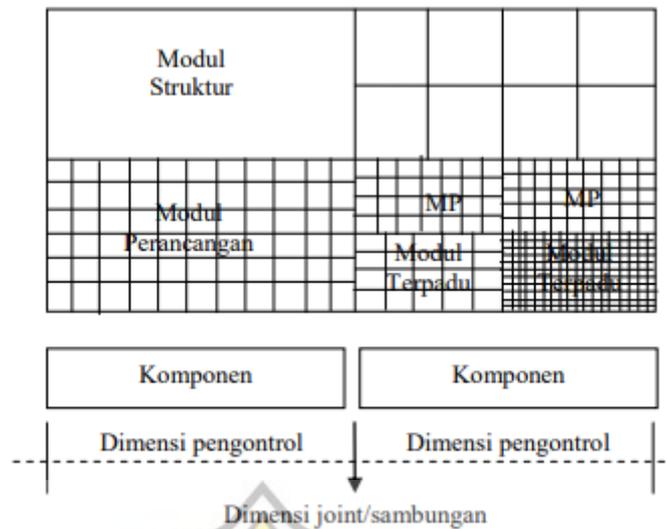
- Sistem struktur yang akan digunakan, seperti struktur rangka, panel dan sebagainya.
- Pembebanan/luas lantai.
- Bentangan efektif yang akan diaplikasikan, hal seperti ini sangat penting terutama bagi bangunan yang menggunakan bentangan besar dalam contoh kasus seperti bangunan yang berlantai banyak.
- Disesuaikan dengan modul perancangan.



Gambar 5.2 Besaran Modul Struktur

Sumber: Junal SMARTek, 2008

- Multi modul yang terpakai, dasar sistem ini sebagai dimensi pengontrol yang diterapkan pada hubungan struktur/sambungan/*cross joint* antar komponen bangunan yang meliputi dimensi panjang, lebar, dan tinggi serta komponen itu sendiri



Gambar 5.3 Konsep Multi Modul Terpakai

Sumber: Junal SMARTek, 2008

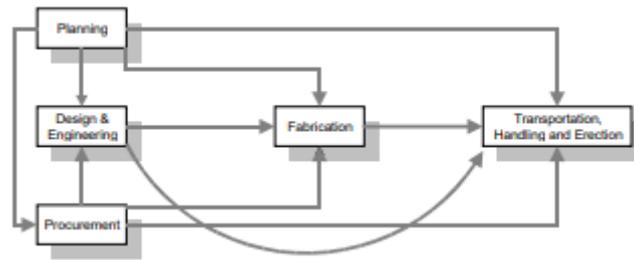
5.3 Pengertian Sistem Modular

- Sistem modular adalah metode pelaksanaan pembangunan dengan memanfaatkan material atau komponen fabrikasi yang dibuat di luar lokasi proyek atau di dalam lokasi proyek namun perlu disatukan lebih dulu antara komponennya (*erection*) ditempat yang seharusnya/posisi dari komponen tersebut (Tatum 1987 dalam Ade dkk 2018).
- Hesler (dalam Wulfram, 2008) menyatakan bahwa sistem modular memiliki keunggulan *construcability* yang berdampak pada efisiensi kerja, jumlah pekerja, kualitas dan produktivitas.

5.3.1 Proses Penerapan Sistem Modular

Pelaksanaan pembangunan proyek yang menerapkan sistem modular akan mengikuti tahapan sebagai berikut:

1. *Planning*
2. *Design and engineering*
3. *Procurement*
4. *Fabrication*
5. *Transportation, handling and erection*



Gambar 5.4 Pola Pelaksanaan Sistem Modular

Sumber: Jurnal Potensi Penggunaan Sistem Modular Pada Proyek Konstruksi, 2008

Dibandingkan dengan metode konvensional pada umumnya, penerapan sistem modular membutuhkan interaksi dari berbagai kegiatan. Pola kerja sistem modular akan mengubah hubungan antar kegiatan yang semula bergantung pada metode konvensional menjadi saling bergantung.

5.3.2 Rumah Tinggal Modular

Koordinasi pada modular adalah sistem koordinasi dimensional dari berbagai bentuk bahan, komponen dan elemen bangunan di dalam sebuah bangunan yang berdasar pada modul dasar, multimodal dan submodul. Pengelompokan modul satuan pada sebuah hunian dapat menggunakan beberapa cara dalam menentukan ukurannya dan bahan modul yang dipertimbangkan pada bahan struktur, dinding partisi dan lantai pengisi. Arsitektur modular berfungsi memisahkan sambungan antara komponen yang ada pada sebuah bangunan. modularitas berarti menggunakan modul yang sama pada konfigurasi yang berbeda-beda.

Dalam pembangunannya modular dibagi menjadi dua bagian, yaitu

➤ **Permanent Modular Construction (PMC)**

PMC adalah sistem membangun dengan komponen prefabrikasi yang di rakit terikat menyatu dengan pondasi yang berbentuk permanen. Setiap komponen modular yang dibangun dapat dibentuk menyatu dengan bangunan yang lebih dulu sudah ada ataupun berdiri sendiri.

➤ **Bangunan Non-Permanen (Relokasi)**

Jenis ini dibangun dengan tujuan agar bangunan sementara yang dapat direlokasi tapi dengan fungsi yang normal seperti bangunan pada umumnya.

Bangunan jenis ini biasanya memiliki sambungan agar memudahkan perpindahan bangunan menggunakan roda yang bisa dilepas.

5.3.3 Sistem Modular Rumah Tinggal

Penerapan konsep teknologi konstruksi pada rumah modular adalah sebuah proses konstruksi pembangunan rumah tinggal yang efisien dalam manajemen waktu dan biaya konstruksi sehingga dapat meningkatkan kinerja dan inovasi para pelaku jasa konstruksi serta pencapaian kualitas dari fungsi bangunan yang dapat berkontribusi dalam menjaga lingkungan dengan meminimalisir pengotoran proyek lingkungan dari buangan limbah proyek akibat proses konstruksi yang berlangsung secara *on site*. Bentuk penerapan dari teknologi fabrikasi rumah modular yang coba diterapkan pada pembangunan rumah tinggal diantaranya sebagai berikut:

1. Desain dan spesifikasi teknis berasal dari pihak *owner*.
2. Dokumen desain dan spesifikasi teknis diterima oleh *workshop*, kemudian pihak *workshop* akan mengkaji terlebih dulu.
3. Di lokasi tapak, dilakukan konstruksi pondasi berdasarkan desain dan spesifikasi yang telah ditentukan.
4. Pada hari yang sama, proses konstruksi modular rumah dilaksanakan sepenuhnya di dalam *workshop* dari mulai dinding, atap, ME, interior hingga finising.
5. Pada saat pembuatan pondasi di tapak telah selesai, seluruh bagian unit rumah akan didistribusikan secara aman ke lokasi proyek.
6. Setibanya di site proyek, rumah modular dirakit oleh para pekerja profesional dan ahli mulai dari dinding hingga atap.
7. Selanjutnya bangunan yang telah selesai diserahkan terimakan kepada pihak *owner*.

5.4 Sistem Struktural Bangunan Tahan Gempa

Berdasarkan teori yang dikemukakan oleh Mangunwijaya (Prihatmaji, 2007), sebuah getaran yang dihasilkan saat terjadi gempa bumi terdiri dari:

1. Gelombang primary, memiliki getaran dan berhimpitan searah dengan arah rambatan gelombang.
2. Gelombang secondary, bergerak ke arah tegak lurus dengan arah rambatan

3. Gelombang large, sebuah gelombang yang berjalan pada permukaan tanah. Getaran gempa menghasilkan gaya inersia yang akan berpengaruh terhadap bangunan. Gaya inersia yang terjadi saat gempa merupakan gaya yang muncul akibat adanya percepatan gempa terhadap massa sebuah bangunan yang terdapat di atas permukaan tanah, gaya ini menyebabkan bangunan bergetar mengikuti arah getaran tanah dan mengalami gaya guling yang disebabkan oleh gaya berulang dan berbolak-balik.

Menurut Wangsadinata (dalam Dewi dkk, 2019) bangunan kayu memberikan reaksi terhadap gempa melalui sifat:

1. Fleksibilitas, yaitu kekakuan dan keliatan dari unsur atau sambungannya yang membentuk keliatan;
2. Redaman & stabilitas, kemampuan friction dan pegas sebagai bentuk penyerapan getaran untuk memberikan perlawanan terhadap gaya inersia;
3. Elastisitas & daktilitas, merupakan kemampuan sebuah bangunan melakukan deformasi plastis tanpa runtuh.

Persyaratan yang harus dipenuhi pada struktur bangunan tahan gempa berdasarkan *Applied Technology Council* (Rekayasa Gempa 2019 dalam Dewi dkk, 2019) antara lain:

1. Keutuhan struktur bangunan, ketika terjadi gempa ringan struktur yang ada pada bangunan tetap dalam kondisi utuh serta tidak mengalami kerusakan.
2. Toleransi kerusakan komponen non-struktural, ketika terjadi gempa sedang, komponen non-struktural yang merupakan bagian dari struktur bangunan masih ditoleransi mengalami kerusakan, namun untuk komponen structural tetap dalam kondisi yang utuh.
3. Toleransi kerusakan structural dan non-struktural, ketika terjadi gempa kuat maka komponen non-struktural serta komponen structural yang berasal dari sistem struktur masih diberikan toleransi kerusakan, akan tetapi struktur bangunan keseluruhan tetap dalam kondisi utuh dan tidak boleh runtuh.

5.4.1 Kaidah Tahan Gempa Pada Bangunan

Perancangan bangunan tahan gempa memiliki kaidah-kaidah yang harus dipenuhi, antara lain:

1. Bentuk dari denah bangunan sederhana dan simetris,
2. Keteraturan susunan dan bidang simetris dinding-dinding partisi dalam bangunan,
3. Keterikatan antara bidang dinding dengan dinding yang lain atau bidang dinding yang terikat pada kolom,
4. Menggunakan material ringan pada konstruksi atap,
5. Kekuatan terhadap rangka kuda-kuda atap bertumpu pada dinding maupun balok sebagai tumpuan,
6. Letak pondasi berada pada tanah padat dan rata,
7. Terdapat balok pengikat antara kolom dan dinding,
8. Terdapat balok sebagai pengkaku tersambung dengan bidang dinding dan tiang,
9. Memiliki perkuatan pada kolom dan balok cincin,
10. Terdapat pengait antara dinding dan tiang.

5.5 Durasi Radiasi Matahari

Radiasi dari matahari adalah penyebab sifat iklim, radiasi sangat berpengaruh dalam kehidupan manusia. Kebutuhan efektifnya ditentukan oleh:

- Energy radiasi (insolasi) matahari.
- Pemantulan oleh permukaan bumi.
- Bekurangny radiasi karena penguapan.
- Arus radiasi di atmosfer, kesemuanya membentuk keseimbangan di muka bumi.

Pengaruh dari radiasi matahari ditentukan oleh durasi, intensitas dan sudut jatuh. Faktor pengaruh radiasi ini perlu mendapat perhatian dalam perancangan sebuah bangunan.

1. Durasi, Intensitas Radiasi dan Sudut Jatuh

Matahari memiliki penyinaran maksimum mencapai 90% tergantung pada musim, garis lintang, geografis tempat pengamatan dan kerapatan awan. Durasi penyinaran dapat diukur dengan orogral sinar matahari “forografis dan thermos elektrik”. Daerah tropis memiliki durasi remang pagi dan sore yang pendek. Jika semakin jauh dari khatulistiwa, durasi remang akan semakin panjang.

2. Kesilauan

Pantulan dan intensitas cahaya matahari adalah gejala dari iklim tropis. Cahaya yang masuk terlalu kontras dan kuat sehingga dirasakan kurang menyenangkan. Daerah tropis memiliki perbedaan mendasar antara daerah tropis basah dan tropis kering. Perbedaan dari keduanya adalah bidang pemantulan dari cahaya yang masuk. Tropis kering pantulan terjadi pada bidang tanah atau bangunan. Sedangkan di tropis basah yang kelembapannya tinggi dapat menimbulkan efek silau pada langit.

3. Temperatur

Daerah khatulistiwa adalah wilayah yang paling panas karena menerima radiasi matahari terbanyak. Sebanyak 43% radiasi matahari dipantulkan kembali, 57% diserap (14% atmosfer dan 43% oleh permukaan bumi). Sebagian besar radiasi yang diserap dipantulkan kembali ke udara.

4. Presipitasi (Curah Hujan)

Curah hujan terbentuk oleh sublimasi uap air atau kondensasi. Presipitasi jatuh sebagai hujan, gerimis, hujan es, atau hujan salju, sedangkan dipermukaan bumi terbentuk embun atau embun beku. Pada daerah tropis presipitasi pada umumnya turun selama musim penghujan. Orientasi bangunan sebaiknya tegak lurus terhadap angin, untuk itu diperlukan perlindungan yang tepat karena hujan yang dibawa masuk oleh angin bisa menyusup ke dalam bangunan.

5. Kelembapan udara

Kadar suatu kelembapan udara dapat mengalami proses fluktuasi yang tinggi dan tergantung pada temperature udara. Jika semakin tinggi temperature semakin tinggi juga kemampuan udara untuk menyerap air. Kelembapan absolut adalah besarnya kadar air di udara yang dinyatakan dalam gram/kilogram udara kering. Temperatur lembab adalah kondisi dimana temperatur kering diukur secara normal oleh kadar kelembapan udara. Informasi tentang kadar kelembapan udara sangat penting untuk menilai kecocokan terhadap suatu iklim, bila semakin tinggi kadar udara semakin sulit untuk iklim tersebut ditoleransi.

6. Gerakan Udara

Udara bergerak karena pemanasan lapisan-lapisan udara yang berbeda-beda, skalanya berkisar dari angin sepoi-sepoi hingga angin topan yang mencapai kekuatan 0 sampai 12 (skala Beaufort). Angin yang diinginkan adalah angin lokal sepoi-sepoi yang memperbaiki iklim makro mempunyai efek khusus dalam perencanaan. Udara yang bergerak pada permukaan tanah berbeda dengan udara yang bergerak di tempat yang tinggi. Semakin kasar suatu permukaan tanah yang dilalui udara maka semakin tebal lapisan udara yang tertinggal di dasar sehingga menghasilkan perubahan pada arah dan kecepatan udara.

