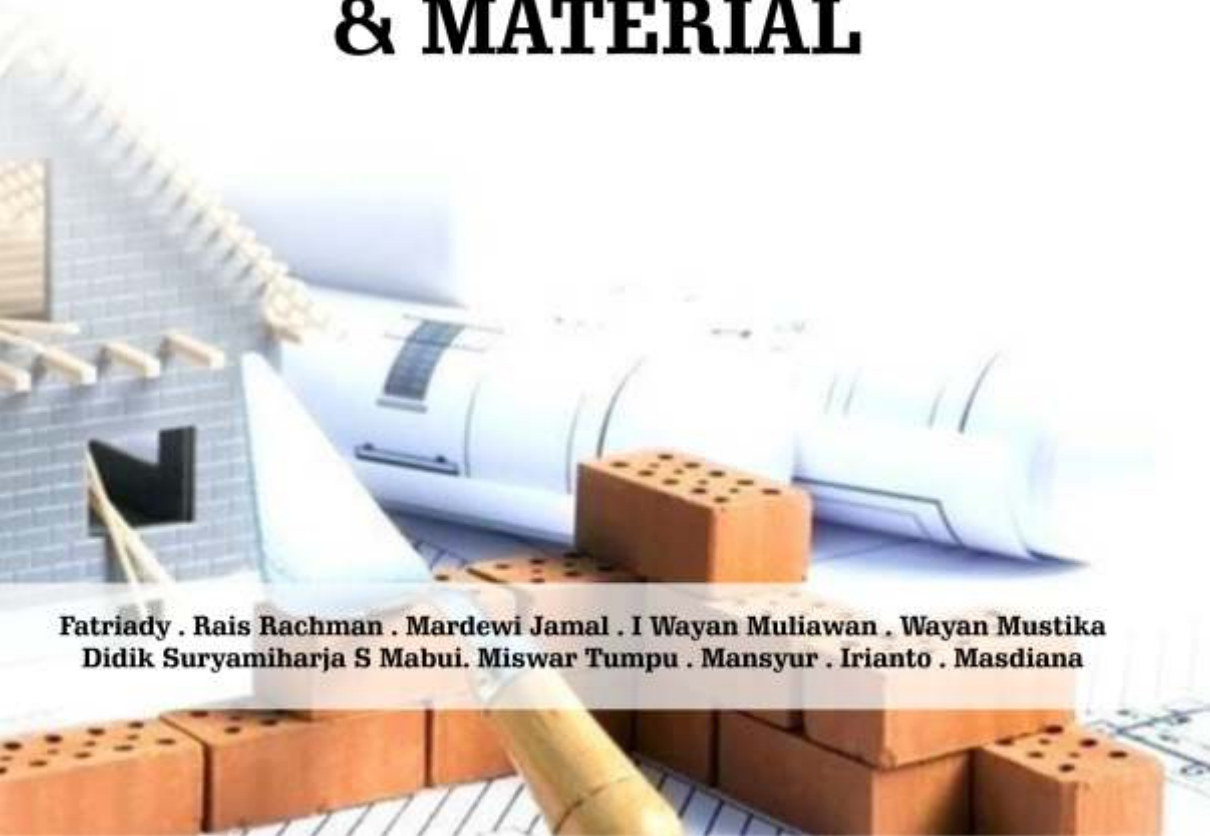


**TOHAR MEDIA**



# **TEKNOLOGI BANGUNAN & MATERIAL**



**Fatriady . Rais Rachman . Mardewi Jamal . I Wayan Muliawan . Wayan Mustika  
Didik Suryamiharja S Mabui. Miswar Tumpu . Mansyur . Irianto . Masdiana**

# TEKNOLOGI BANGUNAN DAN MATERIAL

## **Penulis :**

Fatriady MR  
Rais Rachman  
Mardewi Jamal  
I Wayan Muliawan  
Wayan Mustika  
Didik Suryamiharja S Mabui  
Miswar Tumpu  
Mansyur  
Irianto  
Masdiana

## **Editor**

Sri Gusty  
Meny Sriwati

PENERBIT

# TOHARMEDIA

# Teknologi Bangunan dan Material

**Penulis :**

Fatriady MR, Rais Rachman, Mardewi Jamal, I Wayan Muliawan, Wayan Mustika, Didik Suryamiharja S Mabui, Miswar Tumpu, Mansyur, Irianto, Masdiana.

**Editor :**

Sri Gusty, Meny Sriwati

**Isbn :**

978-623-5603-07-0

**Desain Sampul dan Tata Letak**

Ai Siti Khairunisa

**Penerbit**

CV. Tohar Media

**Anggota IKAPI No. 022/SSL/2019**

**Redaksi :**

JL. Rappocini Raya Lr 11 No 13 Makassar

JL. Hamzah dg. Tompo. Perumahan Nayla Regency Blok D No.25 Gowa

Telp. 0852-9999-3635/0852-4353-7215

Email : [toharmedia@yahoo.com](mailto:toharmedia@yahoo.com)

Website : <https://toharmedia.co.id>

**Cetakan Pertama September 2021**

**Hak Cipta dilindungi undang-undang.** Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik termasuk memfotocopy, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

**Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta**

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak **Rp. 5.000.000.000,00 (Lima Miliar Rupiah)**
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat 1, dipidana paling lama 5 (**lima tahun**) dan/atau denda paling banyak **Rp. 500.000.000,00 (Lima Ratus Juta Rupiah)**

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat-Nya sehingga penyusunan buku “Teknologi Bangunan dan Material” ini dapat terselesaikan sehingga masyarakat, akademisi dan mahasiswa khususnya bidang Teknik Sipil dapat memanfaatkannya sebagai referensi materi dalam perkuliahan.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang konstruksi terkait material bangunan mengalami kemajuan signifikan. Banyak ditemukan inovasi terbaru mengenai material bangunan yang unik. Perlu digarisbawahi, inovasi ini tidak selalu tentang menciptakan teknologi atau bahan baru, melainkan juga pengembangan dan eksperimen dari material yang sudah ada. Pemilihan bahan bangunan yang ramah lingkungan sebaiknya dibarengi dengan pemanfaatan teknologi bangunan yang efektif dan efisien serta memenuhi kebutuhan masyarakat. Selain itu, pemilihan bahan / material yang tepat harus disesuaikan dengan kearifan lokal yang ada di lokasi pembangunan tersebut. Hal itu dikarenakan agar karakter bahan / material bangunan dapat terintegrasi dengan alam / lingkungan sekitar dan dirancang menggunakan pencahayaan alami serta efisien energi untuk keberlanjutan lingkungan, karena hakikat keberadaan manusia adalah keseimbangan baik antara manusia dengan lingkungan

Tim penulis sangat menyadari karena keterbatasan yang kami miliki sehingga buku ini masih mempunyai beberapa kelemahan. Untuk itu kritik serta saran dari rekan rekan akademisi sangat diharapkan guna memperbaiki kelemahan yang ada dan meningkatkan kualitas penyusunan buku selanjutnya. Tim penulis sangat megharapkan semoga informasi tentang teknologi bangunan dan material yang tertuang dalam pembahasan buku ini dapat bermanfaat.

Makassar, 12 September 2021

Tim Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Depan	_i
Halaman Penerbit	_ii
Kata Pengantar	_iii
Daftar Isi	_iv
<b>Bab 1. Teknologi Bahan Bangunan</b>	<b>_1</b>
1.1. Pendahuluan	_1
1.1.1. Topografi Indonesia	_2
1.2. Teknologi Rekayasa Bangunan Indonesia	_3
1.3. Teknologi Bahan Bangunan Indonesia	_7
1.4. Teknologi Green Building	_9
1.5. Penutup	_10
<b>Bab 2. Inovasi Teknologi Bahan Konstruksi</b>	<b>_11</b>
2.1. Pendahuluan	_11
2.2. Bahan Kostruksi Gedung	_12
2.2.1. Lumpur Sidoarjo (Lusi)	_13
2.2.2. Limbah Plastik	_16
2.3. Material Perkerasan Jalan	_18
2.4. Penutup	_20
<b>Bab 3. Bahan Baku Material dan Teknologi Bangunan</b>	<b>_23</b>
3.1. Pendahuluan	_23
3.2. Bahan Baku Material	_24
3.2.1. Batu Alam	_24
3.2.2. Agregat	_26
3.2.3. Bahan Perekat Hidrolis	_27
3.2.4. Logam	_28
3.2.5. Kaeramik	_29
3.2.6. Kayu dan Bambu	_29
3.3. Teknologi Bangunan	_33
3.3.1. Penentuan Posisi Bangunan dan Pengukuran	_33

3.3.2. Pekerjaan Tanah	_35
3.3.3. Pemadatan Tanah dan Stabilitas Tanah	_35
3.3.4. Pekerjaan Beton	_37
3.3.5. Tiang Pancang dan Alat Pancang	_40
3.4. Penutup	_44
<b>Bab 4. Aplikasi Material Pada Bangunan Modern</b>	<b>_44</b>
4.1. Pendahuluan	_45
4.2. Material	_46
4.3. Bangunan Modern	_47
4.3.1. Bangunan Model Minimalis	_48
4.3.2. Bangunan Model Eropa	_49
4.3.3. Rumah Gaya Eropa	_50
4.3.4. Bangunan Model Mediterania	_52
4.4. Penutup	_54
<b>Bab 5. Inovasi Teknologi Beton</b>	<b>_55</b>
5.1. Pendahuluan	_55
5.2. Inovasi Teknologi Beton Untuk Pembangunan Insfratraktur	_56
5.2.1. Inovasi Teknologi Beton Untuk Pembangunan Insfrastruktur	_56
5.2.2. Inovasi Teknologi Beton Mutu Tinggi	_58
5.2.3. Inovasi Teknologi Beton Serat	_61
5.2.4. Inovasi Teknologi Beton Polimer	_62
5.3. Penutup	_66
<b>Bab 6. Teknologi Bahan Pada Bangunan Bertingkat</b>	<b>_65</b>
6.1. Pendahuluan	_65
6.2. Teknologi bahan	_66
6.2.1. Teknologi Bahan Beton	_66
6.2.2. Teknologi Bahan Logam/ Baja Tulangan	_68
6.2.3. Perencanaan Struktur Gabungan	_69
6.2.4. Penerapan Struktur Gabungan	_70
6.3. Penutup	_72

<b>Bab 7. Teknologi Bangunan Tahan Gempa</b>	<b>_75</b>
7.1. Pendahuluan	_75
7.2. Dinding Geser Bukan Beton Bertulang	_79
7.3. Dinding Geser Rangka Kayu	_80
7.4. Dinding Geser Masonry	_85
7.5. Penutup	_87
<b>Bab 8. Material Dinding Non-Struktural</b>	<b>_89</b>
8.1. Pendahuluan	_89
8.2. Pengaruh Gempa Terhadap Non-Engineering Building	_97
8.3. Penutup	_101
<b>Bab 9. Material Lokal</b>	<b>_103</b>
9.1. Pendahuluan	_103
9.2. Material Lokal	_104
9.3. Eksplorasi Material	_106
9.4. Pemanfaatan Limbah Sebagai Material Lokal Bahan Bangunan	_108
9.5. Penerapan Material Lokal Pada Bidang Konstruksi	_110
9.6. Dampak Positif Pemanfaatan Material Lokal Untuk Bangunan	_112
9.7. Penutup	_113
<b>Bab 10. Material Prefabrikasi dan Metode Konstruksi</b>	<b>_115</b>
10.1. Pendahuluan	_115
10.1.1. Klasifikasi Mutu SNI Beton Pracetak	_116
10.1.2. Kelebihan dan Kekurangan Beton	_116
10.2. Material Prefabrikasi	_118
10.2.1. Bentuk Beton Pracetak	_119
10.3. Metode Konstruksi	_124
10.3.1. Sistem Koneksi Beton Pracetak	_125
10.4. Penutup	_131
<i>Daftar Pustaka</i>	<i>_133</i>

# **TEKNOLOGI BANGUNAN DAN MATERIAL**

Fatriady MR, Rais Rachman, Mardewi Jamal, Yusuf, I Wayan  
Muliawan, Wayan Mustika, Didik Suryamiharja S Mabui,  
Miswar Tumpu, Mansyur, irianto, Masdiana





# Bab 1

## Teknologi Bahan Bangunan

Fatriady MR  
Universitas Muhammadiyah Makassar

### 1.1 Pendahuluan

Ilmu Teknik Sipil merupakan bidang ilmu rekayasa konstruksi dalam memenuhi kebutuhan kehidupan manusia di dunia ini. Fenomena kehidupan hari demi hari semakin membutuhkan teknologi konstruksi modern dan tepat guna melalui rekayasa ilmu Teknik Sipil. Pertumbuhan penduduk meningkat menyebabkan meningkatnya kegiatan manusia dihadapkan pada keterbatasan lahan dan ruang, yang selanjutnya terjawab melalui rekayasa konstruksi bangunan pencakar langit. Mobilisasi manusia dan barang yang semakin besar serta membutuhkan efisiensi waktu menuntut berkembangnya infrastruktur transportasi yang mampu melayani secara efektif dan efisien, berkembanglah pembangunan bandara untuk transportasi udara, konsep tol laut Indonesia berkembang secara nasional, dan pemenuhan infrastruktur kereta cepat telah menjadi Proyek Strategis Nasional.

Bencana alam di permukaan bumi ini seperti bencana gempa bumi, bencana banjir, bencana longsor termasuk faktor utama yang harus diperhitungkan dalam rekayasa konstruksi untuk

menjaminakan pemenuhan kebutuhan konstruksi dan keamanan konstruksi yang akan dirasakan manusia. Problem kehidupan manusia yang disebabkan oleh kebutuhan hidup dan masalah bencana alam sangat membutuhkan analisis mekanika dalam melahirkan teknik bangunan dengan teknologi bahan bangunan yang tepat, memiliki kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*) dan stabilitas (*stability*) pada sistem strukturnya.

### 1.1.1 Topografi Indonesia

Di belahan bumi ini Indonesia secara astronomis berada pada koordinat  $95^{\circ}$  -  $141^{\circ}$  bujur timur dan  $6^{\circ}$  lintang utara -  $11^{\circ}$  lintang selatan. Kondisi ini secara real dirasakan masyarakat Indonesia pada pembagian 3 zona waktu (WIB, WITA, WIT). Kondisi astronomis ini pula menyebabkan dirasakan iklim tropis dengan curah hujan yang tinggi, menyebabkan iklim Indonesia tergolong panas dan lembab.



**Gambar 1.1.** Letak Astronomis Indonesia (Direktori File UPI)

Tinjauan geologi, negara kepulauan Indonesia terbagi ke dalam 3 zona mempertemukan tiga lempeng lithosfer:

1. Lempeng Asia, berada di sebelah selatan Indonesia dari arah tameng Asia di bawah permukaan laut Paparan Sunda.
2. Lempeng Indo-Australia, berada di bagian selatan dan barat Indonesia dari arah Samudera Hindia dan Australia.

3. Lempeng Dasar Samudera Pasifik, berada di dasar Samudera Pasifik bagian timur Indonesia.

Kondisi geologi Indonesia tentu berdampak pada aktivitas tektonik lempeng yang menyebabkan intensitas gempa yang tersebar di seluruh kawasan Indonesia. Secara topografi, Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari 17.000 pulau dengan karakteristik dataran yang berbeda-beda yaitu dataran rendah, dataran perbukitan, dan dataran pegunungan. Secara umum, kondisi geologi dan topografi ini wajib diperhatikan dalam konsep rekayasa bangunan di Indonesia.

## 1.2 Teknologi Rekayasa Bangunan Indonesia

### a. Gedung

Teknologi konstruksi bangunan tentu sangat erat dikaitkan dengan kemegahan bangunan, salah satunya dilihat pada pencapaian tinggi bangunan.



**Gambar 1.2.** Foto Gedung Megah Indonesia (kompas.com)

Data dari *The Council on Tall Buildings and Urban Habitat* (CTBUH), catatan peringkat Indonesia pada bangunan tertinggi di kancah dunia adalah di peringkat 86. Gedung itu adalah Autograph Tower yang berada di Kompleks Thamrin Nine, Jakarta Pusat. Total tinggi gedung mencapai 382,9 meter. Berikut adalah daftar gedung tertinggi di Indonesia hingga saat ini:

**Tabel 1.1.** Daftar Gedung Tertinggi di Indonesia

No	Nama Bangunan	Tinggi (m)	Lokasi
1	Autograph Tower	382,9	Kompleks Thamrin Nine, Jakarta Pusat
2	Gama Tower	285,5	Jln. HR. Rasuna Said Kavling C22.
3	Wisma 46	261,9	Jln. Jenderal Sudirman Kavling 1.
4	Menara Astra	261,5	Jln. Jenderal Sudirman Jakarta
5	Sahid Sudirman	258	Jln. Jenderal Sudirman Jakarta
6	Reffles Hotel	253.3	Jln. Prof. Dr. Satrio, Jakarta
7	The Pakubuwono Signature	252	Jln. Pakubuwono VI, Kebayoran Baru Jakarta
8	Sinarmas MSIG Tower	245	Jln. Jenderal Sudirman Jakarta

Sistem struktur bangunan tingkat tinggi di atas harus memperhatikan syarat kekakuan dan kekuatan. Gaya lateral dan beban gravitasi yang direncanakan memenuhi toleransi terjadinya deformasi geser horisontal dan lentur. *Council on Tall Buildings and Urban Habitat*, 1995 menyatakan “ Metode klasifikasi bangunan tinggi berdasarkan sistem struktur gedung itu, meliputi empat sub sistem konstruksi yaitu rangka, lantai, konfigurasi, dan distribusi beban. Menurut Drajdjat Hoedajanto STSi., M.Eng., PhD., AU-HAKI, 2019 bahwa ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur bangunan gedung:

1. Karakteristik dan perilaku material dan elemen struktur serta non struktur yang masih bersifat elastik pada kondisi beban layan;
2. Sistem struktur dan pondasi harus diutamakan yang terbaik;
3. Metode konstruksi harus mengikuti *code of practice* yang ada;
4. Wilayah gempa harus diperhatikan dan rencana bangunan harus berfungsi baik pada beban layan;
5. *Performance* bangunan yang harus diperhatikan adalah *Serviceability dan Life Safety*.

## **b. Lalu lintas**

Teknologi konstruksi bangunan pada infrastruktur lalu lintas menjadi kebutuhan utama untuk mendukung transportasi masyarakat dalam aktivitas sosial dan ekonomi. Secara teknik konstruksi dan visual kemegahan jembatan yang menghubungkan dua daratan menjadi ikon kemajuan infrastruktur lalu lintas di sejumlah wilayah di tanah air kita.

Salah satunya adalah jembatan suramadu yang melintasi Selat Madura menghubungkan dua daratan di Pulau Jawa yaitu Surabaya dan Madura tercatat dalam rekor jembatan terpanjang di Indonesia dengan total bentangan 5.438 meter yang terdiri dari 3 sub konstruksi yaitu jalan layang (*causeway*), jembatan penghubung (*approach bridge*), dan Jembatan Utama (*Main Bridge*).



**Gambar 1.3.** Jembatan Megah dan Terpanjang di Indonesia  
(Merdeka.com)

Mekanika konstruksi pada jembatan utama menarik kita ketahui, terdiri dari 2 buah pylon kembar dengan tinggi 140 meter, menggunakan *prestressed box girder*, dan lantai komposit *double plane* dengan sistem *cable stayed* pada bentang 192 m + 434 m + 192 m untuk spam jembatan utama, tentu konsep desain hingga pelaksanaan konstruksi di tengah laut ini membutuhkan rekayasa teknik yg kompleks. Transportasi massal Indonesia juga sementara dalam tahap pengembangan. Kereta cepat Jakarta – Bandung sepanjang 142,3 km akan menjadi teknologi transportasi massal pertama di kawasan Asia Tenggara dan belahan bumi bagian selatan.

Namun, mekanika teknik pada konsep pembangunannya harus mempertimbangkan kondisi geografis, iklim dan keadaan geologi sepanjang jalur Jakarta – Bandung. Teknologi sistem kontrol pencegahan, risiko dan keamanannya harus dipersiapkan untuk rencana kendali operasional.



**Gambar 1.4.** Kereta Api Cepat sebagai Teknologi Modernisasi Transportasi Massal (<https://kctic.co.id>)

PT. Kereta Cepat Indonesia – China (KCIC) pada pembangunan jalur kereta cepat Jakarta - Bandung menargetkan terowongan bawah tanah sebanyak 13 terowongan atau *tunnel*. Mekanika pelaksanaan selama konstruksi dan keselamatan operasionalnya membutuhkan rekayasa bahan bangunan lokal seperti yang termuat dalam Perpres No 3 Tahun 2016 Pasal 24 bahwa “mengutamakan penggunaan komponen dalam negeri”.

### 1.3 Teknologi Bahan Bangunan Indonesia

Program MP3EI (Master Plan Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia) menjadi dasar percepatan dan pemerataan pertumbuhan ekonomi di negara kita ini hingga tahun 2025. Tentunya pembangunan infrastruktur menjadi komponen utama untuk menunjang cita-cita bangsa yang sejahtera. Letak geografis Indonesia berdampak positif pada sebaran kandungan sumber daya alam untuk bahan baku industri dalam membuka lapangan kerja dan memiliki potensi pengembangan kapasitas produksi melalui teknologi.

Secara umum, teknologi beton menjadi material bangunan yang dinilai efektif dan efisien dalam konstruksi infrastruktur di Indonesia hari ini. Pada bidang konstruksi bangunan, Indonesia menjadi pengguna semen terbesar kedua setelah Vietnam di kawasan ASEAN. Komposisi bahan baku semen portland (*Portland Cement*) menunjukkan kebutuhan terhadap mineral calcareous ( $\text{CaCO}_3$ ) dibutuhkan lebih dari 75% yang terkandung pada batu gamping dan lempung yang tersebar di sejumlah



wilayah di Indonesia, seperti Kabupaten Bulungan Kalimantan Utara, Kabupaten Pasir Kalimantan Timur, Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Fak-fak dan Kabupaten Manokwari di Provinsi Papua Barat (Priyono, 2017; Halim, 2004; Kusdarto, 2003; Abdullah, 2003). Seiring pertumbuhan kebutuhan semen disebabkan oleh percepatan pembangunan maka peluang pengembangan industri semen di Indonesia juga sangat tinggi.

Teknologi pengembangan produksi semen terus berkembang, pemanfaatan material batu kapur, kerang dikombinasikan dengan tanah liat, slag, biji besi dan pasir silika mampu menghasilkan Semen Portland Komposit (PCC) dan Semen Portland Pozzolan (PPC) yang dapat digunakan pada pembangunan jalan dan jembatan. Pabrik semen di Indonesia tergabung dalam Asosiasi Semen Indonesia (ASI) telah tersebar di berbagai pulau di Indonesia kecuali Papua. Sistem pracetak pada teknologi beton menjadi konsentrasi pengembangan industri infrastruktur beton di Indonesia saat ini. Produksi beton mutu tinggi dengan nilai efektivitas dan efisiensi pelaksanaan telah banyak mewarnai rekayasa infrastruktur kita saat ini. Hanya saja penggunaan teknologi beton perlu dukungan material baja untuk mekanika bangunan yang kuat dan memiliki durabiliti yang tinggi. Indonesia sangat kaya bahan baku besi sebagai pemuat dan pendukung industri baja. Produksi baja lokal masih sangat rendah dibandingkan dengan kebutuhan nasional. Industri baja lokal masih kalah oleh produk baja impor baik dari segi kualitas maupun harga (Agus Gumiwang, 2020). Hal ini disebabkan oleh kelemahan teknologi industri baja di Indonesia.

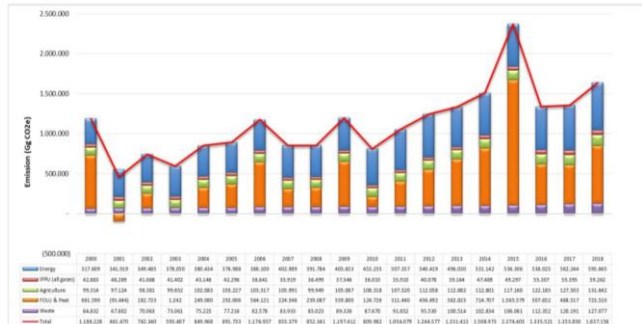
Mekanika desain gedung tinggi, jembatan panjang, jalur kereta cepat harus memperhatikan kondisi geoteknik dan risiko beban gempa yang akan sangat berpengaruh pada stabilitas konstruksi. Bangunan harus memiliki kapasitas struktur yang bertahan dalam guncangan. Tercatat pada sejumlah bencana

gempa di Indonesia, banyak ditemukan kegagalan bangunan dan menelan korban jiwa. Konsep *strong coloumn weak beams* pada gedung dan *strong beams weak coloumn* pada jembatan menjadi dasar desain untuk meningkatkan kinerja bangunan tahan gempa saat ini.

#### **1.4 Teknologi Green Building**

Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 menjadi kebijakan industri hijau di Indonesia. Indonesia sebagai salah satu negara peratifikasi Konvensi Kerangka Kerja Perubahan Iklim Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNFCCC) menunjukkan komitmen melakukan upaya menurunkan emisi gas rumah kaca dan aktif bergerak pada pencegahan perubahan iklim dengan menandatangani Perjanjian Paris di New York pada tanggal 22 April 2016. Indonesia dengan luas area hutan yang besar dinilai memegang kunci upaya penurunan gas rumah kaca. Ratifikasi Perjanjian Paris oleh Pemerintah Indonesia telah diterbitkan pada Undang-Undang No.16 Tahun 2016. Sebaran pembangunan terus berkembang di seluruh dunia termasuk Indonesia. Industri semen ternyata dinilai memberi dampak pada perubahan iklim dunia yang menyebabkan terjadinya pemanasan global dan efek rumah kaca (GRK). Boakye (2012) mengatakan selama produksi semen dan beton, emisi karbondioksida tinggi. Salah satu alasannya adalah proses pemanasan pada produksi semen. Pada tahun 2012 melalui Peraturan Menteri Perindustrian No. 12/M-IND/PER/1/2012 diterbitkan peta panduan pengurangan emisi CO<sup>2</sup> industri semen. Produksi semen portland saat ini mengoptimalkan semen portland pozzolan dan pada tahap pasca pembakaran ditambahkan bahan semen (*cementitious*) untuk meminimalisir energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan produksi semen dalam kemasan yang dapat menghasilkan GRK. Demikian juga dengan perkembangan riset material beton hingga bahan baku

semen terus berkembang pada pemanfaatan limbah industri dan perkebunan.



**Gambar 1.5** Emisi Gas Rumah Kaca 2000-2018 (Laporan Inventarisasi GRK dan MPV, 2019)

Grafik di atas dapat dilihat hasil perhitungan inventarisasi GRK secara nasional. Terlihat terjadinya lonjakan emisi GRK yang disebabkan oleh sejumlah sektor termasuk eksplorasi energi, industri dan limbah. Kontribusi teknologi bahan bangunan Indonesia akan berkontribusi nyata dalam penurunan emisi GRK sebagai wujud ramah lingkungan.

### 1.5 Penutup

Negara kita secara geografi kaya sumber daya alam yang tersebar di seluruh nusantara dan memiliki peluang pengembangan untuk produksi bahan bangunan yang unggul. Potensi ini sebaiknya dimanfaatkan dengan baik untuk memperoleh nilai tambah terhadap produk Indonesia. Teknologi industri dalam negeri kita harus dikembangkan, sejalan dengan pemenuhan kebutuhan pembangunan. Sistem inovasi antara industri, pemerintah sebagai pemberi kebijakan dan Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Dalam Negeri sangat dibutuhkan dalam pengembangan teknologi melalui pemanfaatan sumber alam secara terintegritas dan ramah lingkungan.

# Bab 2

## Inovasi Teknologi Bahan Konstruksi

Rais Rachman

Universitas Kristen Indonesia Paulus

### 2.1 Pendahuluan

Material bahan bangunan dalam dekade terakhir ini sangat berkembang, ini terlihat dari jumlah peneliti maupun ilmuwan mengeksplorasi pengetahuan di bidang material utama dalam pembangunan bidang infrastruktur. Salah satu instansi yang banyak memberikan sumbangsih adalah Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan pemukiman (PUSKIM). Berbagai konsep bahan bangunan yang dikembangkan oleh instansi ini yaitu pemanfaatan bahan-bahan yang sudah tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap lingkungan, sampai penggunaan lumpur. Dari inovasi ini dapat memberi kontribusi besar bagi efisiensi sumber daya dan mampu mengurangi sumber daya alam yang berlebih. Berbagai bahan konstruksi yang sering digunakan utamanya untuk pelaksanaan konstruksi di Indonesia baik sebagai bahan konstruksi gedung, maupun infrastruktur bidang ilmu teknik sipil bisa berupa kayu, logam maupun terbuat dari beton bertulang.

Pengklasifikasian penggunaan bahan konstruksi bangunan seperti kayu, baja dan beton dibagi dalam dua kategori yaitu bahan struktural yaitu bahan yang berfungsi untuk menopang suatu bangunan dan non struktural yang berfungsi untuk keperluan estetika ataupun arsitektural (Pawitro, 2018). Perkembangan teknologi bahan konstruksi pada saat sekarang ini, ditemukan bahan-bahan terbaru yang sesuai dengan karakteristik dan klasifikasi dan dapat dipergunakan untuk tujuan yang lebih maju. Bahan dari kayu pada saat ini dibuat dengan campuran partikel kayu, bahan beton dirancang lebih maju sehingga ditemukan bahan beton ringan yang dapat digunakan *finishing* maupun arsitektural.

Inovasi dari bahan bangunan dalam bidang konstruksi maka semakin terbuka kemungkinan aspek struktural maupun aspek arsitektural dapat tercapai.

Berbagai penelitian tentang inovasi bahan konstruksi dengan menggunakan bahan limbah seperti Lumpur Sidoarjo (Lusi) yang diolah menjadi beton ringan, *conblock*, *paving block*, batako dan genteng. Limbah Batu Bara (*Fly-Ash*) untuk komponen bangunan. Bata beton ringan dari *Residual Cracking Catalyst* (RCC). Sirap inovasi dari bambu. Selain itu inovasi bahan konstruksi jalan juga semakin berkembang dan telah dibuktikan dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan misalnya penggunaan limbah sebagai bahan substitusi lapisan perkerasan maupun pengganti material perkerasan jalan.

## **2.2 Bahan Konstruksi Gedung**

Mutu dari konstruksi bangunan sangat dipengaruhi oleh material-material yang digunakan, namun dalam pelaksanaan pekerjaan haruslah mengikuti spesifikasi yang telah ditetapkan. Selain itu efisiensi biaya juga dipengaruhi oleh pemilihan material-material yang digunakan. Oleh karena itu setiap bahan yang digunakan bertujuan untuk mendirikan bangunan sesuai

dengan tujuan. Inovasi bahan konstruksi terhadap bahan baku pembuatan bahan bangunan dalam industri bahan bangunan, selain menjaga unsur kualitasnya juga mempertimbangkan masalah efisiensi biaya. Inovasi ini banyak menggunakan limbah atau hasil buangan masyarakat.

### 2.2.1 Lumpur Sidoarjo (Lusi)

Bencana alam pada Kecamatan Porong Kabupaten Sidoarjo Provinsi Jawa Timur pada tahun 2006 menyebabkan endapan lumpur sampai mencapai jutaan meter kubik. Dari bencana tersebut banyak peneliti yang meneliti kandungan dari lumpur tersebut beberapa peneliti diantaranya, (Aristianto, 2006) dengan hasil pengujian menunjukkan kandungan lumpur Sidoarjo seperti pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Kandungan Kimia Lumpur Sidoarjo

Nama Material	Kandungan Kimia (%)										
	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Hilang Pijar
Lumpur Lapindo	53,08	2,07	5,60	18,27	0,57	2,89	2,97	1,44	2,96	-	10,15
Semen	20,8	65,3	3,0	6,9	-	Max 2,0	-	-	-	1,6	Max 1,5

Dari hasil penelitian ini menunjukkan Lumpur Sidoarjo ini mempunyai kandungan kimia yang dimiliki semen.

#### a. *Paving Block*

*Paving block* atau bata beton biasa juga disebut *conblock* adalah suatu komposisi bahan konstruksi yang terbuat dari bahan campuran antara semen, pasir dan air dengan atau tanpa bahan tambah yang tidak mengurangi mutu (SNI 03-0691-1996). Campuran dari *paving block* ini hampir mendekati mortar. Penggunaan untuk areal parkir pada bangunan gedung mempunyai kuat tekan antara 170 sampai dengan 200 kg/cm<sup>2</sup>.

Hasil penelitian dari para peneliti dibuatlah industri *paving block* di lokasi bencana tersebut. Bahan baku yang digunakan adalah campuran 1 semen, 3 Lusi dan 1 pasir. Hasil industri di tampilkan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** Paving Block yang Menggunakan Lumpur Sidoarjo (Dinas PUPR Kulun Progo, 2020)

### b. Genteng

Genteng adalah bagian utama dari bangunan yang berfungsi menahan cuaca panas dari sinar matahari dan melindungi bagian bangunan dari hujan. Pada pembuatan genteng lusi menggantikan agregat kasar yang mempunyai komposisi yang besar dan harga yang mahal. Proses pembuatan genteng melalui pembakaran dengan proporsi yang digunakan adalah 1 semen; 2 Lusi dan 1 pasir. Genteng ini sudah banyak digunakan pada pembangunan perumahan di wilayah Jawa Timur dengan harga yang relatif murah. Pengujian yang dilakukan oleh (Kusuma, 2020) menunjukkan genteng yang menggunakan campuran Lumpur Sidoarjo mempunyai kekuatan lentur yang cukup tinggi dan tahan terhadap resapan air.



**Gambar 2.2.** Genteng Menggunakan Lumpur Sidoarjo (Kusuma, 2020)

### c. Beton Ringan Lusi

Beton ringan adalah jenis beton yang memiliki agregat yang ringan atau pencampuran agregat kasar dan ringan serta pasir sebagai pengganti agregat kasar. Ketentuan dari agregat ringan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton yaitu  $1850 \text{ kg/m}^3$  serta harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan dengan tujuan struktural. Beton ringan yang memanfaatkan bahan limbah Lusi adalah salah satu komponen material dari beton yang dibuat dari bahan Lusi dengan bahan pengikat Portland semen dan mempunyai bobot ringan, mutu sedang serta bentuk yang stabil. Lusi pada pembuatan beton ringan ini menggantikan agregat seperti kerikil, pasir dan abu sehingga didapatkan material ringan, kuat, tahan terhadap suhu yang tinggi serta lingkungan yang agresif. Jenis beton ini dapat di gunakan pada konstruksi tahan api, kedap suara dan mengandung sulfat/ klorida. Pada pembuatan ini, dapat juga ditambahkan dengan abu batu bara ataupun abu sekam padi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Lasino, 2019) menunjukkan penggunaan Lumpur Sidoarjo sebagai bahan beton ringan cukup baik, kuat dan ringan serta stabil dengan kuat tekan mencapai  $f'c$  20 Mpa atau setara dengan K.250, densitas antara 1,3 – 1,4 kg/ltr, nilai tersebut syarat SNI 2847 sedangkan kuat tarik  $> 2,0$  Mpa. Pengaruh penambahan semen dan bahan *additive* dapat meningkatkan kekuatan tarik secara signifikan, karena beton menjadi semakin lekat. Gambar beton ringan Lusi dapat dilihat pada Gambar 2.3.





**Gambar 2.3.** Beton Ringan Lusi (Dinas PUPR Kulun Progo, 2020)

### **2.2.2 Limbah Plastik**

Salah satu permasalahan pada saat ini adalah timbulan sampah, hal ini akan menyebabkan bencana alam dan kerusakan ekosistem. Berbagai jenis sampah yang berasal dari kegiatan masyarakat diantaranya adalah sampah plastik. Sampah plastik ini dapat mencapai jumlah 34% dari jumlah sampah hasil buangan masyarakat setiap hari. Plastik adalah jenis sampah yang sulit terurai walaupun jangka waktu yang lama. Disisi lain plastik dapat didaur ulang menjadi bahan-bahan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia baik sebagai bahan penunjang maupun sebagai bahan bangunan. Industri-industri daur ulang sampah plastik yang dilakukan secara rumahan telah banyak, dimana sampah plastik ini dijadikan bahan utama yang akan di daur ulang menjadi produk baru. Jenis plastik yang mudah didaur ulang yaitu HDPE (*High-density polythylene*) seperti tutup botol plastik, LDPE (*Low-density polythylene*) seperti kantong kresek.

#### **a. *Paving Block***

Pembuatan *paving block* ini dengan menggunakan limbah plastik didasari dengan pengurangan limbah plastik. Dalam pembuatannya limbah plastik dicampurkan dengan material lainnya untuk mendapatkan tingkat kekuatan yang memenuhi

dan tingkat kehalusannya. Dalam pembuatan *paving block* limbah plastik digunakan berupa botol plastik, pembungkus makanan ringan dengan jenis PET (*polythylene terephthalate*). PET adalah jenis plastik yang memiliki kekuatan mekanik tinggi, tidak beracun dan transparan. Penelitian yang dilakukan oleh (Burhanuddin et al., 2018) menguji *paving* yang telah dibuat yang menggunakan limbah plastik yang berjenis PET. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan rata-rata yang dihasilkan memiliki kuat tekan yang memenuhi sesuai standar SNI 03-0691-1996. Pada penelitian (Sari and Nusa, 2019) hasil uji kuat tekan dengan menggunakan limbah plastik berjenis HDPE adalah rata-rata sebesar 20 kg/cm<sup>2</sup>.



**Gambar 2.4.** Paving Block dari Limbah Plastik (Sari and Nusa, 2019)

Mengingat harga *paving block* dari limbah plastik jauh lebih murah dibanding dengan *paving block* biasa, maka diperlukan peningkatan alat produksi untuk meningkatkan taraf pendapatan masyarakat, mengingat industri ini dapat dilakukan sebagai industri rumah tangga.

### **b. Genteng Komposit**

Genteng dari limbah plastik telah banyak di produksi dan di perdagangkan di Wilayah Jawa. Genteng ini biasanya berukuran panjang 30 cm, lebar 14 cm dan tebal 1.5 cm. Untuk memperindah struktur genteng ini dibuat secara komposit yaitu limbah plastik yang dilelehkan kemudian dicampur dengan serbuk kaca lalu di press. Penelitian tentang inovasi genteng komposit ini yang dilakukan oleh (Jalil, 2018) menguji genteng tersebut kondisi suhu ruangan. Standar pengujian yang

digunakan adalah SNI 0097-2007 tentang genteng beton. Hasil pengujian menunjukkan nilai rata-rata penyerapan air adalah  $0,5\% <$  dari standar SNI yaitu 10%. Pengujian permeabilitas tidak menunjukkan adanya rembesan air sedangkan pengujian penyerapan panas menunjukkan sebesar 77,63% lebih besar dari standar SNI yaitu 75% dan pengujian kelenturan didapatkan 6355, 31 N di mana nilai ini cukup kuat dan lentur. Karena berat dari genteng komposit ini lebih ringan dibandingkan dengan genteng beton maka secara tidak langsung mengurangi beban konstruksi.



**Gambar 2.5.** Genteng Limbah Plastik (Jurnal, 2021)

### 2.3 Material Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan yang terbentuk atas tanah dasar, lapisan fondasi bawah (LPB), lapisan fondasi atas (LPA) dan lapisan permukaan yang setiap lapisan mempunyai fungsi struktural masing-masing. Keseluruhan lapisan tersebut terbentuk dengan campuran material-material yang memperkokoh konstruksi jalan. Inovasi yang banyak dilakukan pada perkerasan jalan adalah lapisan permukaan jalan, di mana material aspal di substitusi dengan limbah plastik yang lazim disebut aspal plastik. Aspal jenis ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya tingkat kekerasan yang lebih baik dan tidak berbekas pada saat kendaraan melintas pada permukaan jalan dan ketahanan lebih

tinggi dibandingkan dengan aspal biasa. Penggunaan limbah ini sudah aman dari racun plastik berdasarkan uji klinis yang dilakukan oleh Balitbang PUPR.

Pengujian karakteristik campuran terhadap campuran AC-BC yang menggunakan limbah plastik yang dilakukan oleh (Yuniarti et al., 2020) menunjukkan dengan penambahan kadar limbah plastik 2% terhadap volume aspal akan menambah nilai stabilitas sampai dengan 1571.37 kg, sedangkan parameter marshal lainnya seperti VIM, VMA, VFB dan Flow juga masih sesuai dengan batas yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2018. Pengujian karakteristik campuran aspal dengan penambahan limbah plastik yang dilakukan oleh (Pagewang et al., 2020) terhadap Campuran AC-Base didapat nilai stabilitas dengan penambahan 2% limbah plastik mencapai 2.252,78kg sedangkan nilai indeks kekuatan sisa (IKS) sebesar 98,31%. Dirjen Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat menargetkan penerapan teknologi aspal plastik akan dilaksanakan pada pekerjaan jalan sepanjang 25 km. Ruas-ruas tersebut di antaranya Sipinsur-Bakara di Provinsi Sumatera Utara sepanjang 3 km, pelebaran jalan Lawean-Sukapura di Jawa Timur sepanjang 1,3 km. Tiga ruas lain di Sulawesi Selatan yakni pekerjaan rekonstruksi jalan akses bandara Pongtiku-Toraja 3,5 km, rekonstruksi Janeponto-Bantaeng-Bulukumba-Bira dan Bulukumba-Sinjai 2,2 km dan pembangunan akses Labuan Bajo di NTT sepanjang 9 km.



**Gambar 2.6.** Pelaksanaan Pekerjaan Jalan Menggunakan Limbah Plastik (Putri, 2018)

Proses pelaksanaan pencampuran aspal plastik sama dengan pencampuran aspal panas biasa yang dilaksanakan pada AMP. Perbedaan hanya pada pencampuran limbah plastik, di mana limbah plastik sebelum dicampur dengan aspal panas di cacah terlebih dahulu dengan ukuran 9,5 mm. Bahan plastik yang digunakan adalah dari kantong kresek jenis LDPE yang dibersihkan terlebih dahulu dan terbebas dari bahan organik. Penambahan limbah plastik dalam 1 ton aspal sebanyak 3,9 kg atau 6% dari berat aspal. Penambahan limbah plastik dilakukan melalui lubang kontrol pugmil pada *Asphalt Mixing Plant*. Untuk mempermudah pemasukan limbah plastik, limbah plastik di kemas ulang sesuai takaran berat perbatch dari campuran aspal.

Proses pencampuran limbah plastik menjadi aspal, mulai dari mencampurkan limbah plastik dengan agregat panas ( $\pm 170^{\circ}\text{C}$ ). Kemudian diaduk selama 10 detik hingga bahan limbah plastik dapat menyelimuti permukaan agregat. Setelah pengadukan agregat dan limbah plastik, selanjutnya dilakukan pengadukan basah dengan menambahkan sejumlah aspal panas ( $160^{\circ}\text{C}$ ) selama 35 detik. Campuran beraspal panas dengan bahan limbah plastik telah siap dimobilisasi ke lapangan untuk dilakukan penghamparan dan pemadatan seperti campuran beraspal panas pada umumnya.

## **2.4 Penutup**

Penggunaan limbah sebagai bahan pokok pembuatan bahan konstruksi, bukan hanya dapat mengurangi biaya pembuatan tetapi juga menambah penghasilan dari masyarakat, selain itu dapat menanggulangi pencemaran lingkungan. Inovasi teknologi material dari bahan limbah terus bermunculan dan telah melalui penelitian-penelitian yang dilakukan oleh para ilmuwan. Dengan adanya inovasi-inovasi teknologi bahan konstruksi yang memanfaatkan limbah sebagai bahan pokok maupun bahan tambahan, maka dapat mengurangi limbah di Indonesia, sehingga menjadi salah satu penyelesaian dan solusi

untuk pengolahan limbah terutama limbah plastik yang jumlahnya cukup banyak. Selain itu dapat menerapkan konsep yang ramah lingkungan atau *eco-friendly*.



# Bahan Baku Material dan Teknologi Bangunan

Mardewi Jamal

Universitas Mulawarman Samarinda

## 3.1 Pendahuluan

Seiring berkembangnya teknologi, industri konstruksi juga semakin berkembang. Saat ini ada banyak jenis bangunan konstruksi yang dibangun baik di perkotaan maupun di pedesaan. Bangunan konstruksi yang kita kenal di antaranya gedung, jalan, jembatan, bendungan, lapangan terbang, rel kereta api, saluran irigasi, jalan layang dan masih banyak lagi. Semuanya dibangun atas dasar kebutuhan manusia juga karena kemajuan teknologi yang semakin pesat.

Secara garis besar metode pelaksanaan setiap jenis bangunan berbeda, namun mempunyai prinsip yang hampir sama dalam pekerjaannya. Seperti halnya pekerjaan beton untuk semua jenis pekerjaan hampir sama baik untuk bangunan gedung atau bangunan irigasi atau bangunan lainnya. Perbedaannya adalah pada metode kerjanya, karena mempunyai volume yang berbeda, medan yang berbeda juga persyaratan teknis yang berbeda dari setiap konstruksi. Namun dengan kemajuan teknologi, banyak peralatan yang dapat berfungsi lebih dari satu



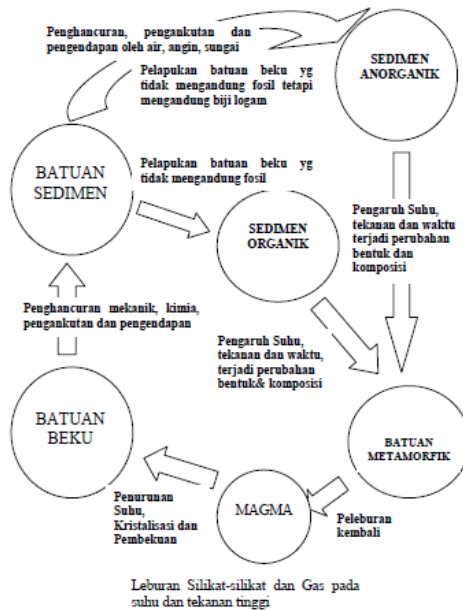
jenis bagian kegiatan pekerjaan. Sehingga pekerjaan pembangunan konstruksi bangunan menjadi lebih mudah dan cepat. Bab ini akan membahas mengenai bahan baku material yang digunakan untuk konstruksi bangunan dan teknologi yang digunakan dalam bangunan.

### **3.2 Bahan Baku Material**

Ada banyak jenis material yang digunakan dalam pembangunan konstruksi, baik untuk bangunan gedung, saluran irigasi, bendungan, lapangan terbang, jalan, jembatan, dan lain sebagainya. Material yang digunakan dalam pembangunan konstruksi di antaranya adalah batu alam, agregat, bahan perekat, logam, keramik, kayu dan bambu, dan masih banyak lagi. Berikut ini akan diuraikan bahan baku dari material tersebut yang sebagian besar berasal dari alam.

#### **3.2.1. Batu Alam**

Batu alam merupakan bahan penyusun kerak bumi yang terdiri dari agregat mineral yang mengalami proses alami maupun kimiawi menjadi batuan. Unsur-unsur pembentuk kerak bumi adalah Oksigen ( $O_2$ ) sebesar 49,4%, Silisium (Si) 25,4%, Aluminium (Al) 7,5%, Besi (Fe) 4,7%, Kalsium (Ca) 3,4%, Natrium (Na) 2,6%, Kalium (K) 2,4% dan Magnesium (Mg) sebesar 2,0%. Batu alam mengalami suatu siklus mulai magma sampai pada terbentuknya batuan sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1.** Siklus Terbentuknya Batu Alam (Riyadi, 2005)

Dari Gambar 3.1 dapat diketahui jenis-jenis batu alam berdasarkan proses kejadiannya sebagai berikut:

a. Batuan Beku

Merupakan batuan yang berasal dari inti bumi yaitu magma yang keluar ke permukaan dan akibat udara dingin magma tersebut membeku dan menjadi batu. Contoh batuan beku adalah basalt, andesit, obsidian dan perlit.

b. Batuan Sedimen

Merupakan batuan yang mengalami pengerasan karena pengaruh cuaca, lalu terbawa arus sungai kemudian mengendap pada dasar sungai, laut atau danau. Contoh dari batuan ini adalah batu bara, batu karang, batu kapur (batu gamping) dan lain sebagainya.

c. Batuan Metamorf

Merupakan batuan sedimen yang karena mengalami tekanan dan panas yang cukup besar menyebabkan terjadinya perubahan bentuk dan komposisi pada batuan tersebut. Contoh dari batuan metamorf adalah batu marmer, antrasit, intan dan lain sebagainya.

d. Batuan Robohan

Merupakan batuan lapisan yang terdiri dari bermacam-macam mineral seperti pasir, kerikil, batu cadas, batu kali dan lain-lain.

### 3.2.2. Agregat

Agregat adalah butiran-butiran mineral seperti batu pecah, kerikil atau pasir yang berasal dari alam maupun buatan yang berfungsi sebagai bahan campuran beton atau mortar. Volume agregat kurang lebih 70% volume beton atau mortar. Besarnya volume agregat menyebabkan sifat-sifatnya sangat mempengaruhi sifat-sifat beton.

Agregat bisa dibedakan berdasarkan asalnya yaitu:

a. Agregat Alam

Agregat alam merupakan agregat yang berasal dari batu alam dan pecahannya. Jenis agregat alam adalah:

- Kerikil dan pasir alam, berasal dari penghancuran secara alami batuan induknya. Banyak terdapat di sungai atau di daratan.
- Batu pecah, dibuat dari batu alam yang dipecah dengan ukuran tertentu.

b. Agregat Buatan

Agregat buatan adalah agregat yang dibuat khusus karena kekurangan agregat alam, biasanya merupakan agregat ringan

seperti klinker dari limbah pembangkit tenaga uap, hydrite dari tanah liat, *cook breeze* dari limbah sisa pembakaran arang dan lain sebagainya.

Berdasarkan ukuran butirnya agregat dibedakan atas:

- ✓ Batu, mempunyai ukuran butir > 40 mm
- ✓ Kerikil, mempunyai ukuran butir 4,8 mm – 40 mm
- ✓ Pasir, ukuran butirnya 0,15 mm – 4,8 mm
- ✓ Debu (*silt*), ukuran butirnya < 0,15 mm

### 3.2.3. Bahan Perekat Hidrolis

Bahan perekat hidrolis merupakan bahan yang bersifat sebagai perekat jika dicampur air. Adapun jenis-jenis bahan perekat hidrolis sebagai berikut:

#### a. Gips hemihidrat

Gips merupakan jenis batuan endapan yang terbentuk secara kimiawi dari kapur dan sulfat yang larut dalam tanah membentuk Calsium Sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ). Gips yang dari alam merupakan senyawa stabil berbentuk  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ .

#### b. Kapur padam

Kapur sudah dikenal sejak ribuan tahun lalu dan dipergunakan orang untuk bahan campuran pasangan batu dan plesteran bangunan. Pembuatan kapur dengan cara dibakar pada tungku sederhana, hasil pembakarannya dicampur air sehingga terbentuk bahan perekat. Sekarang ini, penggunaan kapur sudah lebih umum, bisa digunakan di bidang industri dan pertanian seperti industri semen, kimia, kertas, baja, dan lain-lain.

#### c. Pozzolan

Pozzolan adalah jenis bahan galian yang berasal dari pelapukan mineral deposit vulkanik. Unsur yang terkandung dalam pozzolan adalah silika, besi dan aluminium yang tidak

mempunyai sifat mengikat seperti semen tetapi berbentuk serbuk halus dan bila dicampur dengan air dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu ruang dan membentuk senyawa yang mempunyai sifat semen yakni mengalami proses pengerasan. Komposisi kimia dari pozzolan berdasarkan ASTM C 618-78, seperti pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Komposisi Kimia Pozzolan (Riyadi, 2005)

Parameter	Persen Berat (%)
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ min	70,0
$\text{SO}_3$ , maks	4,0
Hilang pijar, maks	3,0
Kadar air, maks	10,0

#### **d. Semen Portland**

Semen Portland merupakan bahan perekat hidrolis yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan berbentuk benda padat yang tidak larut dalam air. Oksida utama pembentuk semen portland adalah Kapur ( $\text{CaO}$ ), Silika ( $\text{SiO}_2$ ), Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Oksida-oksida yang membentuk semen adalah  $\text{CaO}$  (60-67%),  $\text{SiO}_2$  (17-25%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (3-8%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (0,5-6%),  $\text{MgO}$  (0,1-4%), Alkali ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 0,2–1,3% dan  $\text{SO}_3$  (1-3 %).

#### **3.2.4. Logam**

Sebagai bahan konstruksi logam memiliki kelebihan dalam hal memiliki kuat tarik yang tinggi, mudah disambung, bisa dirubah bentuknya, konduktivitas listriknya tinggi juga memiliki konduktivitas panas yang tinggi. Namun selain itu juga memiliki kekurangan yaitu tidak tahan terhadap korosi dan bisa terjadi perubahan bentuk apabila terkena panas tinggi.

Logam dapat dibedakan menjadi 2 (dua) kelompok yaitu:

1. Logam besi (*ferrous metal*)

Merupakan logam yang elemen utamanya adalah besi (*fe*), contohnya besi tuang, besi tempa, baja.

2. Logam bukan besi (*non ferrous metal*).

Merupakan logam yang elemen utamanya bukan besi, seperti tembaga, aluminium, emas, timah putih, dan lain-lain.

### 3.2.5. Keramik

Keramik merupakan bahan padat organik yang terdiri dari perpaduan unsur logam dan non logam. Saat ini pemakaian keramik tidak hanya sebagai bahan bangunan tetapi bisa juga digunakan untuk teknik listrik. Contoh keramik untuk bahan bangunan adalah genteng, porselin dan lain-lain. Oksida-oksida mineral yang terdapat dalam keramik adalah  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$ . Oksida-oksida ini banyak terdapat pada tanah liat (lempung), feldspar, kwarsa dan batu kapur.

### 3.2.6. Kayu dan Bambu

#### 3.2.6.1. Kayu

Penggunaan kayu untuk konstruksi bangunan disesuaikan dengan jenis kayu dan sifat kayu tersebut. Pengelompokan kayu berbeda-beda, bisa berdasarkan pemakaiannya, berdasarkan tingkat keawetannya dan berdasarkan kekuatannya.

Penggolongan kayu berdasarkan pemakaiannya dibedakan adalah lima tingkatan seperti pada Tabel 3.2. berikut:

**Tabel 3.2.** Jenis Kayu Berdasarkan Pemakaiannya

Tingkat Pemakaian	Kegunaan
I dan II	Untuk konstruksi berat yang selalu terkena pengaruh tanah lembab, dan terpengaruh basah kering (hujan dan matahari)
III	Untuk konstruksi yang terlindung dari tanah lembab (di bawah atap)
IV	Untuk konstruksi ringan yang terlindung dari tanah lembab (di bawah atap)
V	Untuk konstruksi yang tidak permanen (bangunan sementara)

Sementara penggolongan kayu berdasarkan tingkat keawetannya (tahan lama) dibedakan menjadi 5 seperti pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3.** Jenis Kayu Berdasarkan Keawetannya

Tingkat Keadaan	I	II	III	IV	V
A	8 tahun	5 tahun	3 tahun	Cepat sekali	Cepat sekali
B	20 tahun	15 tahun	10 tahun	Beberapa tahun	Cepat
C	Tak terbatas	Agak lama	10 – 20 th	20 tahun	20 tahun
Serangan rayap	Tak pernah	Jarang	Agak lekas	Lekas sekali	Lekas sekali
Serangan bubuk	Tak pernah	Tak pernah	Tak pernah	Mungkin	Lekas

Sumber: (Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia, 1961)

Keterangan:

A: Selalu terkena tanah dan lembab

B: Hanya terpengaruh oleh hujan, matahari dan terlindung air

C: Berada di bawah atap (terlindung) tidak terkena tanah lembab

Adapun pengelompokan kayu berdasarkan kekuatannya dibedakan menjadi 5 (lima) seperti pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4.** Jenis Kayu Berdasarkan Kekuatannya

Sifat	Kelas Kekuatan Kayu				
	I	II	III	IV	V
Kuat lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	150	100	75	50	-
Kuat tekan sejajar serat (kg/cm <sup>2</sup> )	130	85	60	45	-
Kuat tekan tegak lurus serat (kg/cm <sup>2</sup> )	40	25	15	10	-
Kuat geser (kg/cm <sup>2</sup> )	20	12	8	5	-

Sumber:(Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia, 1961)

### 3.2.6.2. Bambu

Selain kayu, bambu juga banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Tidak hanya di pedesaan, di perkotaan pun bambu banyak digunakan, sebagai bahan untuk membuat rumah tinggal atau sebagai alat bantu dalam pekerjaan konstruksi. Ada begitu banyak kelebihan bambu sehingga banyak digunakan utamanya di pedesaan di antaranya adalah harga yang murah, bisa diperoleh di mana saja dan mudah dikerjakan, di samping itu pertumbuhan bambu cepat sehingga mudah dikembangkan.

#### Jenis-Jenis Bambu

Jenis-jenis bambu yang dapat digunakan untuk bahan bangunan adalah sebagai berikut:



### **Bambu Ater**

Mempunyai warna buluh hijau tua, tingginya dapat mencapai 15 meter dan banyak tumbuh di Pulau Jawa terutama di dataran-dataran rendah. Bambu jenis ini biasanya digunakan untuk pipa air, dinding rumah, pagar, alat musik dan alat-alat rumah tangga.

### **Bambu Petung**

Mempunyai warna cokelat muda keputih-putihan. Bambu jenis ini tinggi batangnya dapat mencapai 20 meter, dengan garis tengah buluh sampai 20 cm dan panjang ruasnya 40-60 cm. Tebal dinding buluh 1-1,5 cm. Kegunaan bambu ini antara lain untuk bahan bangunan.

### **Bambu Duri**

Warna bambu ini biasanya hitam, tinggi buluhnya bisa mencapai 20 m dengan garis tengah buluhnya 10 cm. Bambu jenis ini banyak tumbuh di Jawa Timur. Tumbuhnya rapat dan banyak cabangnya. Kegunaannya sebagai bahan bangunan, anyaman dan bahan pembuatan kertas.

### **Bambu Duri Ori**

Jenis bambu ini mirip dengan bambu duri, yang berbeda adalah cabang-cabangnya lebih renggang dan warnanya gelap. Biasanya digunakan untuk bahan bangunan, anyaman dan bahan pembuatan kertas.

### **Bambu Gombang**

Warnanya hijau kekuning-kuningan. Bambu jenis ini tinggi buluhnya mencapai 20 meter dengan diameter 10 cm. Kegunaannya untuk bahan bangunan dan kerajinan.

### **Bambu Sembilang**

Bambu jenis ini tinggi buluhnya mencapai 30 meter dengan garis tengah 18-25 cm, panjang ruasnya 25-50 cm dengan tebal

dinding buluh sampai 2,5 cm. Kegunaan bambu ini berbagai macam, bisa digunakan untuk bangunan air maupun bangunan gedung.

### **Bambu Talang**

Warnanya hijau muda, hijau tua dan kuning. Batangnya tegak dengan tinggi mencapai 15 m. Panjang ruas maksimum 50 cm, dengan garis tengah 8-10 cm.

### **Bambu Tutul**

Bambu ini berwarna hijau pada saat bambu masih muda dan sering kali bergaris-garis kuning sejajar dengan buluhnya, dan ketika dewasa muncul warna tutul cokelat. Mempunyai tinggi buluh mencapai 12 meter, diameter buluhnya mencapai 10 cm. Kegunaannya sebagai bahan dinding, alat-alat rumah tangga, kursi, hiasan dinding, tirai, dan lain sebagainya.

### **Bambu Balcoa**

Warna buluhnya putih, berasal dari India, dengan tinggi buluhnya mencapai 20 meter. Biasanya digunakan untuk tiang-tiang rumah, jembatan, atau turap.

### **Bambu Plymorpha**

Warna buluhnya hijau muda sampai hijau tua, berasal dari Burma dengan tinggi buluh mencapai 30 meter, garis tengah 15 cm. Kegunaannya untuk konstruksi rumah dan jembatan.

## **3.3 Teknologi Bangunan**

Teknologi bangunan merupakan salah satu yang harus dipahami sebelum membuat suatu konstruksi bangunan baik gedung, jalan, jembatan, saluran irigasi, lapangan terbang dan lain sebagainya. Meskipun konstruksi yang dibangun berbeda, tapi teknologi yang digunakan relatif sama. Berikut akan dibahas teknologi yang digunakan untuk beberapa pekerjaan konstruksi.

### 3.3.1. Penentuan Posisi Bangunan dan pengukuran

Pelaksanaan pembangunan konstruksi selalu dimulai dengan penentuan posisi bangunan dan pengukuran. Pekerjaan tanah, pemotongan dan penimbunan harus ada batas-batas yang jelas. Tanpa batas yang jelas akan merusak bangunan. Untuk penggalian harus ada as penggalian, patok-patok batas yang harus digali, profil atau mal untuk menunjukkan kemiringannya. Demikian juga untuk penimbunan, harus ada garis as penimbunan, patok-patok batas yang harus ditimbun, profil atau mal untuk menunjukkan kemiringannya, petunjuk tingginya penimbunan.

Semua pekerjaan bangunan selalu perlu pekerjaan ukur mengukur, hanya kita perlu memberikan toleransi terhadap ketelitian. Untuk pekerjaan bangunan gedung, pekerjaan *spill way* pada bendungan, perlu tingkat ketelitian sampai mm, sedangkan untuk pekerjaan tanggul, galian saluran dan sebagainya cukup sampai cm. Dalam praktek biasanya hanya diambil proyeksi horizontal dan vertikal atau pengukuran jarak horizontal dan jarak vertikal.

Untuk membuat bangunan rumah, pertama kali harus diketahui garis-garis as dari bangunan, yaitu garis tengah dari tembok-tembok. Garis as ini berupa benang yang ditarik mendatar dengan ketinggian tertentu, misalnya setinggi lantai. Untuk maksud ini maka di sekeliling rumah, di luar galian dipasang papan-papan yang sudah diserut lurus pada sisi tipis, dan bagian yang sudah terserut tersebut dipasang secara mendatar tepat pada ketinggian yang ditentukan tersebut. Papan-papan ini dipasang dengan paku pada patok-patok yang ditancapkan secara kuat ke dalam tanah. Kemudian benang ditarik sesuai as bangunan dan diikatkan pada paku yang dipakukan pada sisi papan yang diserut. Dari benang-benang sebagai dasar untuk mengukur ukuran bangunan, dalamnya galian, tinggi lantai, tempat dan tingginya pintu, jendela dan dinding. Papan-papan

yang dipasang di sekitar rumah dan terletak diluar galian tersebut disebut papan bangunan atau bowplank, dipasang di beberapa titik saja, tidak perlu sepanjang bangunan sehingga masih ada beberapa tempat yang lowong untuk lewat para pekerja bangunan.

### **3.3.2. Pekerjaan Tanah**

Pekerjaan tanah bisa meliputi galian dan timbunan tanah (*cut & fill*). Pekerjaan tanah pada pelaksanaan konstruksi di mulai dari pembersihan (*land clearing*), di mana pelaksanaannya tergantung tujuan pembersihan dan tipe tanaman yang ada di atas lahan. Peralatan yang paling baik digunakan dalam pembersihan adalah bulldoser, saat ini bulldoser sudah dimodifikasi sehingga bisa bekerja lebih cepat dan cocok untuk membersihkan area proyek, menumbangkan pohon-pohon besar dan lain-lain.

Penggalian tanah untuk pekerjaan konstruksi salah satunya adalah untuk pekerjaan fondasi. Kita ketahui jenis fondasi ada bermacam-macam, berdasarkan bentuk dan fungsinya, ada fondasi dangkal dan fondasi dalam. Penggalian tanah untuk fondasi dangkal cukup dengan tenaga manusia karena volumenya kecil, namun untuk fondasi dalam dengan volume besar perlu alat berat yang sesuai. Alat berat yang biasanya digunakan adalah *excavator*, *shovel*, dan lain-lain.

### **3.3.3. Pemadatan Tanah dan Stabilisasi Tanah**

#### **1. Pemadatan Tanah**

Pekerjaan pemadatan tanah biasanya dilakukan untuk berbagai macam pekerjaan, seperti *subgrade* untuk pekerjaan jalan, dasar fondasi bangunan, bendungan dan lain-lain.

Pemadatan tanah yang mempunyai medan yang luas bisa dikerjakan dengan mesin pemadat tanah. Pekerjaan pemadatan tanah dapat meliputi pemadatan tanah dasar hasil pemotongan dan pemadatan tanah urugan untuk mempertinggi elevasinya.

Jenis mesin pemadat tanah bermacam-macam sesuai kegunaannya. Berikut ini beberapa mesin pemadat yang biasa digunakan:

**a. *Tamping rollers***

*Roller* ini dapat dengan cara ditarik oleh traktor atau dengan bergerak sendiri. Pemadatannya adalah berupa drum silinder besi yang kosong dan pada permukaannya dipasang dengan las berupa jonjot dari besi yang merupakan kaki-kaki.

Jika *tamping roller* bergerak di atas permukaan tanah, maka jonjot-jonjot masuk ke dalam tanah dan merupakan gerakan meremas-remas tanah dan tekanan untuk mengaduk dan memadatkan tanah dari bawah sampai atas lapisan tersebut.

**b. *Smooth-wheel rollers***

Alat pemadat ini dapat diklasifikasikan dengan tipenya atau dengan beratnya. Alat pemadat ini jika memadatkan tanah yang cohesive, maka ada kecenderungan membentuk lapisan yang keras pada permukaannya sehingga pengaruhnya akan mengurangi kepadatan pada bagian bawah dari lapisan yang dipadatkan. Tetapi alat ini efektif untuk pemadatan pada jenis tanah *granular soil*, seperti pasir kerikil dan batu pecah, juga cocok untuk penghalusan pada permukaan tanah.

**c. *Pneumatic tired roller***

Alat ini mempunyai kemampuan untuk meremas-remas tanah sehingga dapat memadatkan sampai di bawah permukaan tanah. Hal ini karena posisi roda pemadat bagian depan dan belakang saling selang-seling, jadi semua roda belakang akan menggilas semua jalur permukaan tanah diantara roda-roda depan yang belum tergilas.

**d. *Vibrating compactors***

Pada jenis-jenis tertentu dari tanah seperti pasir, kerikil dan batu-batu dapat dipadatkan dengan baik menggunakan alat

pemadat kombinasi tekanan dan getaran. Dengan getaran maka partikel-partikel material ini akan mengambil posisi saling mengisi sehingga material menjadi padat.

## **2. Stabilisasi Tanah**

Stabilisasi tanah merupakan metode penanganan tanah agar menjadi stabil (koko, kuat, tidak berubah bentuk, solid). Sifat-sifat fisik dan mekanik dari tanah seperti kekuatan, kekakuan, kuat desak, permeability, potensial pemuai, dan kepekaan muai susut karena perubahan kadar air, kesemuanya dapat dirubah dengan penanganan beberapa cara dimulai dari pemadatan tanah biasa sampai dengan metode kerja teknik yang canggih seperti *grouting*, *dewatering*, *waterproofing*, *drainage* dan perkuatan dengan cara thermal. Khusus stabilisasi tanah untuk pekerjaan jalan dilakukan dengan cara memproses tanah di tempat atau sekitarnya, kemudian dipadatkan.

Stabilisasi tanah ini dapat diterapkan langsung pada tanah atau dapat juga sebagai urugan tanah. Juga stabilisasi dapat diterapkan pada material *subgrade*, *subbase* atau *base*.

Beberapa metode stabilisasi tanah diantaranya adalah:

- Perpaduan dan pencampuran tanah yang bersifat heterogen untuk menghasilkan tanah yang lebih bersifat homogeny.
- Menambahkan kapur/hydrated lime pada tanah yang mengandung banyak clay.
- Mencampur asphalt dengan tanah
- Mencampur semen dengan tanah
- Menambahkan zat-zat kimia tertentu pada tanah

### **3.3.4. Pekerjaan Beton**

Pekerjaan beton meliputi pekerjaan cetakan beton, pembesian dan pengecoran beton yang akan dibahas berikut ini:

## **1. Pekerjaan Cetakan Beton**

Cetakan beton biasa juga disebut bekisting adalah pekerjaan yang harus diselesaikan sebelum pekerjaan beton. Meskipun sifatnya sementara, namun harus dibuat kuat agar bisa menahan tekanan beton yang baru dituang dalam cetakan, juga kuat menahan beban lain seperti beban pekerja di atasnya atau beban lainnya. Selain itu bentuknya harus tetap dan tidak berubah selama pengerjaan beton sampai beton mengeras.

Pada pekerjaan beton sederhana, cetakan beton dibuat hanya bagian alas dan dinding saja. Untuk pelat beton atau balok yang menggantung, beban beton ditahan oleh balok-balok kayu, dan diteruskan ke tiang penyangga dari perancah. Dan untuk konstruksi yang bagian bawahnya langsung didukung oleh tanah dasar, pasangan fondasi batu kali atau pasangan dinding tembok, tidak perlu dipasang papan cetakan di bawahnya, cukup dipasang di dinding di samping, asal dipastikan air semen tidak bocor. Namun bagian bawahnya perlu dipasang lantai kerja berupa plesteran 1 pc: 5 pasir, agar supaya didapatkan elevasi beton sesuai rencana dan supaya air semen tidak meresap ke dalam tanah.

## **2. Pekerjaan Pembesian**

Diantara pekerjaan beton adalah pekerjaan pembesian atau disebut juga pekerjaan penulangan. Fungsi utama dari tulangan pada beton adalah untuk menahan gaya tarik pada beton karena beton lemah terhadap kuat tarik. Selain menahan gaya tarik, tulangan juga bisa menahan gaya tekan yaitu pada tulangan rangkap dan penulangan kolom. Penulangan beton juga harus memperhitungkan jarak antar tulangan agar tidak terjadi segregasi yang bisa mengakibatkan beton menjadi keropos di bagian bawahnya.

Perencanaan penulangan/pembesian sebaiknya menggunakan besi tulangan yang tidak banyak ragam, agar dapat mengurangi

kesalahan pekerja di lapangan. Pekerjaan awal yang dilakukan dalam pembesian ini adalah merencanakan pemotongan dan pembengkokan besi. Pemotongan dan pembengkokan besi tulangan bisa dilakukan dengan alat bengkok manual untuk pekerjaan kecil dan sedikit, namun untuk pekerjaan besar dan banyak, perlu alat pembengkok yang menggunakan mesin bertenaga listrik. Dan untuk pekerjaan kecil dan sederhana seperti kolom kecil, kolom praktis, balok sloof, pembesian dikerjakan atau dirakit langsung di tempat.

### **3. Pekerjaan Pengecoran Beton**

Beton merupakan campuran dari beberapa bahan penyusunnya yakni semen (bahan perekat hidrolis), agregat dan air dengan komposisi tertentu. Seringkali campuran beton perlu ditambahkan *admixture* dengan tujuan tertentu, misalnya untuk meningkatkan *workability*, membuat beton cepat keras, menambah kuat tekan, menunda *setting time*, mempercepat *setting time*, tahan terhadap serangan sulfat dan lain sebagainya.

Sebelum beton dibuat perlu adanya rencana campuran beton (*mix design*), fungsinya untuk menentukan proporsi dari semen, agregat, air dan jika diperlukan penambahan *admixture* untuk mendapatkan sifat beton yang diinginkan. Proporsi agregat kasar dan halus sebesar 75–80% dari volume beton. Agregat ini akan diikat menjadi satu dengan adanya proses kimia antar semen yang tercampur dengan air.

Sangat penting untuk memperhatikan pengerjaan beton sebelum mengeras, beton yang masih cair harus segera diletakkan dalam cetakan beton, sebelum melewati waktu pengikatan awal. Jika beton sudah bersifat beku maka bahan semen tidak lagi menjadi bahan pengikat. Oleh karena itu pada saat pekerjaan pengecoran beton harus segera dipadatkan baik dengan alat sederhana maupun menggunakan *concrete vibrator*, dijaga agar terhindar dari air hujan atau air lainnya, dijaga agar



tidak terjadi segregasi dan diupayakan ratio semen/air tidak boleh berubah. Karena semua hal tersebut, maka pembetonan dianggap sangat rawan, tidak boleh salah langkah karena akan mengakibatkan mutu beton menjadi rendah atau tidak sesuai yang diharapkan.

### **3.3.5. Tiang pancang dan Alat pancang**

Tiang pancang merupakan jenis pondasi dalam, digunakan karena elevasi tanah keras yang mampu menahan bangunan berada sangat jauh di bawah permukaan tanah. Tiang pancang menahan gaya berat pada ujung bawahnya (*end bearing point*) yang bertumpu pada tanah keras yang berada di bawah elevasi permukaan tanah, atau dapat berupa kombinasi yaitu menumpu pada ujung bawahnya pada tanah keras, dan bertumpu pada gaya gesek antara permukaan kulit tiang pancang dengan tanah disekelilingnya.

#### **Jenis - Jenis Tiang Pancang**

Berdasarkan bahan dan penggunaannya tiang pancang bisa dibedakan sebagai berikut:

##### **1. Tiang Pancang Kayu**

Tiang pancang kayu dalam pekerjaannya diusahakan dipancang sampai kedalaman lebih rendah dari elevasi permukaan air tanah sehingga terhindar dari serangan serangga. Kayu jati mempunyai kelebihan mengandung zat racun bagi serangga dan rayap. Kayu yang digunakan untuk tiang pancang didapat dari batang pohon yang panjang, tetapi sekarang sulit untuk mendapatkan batang pohon yang panjang, jadi hanya untuk struktur yang membutuhkan kedalaman tiang kayu yang pendek saja, misalnya untuk cerucuk suatu pondasi.

Kelebihan dari tiang pancang kayu adalah lebih murah, pengangkutan lebih mudah, pemotongan sesuai elevasi yang dikehendaki dan lebih mudah jika harus dicabut. Sementara

kekurangannya adalah mudah terserang serangga pemakan kayu jika terendam air atau lembab, saat ini kayu yang panjang sulit didapat, jika harus disambung susah untuk menyambung dengan cukup kuat, tidak cukup kuat untuk menjadi *end bearing piles* dengan bangunan yang tinggi serta penggunaannya perlu diawetkan terlebih dahulu.

## **2. Tiang Pancang Beton Pracetak**

Tiang pancang ini ada yang berbentuk bujur sangkar, octagonal dan bulat. Pembuatannya dapat di tempat/proyek atau di pabrik pembuatan. Tiang pancang beton pracetak ini harus diberi tulangan untuk menghindari rusak dan retak sewaktu proses pengangkutan dari cetakan beton sampai ke tempat posisi pemancangan, dan proses pemancangannya. Untuk besi memanjang harus minimal 2% dari volume tiang pancang. Adakalanya pembuatan tiang pancang ini dilokasi proyek agar menghemat transportasi, dan sekaligus menghindari benturan-benturan pada waktu pengangkutan.

Kesulitan yang dihadapi dengan menggunakan tiang pancang beton pracetak adalah perlu banyak pemotongan setelah selesai dipancang jika kondisi tanah keras sangat bervariasi, jika harus disambung maka beton dari ujung-ujungnya yang akan disambung harus dibongkar dan besinya harus dilas kuat kemudian dicor kembali. Apabila digunakan tiang pancang yang besar, perlu pengadaan alat angkut yang juga besar dan membutuhkan biaya yang mahal, dan pada saat pengangkutan bisa terjadi retak atau rusak. Selain itu kelemahan tiang pancang beton pracetak adalah kemungkinan air tanah yang mengandung sulfat akan merusak beton.

Keuntungan menggunakan tiang pancang pracetak adalah tahan terhadap serangan serangga biologis, mempunyai tegangan bahan beton yang tinggi serta posisi dapat lebih tepat.

### 3. Tiang Pancang Beton Cor di Tempat

Tiang pancang cor di tempat artinya pengecoran langsung dalam tanah dan beton dibiarkan mengeras dengan curing di dalam tanah. Ada dua metode yang dapat dilaksanakan yaitu:

1. Pemancangan pipa besi (*casing*) ke dalam tanah, membiarkan tinggal di dalam tanah, dan kemudian pipa besi diisi dengan beton. Pipa besi tertutup pada ujungnya.
2. Pemancangan pipa besi ke dalam tanah dan pipa besi diisi dengan beton, sementara itu casing ditarik ke atas.

Keuntungan menggunakan tiang pancang cor di tempat adalah casing dari besi ringan dan dapat dipancarkan ke dalam tanah dengan mudah, casing dari besi dapat diperpanjang dan diperpendek dengan mudah, pengangkutan casing sangat mudah karena casing pendek, dan dapat disetel untuk menjadi panjang yang diinginkan dilapangan. Penulangan untuk pengangkutan tidak perlu lagi serta kekhawatiran pecah pada pengangkutan tidak ada.

Kerugian yang bisa muncul dengan penggunaan tiang pancang cor ini adalah jika ada pergerakan tanah, tiang pancang yang tanpa tulangan akan patah, tiang pancang yang tidak memakai tulangan atau tanpa casing besi tidak dapat untuk menahan gaya tarik, serta bisa terjadi posisi yang tidak simetris pada ujung bagian bawah dari tiang pancang.

### 4. Tiang Pancang Pipa Besi

Tiang pancang ini dari besi dan pada ujung bawahnya bisa ditutup dengan plat besi atau dibuat runcing, tetapi dapat juga tanpa penutup pada ujung bawahnya. Diameter pipa bervariasi dari 6" sampai dengan 30" atau bahkan lebih dan juga panjangnya bervariasi (untuk sambungan untuk menutupi panjang yang ditentukan). Pipa ini dipancarkan ke dalam tanah sampai kedalaman yang sudah ditentukan, dan kemudian

dapat diisi dengan pasir atau dapat juga diisi dengan beton, sesuai dengan perencanaannya.

Pipa yang tertutup pada ujung bawahnya dipancang dengan *pile hammer*, dengan ujung atasnya dilapisi kayu setebal 15 cm agar pinggir pipa besi tidak rusak karena pukulan *pile hammer*. Penyambungan dapat dengan cara dilas, dapat juga penyambungannya dengan diberi selongsongan untuk setiap sambungan. Untuk pemancangan di laut misalnya fondasi dermaga atau bangunan di tengah laut, yang pemancangannya menggunakan ponton, sangat cocok karena pipa besi ini ringan. Kemudahan lainnya adalah sewaktu pemasangan cetakan beton di atasnya, landasan dan ikatan-ikatan untuk cetakan beton dapat dipasang pada pipa besi dengan cara dilas.

Metode lain yaitu tiang pancang pipa besi yang terbuka bagian bawahnya, setelah dipancang ke dalam tanah sesuai kedalaman yang ditentukan, tanah didalam pipa besi dikeluarkan dengan jalan disemprotkan air dan tekanan air dari *compressor*, atau dengan dibor tanah di dalam pipa besi tersebut. Kemudian di dalam pipa tersebut dapat diisi dengan dengan bahan sesuai rencana, misalnya diisi dengan bahan beton. Pemancangan dapat lebih ringan, karena pipa pada ujung bawahnya terbuka sehingga berkurang tahanannya, dengan demikian dapat menggunakan *pile hammer* yang kecil saja.

### **5. Tiang Pancang Besi (*steel piles*)**

Tiang pancang besi dapat digunakan pada fondasi yang memerlukan pemancangan yang sangat dalam. Misalnya besi H beam, dapat dipancang menembus tanah yang sangat keras sampai kedalaman tertentu. Tiang pancang besi ini dapat dipancang sampai kedalaman dimana tiang pancang lain tidak bisa mencapainya. Hal ini dapat digunakan misalnya pada fondasi pilar jembatan, untuk menghindari bahaya gerusan air.

### 3.4 Penutup

Pengetahuan tentang bahan baku material sangat diperlukan untuk mengetahui lebih dalam mengenai material yang digunakan saat pekerjaan konstruksi, baik untuk pembangunan gedung, jalan, jembatan, bendungan, drainase dan lain sebagainya. Meskipun semua pekerjaan konstruksi tersebut mempunyai fungsi yang berbeda tapi material yang digunakan relatif sama, seperti agregat, semen, kayu dan lain-lain. Bahan baku material ini hampir semuanya dapat ditemukan di alam dan mudah untuk diperoleh, penggunaannya menyesuaikan dengan manfaat yang diinginkan.

Pekerjaan konstruksi tidak terlepas dari teknologi yang digunakan saat pekerjaan, untuk itu kita perlu memahami teknologi bangunan. Mulai dari pekerjaan pengukuran, pekerjaan tanah, pemadatan tanah, pekerjaan beton, tiang pancang dan lain sebagainya. Hampir semua pekerjaan konstruksi melakukan pekerjaan ini, sehingga teknologi maupun metode kerja menjadi hal mendasar yang penting dan harus dipahami oleh semua pekerja konstruksi agar hasil akhir dari pekerjaan konstruksi memuaskan dan sesuai dengan harapan semua pihak. Meskipun dalam bab ini hanya dibahas beberapa pekerjaan saja, tapi cukup mewakili pekerjaan secara umum yang digunakan untuk semua pekerjaan jenis konstruksi.

# Bab 4

## Aplikasi Material pada Bangunan Modern

I Wayan Muliawan

Universitas Warmadewa

### 4.1 Pendahuluan

Material bangunan ialah penyusun utama suatu bangunan. Material dapat menciptakan estetika pada fasade yang tercermin pada warna, tekstur, irama, serta ukuran. Arsitektur modern merupakan dampak dari revolusi industri, penggunaan teknologi berupa kaca, beton, *Stainless Steel Cladding*, serta *Alumunium Composite Panel Cladding*. Material tersebut ialah karakteristik dari style arsitektur modern (HILMI M. FURQON, GIEA P. VERLIALDI S., 2015). Estetika pada bangunan bisa dipersepsikan secara berbeda oleh tiap orang yang memandangnya. Berdasarkan hal tersebut pemilihan material pada fasade bangunan dianggap perlu dalam suatu proses perancangan sehingga hasilnya adalah sebuah karya dengan nilai estetika yang mencerminkan ciri suatu bangunan.

(Riyadi, 2019) menyatakan bahwa arsitektur modern mengedepankan fungsionalisme ruang ataupun tapak, menata jalur sirkulasi, massa serta ruang-ruang terbuka seharusnya sama dengan kebutuhan ruang-ruang tersebut, mudah pada

pencapaian serta tidak menyisakan banyak ruang-ruang sisa dalam penampilan fasad serta pemakaian materialnya. Arsitektur modern sebaiknya menonjolkan sisi modernitas, dan kemutakhiran material yang diaplikasikan pada fasad tersebut. Fasad dirancang dengan sangat minim penggunaan ornamen, tetapi mampu memberi efek modern. Material yang sangat umum digunakan adalah kaca, karena material ini mampu memberikan kesan Arsitektur.

Lebih lanjut (Riyadi, Mauliani and Sari, 2019) menjelaskan bahwa tahap pemilihan material yang akan dimanfaatkan di bidang arsitektur adalah hal penting dan tidaklah mudah. Meski desain telah maksimal, namun jika material tidak sesuai, maka hasil yang akan dicapai jauh dari harapan. Tentu saja bentuk bukanlah satu satunya hal penting. Bentuk yang telah didesain bagus, harus didukung dengan pemilihan material yang baik juga.

## **4.2. Material**

Kemajuan perangkat lunak teknologi sangat berpengaruh dalam praktek arsitektur. Salah satunya adalah perencanaan desain bangunan. Sehingga bermunculan trend baru yaitu arsitektur digital. Akan tetapi, kondisi tersebut masih dianggap penting agar selaras dengan trend material bangunan sesuai dengan desain modern. Penentuan material bangunan yang tepat mampu mempertahankan atau berdampak positif terhadap kualitas lingkungan di suatu tempat, meredam pemanasan global dan memberi efek nyaman bagi pengguna bangunan itu sendiri. Jadi tahap memilih material sangat penting untuk mempertimbang aspek material '*green*', agar mensupport prinsip desain yang *suistainable* pada suatu bangunan. Contoh material bangunan yang termasuk *green* material yaitu kayu. Pada umumnya memang menjadi jenis bahan bangunan dari alam dan paling banyak di aplikasikan. Sekarang ini kemajuan teknologi material di bidang konstruksi sangatlah pesat perkembangannya dan pada umumnya material konstruksi

berasal dari alam. Sehingga dapat dikatakan bahwa konsep material keberlanjutan sangatlah penting dalam upaya mempertahankan material agar dapat tersedia untuk pemakaian jangka panjang. Salah satu langkah untuk mengupayakan hal tersebut adalah menerapkan konsep mereuse dan merecycle limbah konstruksi dan pembongkaran bangunan. Hal yang penting menjadi catatan bersama yakni mengurangi limbah dan menggunakan material alami di lingkungan sekitar, penggunaan material daur ulang dan konsumsi energi selama proses transportasi juga sangat penting (Ervianto *et al.*, 2012).

Material alami misalnya kayu adalah material yang kebanyakan dimanfaatkan pada bangunan di Indonesia meski ketersediaannya makin terbatas dengan biaya yang relatif tinggi. Sebagai penggantinya maka diupayakan material pengganti yang juga ramah lingkungan yakni bambu. Bambu juga dikenali sebagai material berkelanjutan, namun pemanfaatannya masih skala kecil contohnya untuk furnitur. Masyarakat malah mengenal bambu sebagai salah satu limbah. Kebanyakan bambu dipergunakan sebagai bahan pembuatan alat sederhana dengan desain tradisional untuk kehidupan sehari-hari. Budaya pemanfaatan material bambu tidak dikembangkan lagi baik dari segi desain maupun fungsi kreatif di era teknologi modern sekarang (Rahmat and Prianto, 2018).

### **4.3 Bangunan Modern**

Bangunan modern dirancang dengan mengedepankan fungsi pakainya, sehingga bentuk, ukuran, dan bahan dapat menyesuaikan terhadap fungsi bangunan tersebut. Bangunan modern mempunyai ornamen *simple* dan minimalis dibandingkan bangunan tradisional. Penerapannya di Indonesia muncul di awal 1970-an. Di Kota besar kini sudah jarang ditemukan bangunan tradisional. Penyebabnya adalah material dasar sebagai penyusun bangunan tradisional sudah tergolong langka dengan harga jual yang relatif tinggi sehingga pilihan



alternatif lainnya adalah pada material yang praktis dan ekonomis. Pengaplikasian bangunan modern kebanyakan pada bangunan rumah tinggal. Bangunan rumah tinggal sebagai kediaman (hunian) tempat berlindung untuk istirahat, beraktivitas, dan menikmati santai bersama keluarga. Bangunan rumah tinggal terdiri dari beragam jenis bentuk, ukuran, dan lantai. Rumah yang sederhana atau mewah tidak dinilai dari segi jumlah lantai tapi dari segi bentuk serta dimensi rumah. Terkadang dijumpai rumah satu lantai tapi mewah, begitu pula sebaliknya. Harga jual rumah juga sangat dipengaruhi oleh posisi bangunan rumah. Rumah yang letaknya strategis berada di kota maka harga jualnya lebih tinggi dibandingkan di daerah. Berikut akan dijabarkan terkait beberapa aplikasi bangunan modern menurut (Ashari, 2021)

#### **4.3.1. Bangunan Model Minimalis**

Awalnya konsep rumah minimalis di adopsi dari Eropa. Pasca perang Dunia I yang berdampak pada resesi ekonomi di Eropa mendorong para perancang rumah (arsitek) mencari solusi agar desain rumah tetap menawarkan daya tarik yang tinggi tetapi dapat dijangkau dengan biaya yang relatif murah sehingga masih dijangkau oleh kalangan menengah ke bawah. Tahun 1929 terlaksananya kongres di Frankfrut dengan *Low Cost Housing*. Kongres itu dinamai CIAM (*Congrès International d'Architecture Moderne*). Kongres itu menemukan solusi terhadap berkurangnya hunian yang diakibatkan oleh Perang Dunia, tentu saja tetap mengusung aspek efektif dan efisien dengan daya tarik yang tinggi.

Akibatnya jika rasionalitas lebih dikedepankan dibanding sisi fungsional maka akan dihadapkan pada kondisi jika sisi sisi estetis tidak lagi menjadi aspek penting. Pemikiran tentang efisiensi akhirnya melahirkan bentuk bangunan yang minimalis. Aspek estetis misalnya dekorasi serta ornamen tidak lagi dikedepankan karena akan memperbanyak ongkos kerja

maupun perawatan. *“Ornament is crime”*, istilah yang dinamai oleh Adolf Loos. Rancangan rumah minimalis tidak hanya terletak dari sisi rasionalisasi dan standarisasi, akan tetapi juga dari faktor estetika model serta bentuk gaya minimalis. Seperti itulah asal mula berkembangnya trend rumah minimalis.



**Gambar 4.1.**Contoh Rumah Minimalis (*Dwiwanto Dodiek, 2021*)

#### **4.3.2. Bangunan Model Eropa**

Hingga saat ini kebanyakan masyarakat mengetahui bahwa rumah gaya Eropa berkaitan megah, klasik, Victorian, Gothic serta didominasi pemilihan warna lembut dan hangat. Bagian depannya disuguhi suasana hijau pepohonan serta kerindangan. Dipadukan dengan gaya rumah yang menonjolkan konsep estetis sehingga kesannya hangat. Akan tetapi ternyata karakteristik rumah dengan konsep Eropa asli telah mengalami perubahan saat ini. Desain rumah yang mengusung konsep Eropa mulai dikenal pada tahun 1800-an tetapi jumlah peminatnya masih banyak hingga sekarang. Dan lebih uniknya lagi peminatnya pun bukan saja berasal dari masyarakat Eropa tapi merambah hingga beberapa negara termasuk Indonesia. Bangunan dengan konsep eropa memiliki nilai sejarah yang tinggi. Gaya bangunan Eropa ada beberapa yakni Eropa Kuno, Eropa Modern, Victorian, Gothic serta gaya klasik. Gaya klasik identik dengan dikonsep bangunan dengan ornamen klasik.

Gaya Victorian dengan ciri khas warna lembut dan hangat serta gaya Gothic yang dengan pencirian pilar yang serupa dengan kastil, serta kaca jendela yang indah.

### **4.3.3. Rumah Gaya Eropa**

Pada dasarnya, bangunan gaya Eropa Kuno memiliki karakter khas berdasarkan negaranya dan arsitek yang mendesainnya. Pada awal abad kedua, bentuk bangunan Eropa dipelopori oleh arsitek Yunani yang bernama Apollodorus of Damascus yang membangun gedung olahraga, pemandian umum, perguruan tinggi hingga jembatan. Ciri khas yang dimiliki bangunannya melekat pada bangunan-bangunan khas Romawi Kuno. Desain rumah yang berasal dari Spanyol ini memiliki ciri khas pilar-pilar tinggi serta lekukan-lekukan bulat besar yang kadang membentuk setengah lingkaran. Desain rumah mediteranio digunakan raja-raja Eropa pada masa Romawi. Rumah dengan desain mediterania dipilih karena desainnya yang indah, rapi, dan mewah. Rumah gaya Eropa asli hingga saat ini bisa kita saksikan di film-film, khususnya seperti *Spartacus*, *Gladiator*, dan *Robin Hood*. Model rumah gaya Eropa asli tersebut dapat terlihat di film perjuangan Indonesia seperti pada film *Merah Putih* dan *Hati Merdeka*.

Untuk saat ini, kebanyakan rumah gaya Eropa lebih disederhanakan untuk mengikuti trend dan perkembangan arsitektur. Bisa dilihat pada ciri-ciri dekorasi dan aksesoris yang ada di dalam ruangan tersebut. Pada ruang keluarga, pohon hidup akan dominan ditemui di dalam ruangan, meja yang terbuat dari batu kali yang diberi aksen warna tanah yang terlihat gelap, tetapi memberi kesan hangat di antara keluarga yang berkumpul.

Rumah gaya Eropa bisa dipadukan dengan berbagai gaya arsitektur. Contohnya dengan gaya etnik. Biasanya perpaduan ini banyak memakai batu-batuan sebagai hiasan. Misalnya, pada

sebuah dekorasi dinding yang penuh dengan lempengan batu alam yang dicat dengan warna merah maroon, hingga menjadi kontras jika melihat warna keseluruhan yang menekankan warna tanah. Biasanya, rumah dengan gaya Eropa tidak pernah meninggalkan tiang-tiang tinggi pada waktu pembuatannya. Menampilkan warna-warna muda membuat rumah gaya Eropa menjadi elegan dan kita yang memandangnya tidak akan bosan. Kebanyakan pemilik dari setiap hunian Eropa memang menyukai hunian klasik karena pada dasarnya mereka ingin mengekspresikan kemapanan, gaya hidup, dan apresiasi terhadap seni.

Di Indonesia, rumah bergaya Eropa kebanyakan dipengaruhi oleh masa Victorian. Salah satu cabang rumah dengan gaya Victorian muncul ketika zaman kolonial masuk di Indonesia. Salah satu ciri yang terlihat adalah adanya pintu-pintu yang tinggi dan jendela dengan daun dobel dan dilengkapi dengan kaca. Di samping itu, bangunannya pun memperlihatkan keseimbangan dan sistem pertimbangan yang sudah dianut oleh orang-orang Eropa pada zaman klasik. Sebagai contoh, lantai dasar rumah sebagai kaki, lantai atas sebagai badan rumah, sampai atapnya dibuat menyerupai kepala bangunan. Untuk penataan di dalam rumah dapat dilihat upaya para desain interior menciptakan kesan lapang dan impresif, terutama di sekitar pintu masuk tamu yang dirancang menyatu dengan tangga di bagian muka rumah. Kemegahan pada rumah bergaya Eropa ini dapat membuat tertegun orang-orang yang melihatnya. Juga penampilan barang-barangnya yang pas dengan segala bentuk ukiran, lukisan, dan lain-lain.

Di Indonesia, bangunan Eropa memang lebih dipengaruhi oleh masuknya budaya Belanda saat masa penjajahan. Selain bangunan asli Eropa, di Indonesia juga terdapat bangunan campuran gaya Eropa dan gaya khas lain seperti Cina dan Indonesia. Bahkan pada tahun 1920-an, desain campuran antara

gaya Eropa dan Indonesia mulai dipopulerkan oleh Maclaine Pont dan Thomas Karsten yang diberi nama arsitektur Indo Eropa (*indo europeesche stijl*). Desain arsitek ini bisa dilihat pada gedung teater Sobokarti yang dibangun pada tahun 1931. Bahkan terdapat juga arsitektur dengan campuran desain Eropa dan Jawa seperti yang terdapat dalam Pura Mangkunegaraan. Arsitektur campuran Cina dan Eropa, terlihat pada rumah Oei Boen Thong, milik keluarga Cina yang tinggal di Indonesia pada masa kolonial. Bentuk bangunan Eropa terlihat pada dindingnya yang tebal, tinggi, dan megah, unsur Cina terlihat dalam ornament-ornamennya. Rumah unik tersebut hingga saat ini masih berdiri tegak di Malang, Jawa Timur.

Sebagai referensi bagi orang yang ingin memiliki rumah bergaya Eropa yang cocok di Indonesia, terdapat berbagai rumah dengan gaya Eropa yang bisa dilihat langsung di Jakarta. Masih ada juga sebuah pemukiman yang dulunya milik prajurit Belanda di Gang Kramat V, Jakarta Pusat. Permukiman ini terlihat berbeda dengan pemukiman lain karena adanya sepuluh desain rumah yang menggunakan gaya Eropa Kuno. Bagi yang sudah pernah ke Kota Medan, bisa melihat permukiman dengan desain Eropa yang bernama Monte Carlo Properti. Permukiman ini memang sengaja dibangun dengan gaya klasik dengan pilar-pilar pada bagian depan rumah. Ruang terbuka hijau juga menjadi salah satu daya tarik permukiman ini. Juga dari balkon lantai 2 bisa dinikmati pemandangan. Terdapat banyak contoh rumah dengan gaya Eropa, baik Eropa Kuno maupun modern yang telah dimodifikasi dengan berbagai gaya masa kini. Selain itu, ada juga rumah dengan gaya Eropa yang didesain dengan campuran gaya lain seperti Indonesia, Cina, bahkan Jawa, dengan berbagai keindahan dan variasi yang dimiliki.

#### **4.3.4. Bangunan Model Mediterania**

Mengenal lebih dekat tentang gaya arsitektur Mediterania yang menyangkut sejarah, tipe, serta karakteristiknya. Arsitektur

Mediterrania saat ini tergolong salah satu gaya arsitektur yang sangat populer. Banyak rumah baru di Indonesia yang mengadaptasi gaya arsitektur ini. Dari tiap rumah yang menerapkan gaya ini, tentu ada fitur-fitur serupa yang menjadikannya berciri khas dari gaya Mediterranean. Untuk itu, akan dibahas lebih dalam mengenai arsitektur Mediterranean, mulai dari sejarah, fitur-fitur penting, dan karakteristik lainnya. Gaya arsitektur Mediterranean berasal dari bangunan-bangunan mediterrania zaman dulu. Gaya bangunan zaman dulu kebanyakan dibuat atas landasan geografis. Kondisi geografis Yunani, yakni daerah di mana gaya arsitektur ini berasal, cenderung sejuk dengan intensitas cahaya matahari sedang dan terpaan angin yang cukup tinggi. Untuk itulah, struktur bangunan Mediterranean ini dibuat agar tahan di daerah yang berangin seperti di Yunani.

Hal yang mendapat pengaruh dari kondisi iklim geografis Yunani adalah pemilihan warna-warni dekorasinya yang cenderung lembut dan pucat sesuai dengan kondisi iklim yang sejuk. Warna-warni yang terinspirasi dari alam ialah warna putih yang berasal dari pasir pantai, warna biru, dan hijau yang berasal dari laut. Warna coklat kemerah-merahan dan kuning pucat yang juga sangat melekat pada gaya arsitektur Mediterranean, khususnya yang berasal dari Spanyol, merupakan representasi dari gurun yang berada di bagian selatan. Secara keseluruhan, warna-warni yang digunakan pada arsitektur Mediterranean mengadopsi warna alam.



**Gambar 4.2.** Rumah Gaya Mediterania (Dekoruma, Kania 2018)

#### **4.4. Penutup**

Bangunan adalah struktur buatan manusia yang terdiri atas dinding dan atap yang didirikan secara permanen di suatu tempat. Bangunan juga biasa disebut dengan rumah dan gedung, yaitu segala sarana, prasarana atau infrastruktur dalam kebudayaan atau kehidupan manusia dalam membangun peradabannya. Bangunan memiliki beragam bentuk, ukuran, dan fungsi, serta telah mengalami penyesuaian sepanjang sejarah yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti bahan bangunan, kondisi cuaca, harga, kondisi tanah, dan alasan estetika. Sehingga dibutuhkan pemutakhiran terkait material yang digunakan terutama pada aplikasi bangunan modern yang mendominasi bangunan sekarang dengan tetap mempertimbangkan faktor kualitas bangunan tersebut.

# Bab 5

## Inovasi Teknologi Beton

Wayan Mustika  
Universitas Halu-Oleo

### 5.1 Pendahuluan

Beton merupakan bagian penting dalam suatu konstruksi bangunan baik gedung dan perumahan, jalan dan jembatan maupun konstruksi lainnya. Dalam pemanfaatan beton sebagai bagian dari suatu konstruksi bangunan, penggunaannya dapat berupa struktur tiang, pelat, balok, kolom dan bagian-bagian struktur lainnya dari suatu konstruksi bangunan. Beton secara umum terbuat dari campuran semen, kerikil, pasir dan air dengan takaran tertentu yang dicampur dan diaduk secara merata. Berdasarkan material penyusunnya, material beton merupakan bahan yang diambil langsung dari alam, sehingga jika hal ini terjadi secara terus menerus akan berakibat pada berkurangnya deposit yang tersedia selain itu pula akan berakibat pada terganggunya keseimbangan lingkungan dan ekosistem yang pada akhirnya akan berakibat buruk pada kelangsungan hidup penduduk disekitar lokasi pengambilan material tersebut. (“Beton Daur Ulang, Inovasi Teknologi Yang Ramah Lingkungan,” 2010).

Inovasi teknologi beton merupakan suatu upaya dalam rangka menemukan material-material baru sebagai penyusun



campuran beton sekaligus sebagai upaya dalam meningkatkan sifat mekanik beton. Sebagai suatu upaya, di dalamnya tercakup berbagai teknologi terbaru yang digunakan dalam menunjang inovasi tersebut. (Wirawati, 2011). Penelitian dan riset dalam inovasi teknologi beton telah banyak dilakukan, ada yang berupa beton berbahan dasar limbah, beton mutu tinggi, beton ringan dan lain sebagainya. (“Perkembangan Teknologi Beton Ciptakan Konstruksi Ekonomis,” 2015)

## **5.2 Inovasi Teknologi Beton untuk Pembangunan Infrastruktur**

Pembangunan infrastruktur yang dicanangkan pemerintah membutuhkan material campuran beton yang sangat besar, beberapa jenis inovasi teknologi beton yang dapat menunjang pembangunan infrastruktur antara lain:

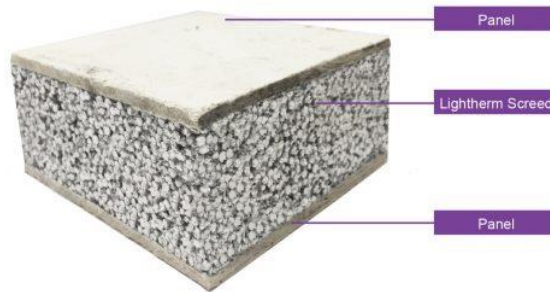
- a. Inovasi teknologi beton ringan
- b. Inovasi teknologi beton mutu tinggi
- c. Inovasi teknologi beton serat
- d. Inovasi teknologi beton polimer

### **5.2.1. Inovasi Teknologi Beton Ringan**

Beton ringan (*lightweight concrete*) memiliki berat volume antara 1140-1840 kg/m<sup>3</sup> merupakan beton dengan kandungan material yang ringan seperti kapur, pasir silika, batu apung, *scoria*, *vulkanik cinder*, hasil pembakaran lempung, dan hasil residu pembakaran batu bara serta agregat buatan. (SNI 2847:2013, 2013). Dalam perkembangannya, inovasi beton ringan memiliki sejarah yang cukup panjang hingga dapat digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan, bahkan di Indonesia sendiri saat ini sudah terdapat aturan penggunaan beton ringan struktural untuk bangunan gedung dan konstruksi. (SNI 03-3449-2002, 2002).

Beton ringan dalam sejarahnya terus mengalami perkembangan. Salah satu beton ringan yang banyak digunakan adalah beton

ringan aerasi (*Aerated Lightweight Concrete/ALC*) yang sering pula disebut dengan AAC atau *Autoclaved Aerated Concrete*, selain itu di beberapa negara disebut dengan istilah *Autoclaved Concrete*, *Cellular Concrete* atau semen dengan cairan kimia penghasil gelembung udara, *Porous Concrete*, *Aircrete* and *Thermalite*. ("Pustaka Teknik Sipil: Beton Ringan (Lightweight Concrete)," 2010)



**Gambar 5.1.** *Aerated Lightweight Concrete Panel* ("ALC Panel Aerated Lightweight Concrete Panel | Builtory Product," 2019)

*Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) mula-mula dikembangkan tahun 1923 di Swedia yang merupakan material alternatif untuk bangunan dengan tujuan dapat mengurangi terjadinya penggundulan hutan, pada tahun 1943 beton ringan jenis ini dikembangkan lagi di Jerman Barat oleh Joseph Hebel yang selanjutnya mengembangkan suatu sistem bangunan yang lebih baik dengan biaya lebih ekonomis. Kesuksesan ini menarik perhatian negara-negara lain untuk mengembangkan beton ringan, salah satunya dengan didirikannya pabrik Hebel pertama di Jepang yang bekerjasama dengan Asahi Chemical pada tahun 1967. Saat ini, Hebel adalah perusahaan beton aerasi terbesar di dunia yang tersebar di 29 negara. ("Pustaka Teknik Sipil: Beton Ringan (Lightweight Concrete)," 2010)

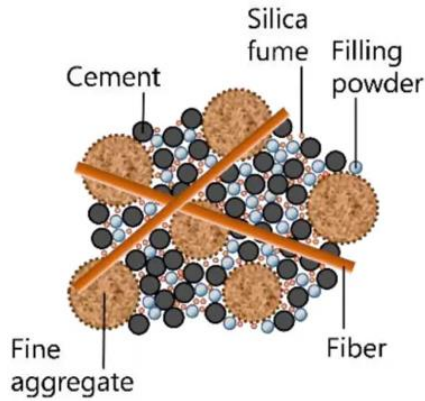
Suksesnya Hebel menarik perhatian negara lain untuk mengembangkan beton ringan. Pabrik Hebel yang dibangun di

Jepang pada tahun 1967 merupakan kerjasama dengan Asahi Chemicals yang hingga saat ini Hebel sudah mempunyai 29 cabang di berbagai negara sekaligus mengukuhkan keberadaan Hebel sebagai penghasil beton aerasi terbesar di dunia. Perkembangan beton ringan di Indonesia dimulai pada tahun 1995 yang ditandai dengan berdirinya PT Hebel Indonesia di Karawang Timur, Jawa Barat. ("Sejarah Beton Ringan," 2010)

### 5.2.2. Inovasi Teknologi Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi atau *High Strength Concrete* adalah beton dengan kuat tekan lebih besar dari 41,4 MPa. (Usrina et al., 2018), penggunaan beton mutu tinggi terutama pada bagian-bagian struktur bangunan dengan beban yang besar diantaranya pada balok girder jembatan, *pier*, *poer plat*, *sheet pile* dan bagian-bagian struktur bangunan gedung bertingkat. Kekuatan tekan yang tinggi pada beton mutu tinggi biasanya tidak diimbangi dengan sifat detailnya, sehingga beton mutu tinggi biasanya memiliki sifat getas atau *brittle*, oleh karenanya penambahan material serat atau batang fiber dilakukan dengan tujuan agar beton mutu tinggi memiliki tingkat daktilitas yang baik. Faktor air semen pada proses *mix desain* beton mutu tinggi umumnya berkisar antara 0,2-0,3 dengan menambahkan *superplastisizer* pada campuran agar *workability* campuran tetap terjaga. ("Construction. Pages: Kategori Jenis Beton," 2015).

Inovasi teknologi beton mutu tinggi terus berkembang, salah satunya ada perubahan dari beton mutu tinggi menjadi beton berkinerja tinggi atau *Ultra High Performance Concrete* (UHPC) yang memiliki kuat tekan ( $f'c$ ) hingga 240 MPa. (Hardjasaputra, 2019). Selain UHPC, berkembang pula inovasi teknologi beton mutu tinggi yang berbahan dasar material reaktif dengan ukuran mikro hingga nano seperti *silica dan quartz*, yang dikenal dengan istilah *Reactive Powder Concrete* atau RPC. (Alkhaly, 2013).



**Gambar 5.2.** Komposisi dari *Ultra High Performance Concrete* (UHPC) (“Ultra-high-Performance Concrete: Characteristics, and Applications - The Constructor,” 2019)

*Tabel 5.1.* Contoh Komposisi Campuran UHPC dengan Rasio Berat

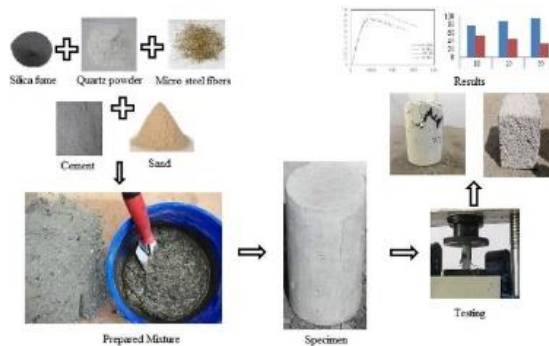
Bahan-bahan UHPC	Campuran 1	Campuran 2
Semen	1	1
Bubuk silika (silica fume)	0,325	0,389
Pasir	1,432	0,967
Bubuk quartz	0,30	0,277
Superplastisizer	0,027	0,017
Air	0,28	0,208
Serat Baja	0,20	0,310

Sumber : (“Ultra-high-Performance Concrete: Characteristics, and Applications - The Constructor,” 2019)



**Gambar 5.3.** Proporsi Campuran *Ultra High Performance Concrete* (UHPC) (*“Ultra-high-Performance Concrete: Characteristics, and Applications - the Constructor,”* 2019)

*Reactive Powder Concrete* atau RPC terbuat dari material dengan ukuran mikro sehingga menghasilkan beton dengan keseragaman (homogenitas), kepadatan dan keawetan (durabilitas) yang tinggi. RPC yang mengandung material mikro diantaranya adalah silika ini dalam proses pengerjaannya dapat bereaksi pada suhu yang lebih tinggi, hal ini berakibat pada kecepatan peningkatan mutu betonnya, akibatnya penampang beton yang dihasilkan bisa lebih kecil dan tipis serta lebih optimal. (*“WIKI Beton | Artikel,”* 2019).



**Gambar 5.4.** *Reactive Powder Concrete* (RPC) (Kannan Rajkumar et al., 2020)

### 5.2.3. Inovasi Teknologi Beton Serat

Beton serat atau beton fiber adalah beton dengan komposisi campuran semen hidrolis, air, material agregat halus dan kasar yang ditambahkan dengan dengan serat baik serat baja, serat plastik,

ataupun serat alami yang disebar secara *61utadiene61e* pada campuran beton. Tujuan penambahan serat pada beton serat adalah untuk dapat memperbaiki kemampuan beton dalam memikul beban tarik yang rendah yang umumnya terjadi pada beton normal. (Tjokrodimuljo, 1996).



**Gambar 5.5.** Beton Serat (“Mengenal Beton Fiber Atau Beton Serat, Manfaat dan Penggunaannya,” 2018)

Beton serat memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan beton normal yaitu pada tingkat daktilitasnya. Daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur maupun bagian dari struktur tersebut dalam melakukan deformasi bolak-balik berulang di luar batas titik leleh pertama, mempertahankan sejumlah besar kemampuan daya dukung bebannya. (Tjokrodimuljo, 1996)



**Gambar 5.6.** Bentuk Campuran Beton Serat (“Apa itu Beton Fiber? - Beton Instan Indokon & Mortar Indokon,” 2021)

Penggunaan beton serat sebagai bahan bangunan memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan beton normal diantaranya beton fiber memiliki keawetan yang lebih tinggi, kekuatan tarik yang lebih besar, dapat mengurangi retak yang terjadi akibat daktilitas yang lebih baik.

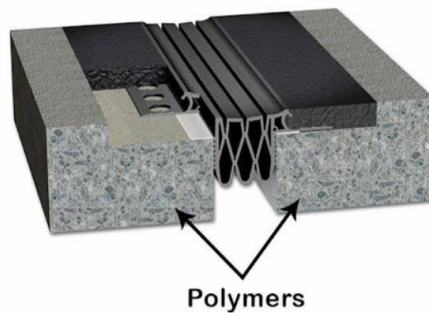
Bahan-bahan serat yang digunakan pada beton serat seperti serat baja, serat polypropylene dan serat lainnya secara spesifik mampu meningkatkan sifat mekanik beton seperti kuat tekan, kuat tarik, keausan dan susut pada beton, selain itu durabilitas beton juga dapat ditingkatkan. ("Mengenal Beton Fiber Atau Beton Serat, Manfaat dan Penggunaannya," 2018).

#### **5.2.4. Inovasi Teknologi Beton Polimer**

Salah satu material bangunan yang berpeluang dalam peningkatan mutu dan kualitas bangunan adalah material dalam bentuk polimer. Jika dibandingkan dengan bahan-bahan bangunan konvensional, material polimer memiliki beberapa kelebihan antara lain tahan karat, memiliki durabilitas yang baik terhadap paparan cuaca, memiliki *chemical resistance* yang tinggi, ringan dan dapat dikelola dengan baik. Beberapa kelebihan material polimer tersebut baik digunakan sebagai bahan bangunan. ("Jasa Konstruksi Bangunan - Pemanfaatan Material Polimer," 2020). Polimer merupakan molekul raksasa (makro molekul) yang terdiri dari monomer atau bagian-bagian unsur kimia sederhana berupa etilena, isobutilena, propilena dan butadiena, polimer digunakan secara komposit pada material konstruksi. Dengan cara komposit, material polimer dicampurkan pada material utama untuk sebuah bagian atau komponen, dapat dicampurkan pada keramik, semen dan bahan yang berupa bahan perekat lainnya, material pelapisan permukaan benda, bagian struktural suatu bangunan bahkan dapat digunakan sebagai bahan peredam suara (Hartomo and Feldman, 1995).

Untuk pemanfaatan dalam dunia Teknik sipil, material komposit beton polimer ini semakin banyak digunakan antara lain untuk mortar berbahan polimer maupun beton polimer. Selain sebagai pelapis beton, mortar polimer juga sering digunakan untuk melapisi tulangan beton maupun sebagai pelapis struktur baja. Sementara akibat salah satu sifat beton polimer yang memiliki ketahanan terhadap korosi, penggunaannya telah banyak

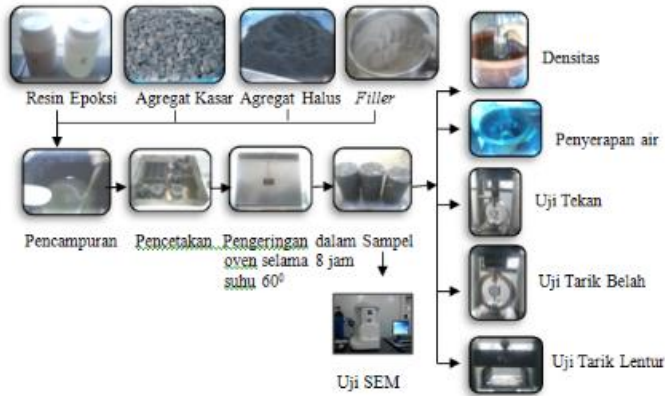
dimanfaatkan untuk beton yang diaplikasikan pada kondisi lingkungan yang ekstrim. Untuk mendapatkan beton yang lebih lentur dan tidak mudah retak, pilihan menggunakan bahan polimer untuk campuran beton menjadi salah satu alternatif, dewasa ini telah dikembangkan beberapa jenis komposit beton polimer seperti PIC atau *Polimer In-Situ Concrete*, PCC atau beton semen polimer, PC atau beton polimer, FRC atau beton diperkuat serat dan beton polimer diperkuat serat (Hartomo and Feldman, 1995).



**Gambar 5.7.** Beton Polimer (“Jenis-jenis Beton Polimer dan Penjelasannya ~ Area TEKNIK SIPIL,” 2019)

Prof. Ir Djuanda Suraatmaja, seorang guru besar teknik sipil dari ITB, penemu beton polimer ramah lingkungan yang berasal dari limbah plastik yang didaur ulang yang dicampur dengan bahan kimia lainnya. Penelitian yang dilaksanakan sejak tahun 1975 membuahkan hasil dengan ditemukannya beton polimer dengan keistimewaan diantaranya bersifat kedap air, tahan terhadap sinar UV, dapat mengeras dalam air. Sedangkan kelemahan yang dimiliki adalah harga yang masih relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton konvensional. (“Ir Djuanda Suraatmadja; Penemu Beton Polimer Ramah Lingkungan – Universitas Malahayati,” 2016)





**Gambar 5.8.** Salah Satu Diagram Alir Preparasi Sampel Uji Beton Polimer (“Seputar Dunia Teknik Sipil: BETON POLIMER - POLYMER CONCRETE,” 2013)

### 5.3 Penutup

Penemuan atau Inovasi dalam teknologi beton mutlak diperlukan seiring dengan kemajuan dan perkembangan dalam bidang pembangunan infrastruktur dan konstruksi yang seiring dengan perkembangan industri. Beberapa contoh inovasi teknologi beton yang telah dipaparkan pada uraian di atas adalah merupakan sebagian dari beberapa inovasi teknologi beton yang ada dewasa ini, perkembangan yang sangat pesat didasari oleh kebutuhan pembangunan yang semakin besar khususnya untuk material beton. Beton konvensional yang memanfaatkan material alam ketersediaannya akan semakin berkurang, inovasi beton dengan material non alam sangat penting demi kelangsungan pemanfaatan beton sebagai bahan konstruksi, hal ini merupakan tantangan tersendiri bagi para peneliti dan akademisi dalam inovasi teknologi beton sejak beberapa dekade ini, bahkan dimasa yang akan datang.

# BAB 6

## Teknologi Bahan pada Bangunan Bertingkat

Didik S. S. Mabui  
Universitas Yapis Papua

### 6.1. Pendahuluan

Pada dasarnya perkembangan teknologi bahan terus mengalami kemajuan sesuai dengan tuntutan dan perubahan zaman. Hal ini dapat dibuktikan dengan kemajuan ilmu dan teknologi dalam bidang perencanaan dan pelaksanaan konstruksi bangunan, yang biasanya sangat erat hubungannya dengan kemajuan teknologi bahan bangunan, kemajuan teknologi produksi komponen struktur dan konstruksi, serta dibarengi dengan kemajuan teknik analisa struktur yang mendukung. Sebelumnya beberapa tahun silam bagi konstruksi konvensional, seperti: kayu, pasangan beton bertulang, dan baja. Pada bangunan-bangunan rumah tinggal atau gedung sederhana biasanya sering mempergunakan kayu dan pasangan bata sebagai struktur utamanya. Sedangkan untuk bangunan bertingkat sering mempergunakan struktur utama dari bahan beton bertulang dan atau bahan baja. Bahkan pada waktu dulu kita baru mengenal teknik membangun gedung bertingkat, dengan menggunakan mutu bahan beton atau kuat desak beton sekitar 00 kg/cm<sup>2</sup> sampai 150

kg/cm<sup>2</sup> serta bahan utama yang digunakan masih memakai struktur dari pasangan bata tanpa adanya perkuatan baja atau beton bertulang.

Saat ini telah mampu diciptakan adanya suatu mutu beton atau mutu desak beton mutu tinggi yaitu bisa menjadi kuat tekan melebihi 500 kg/cm<sup>2</sup>. Bahkan saat ini para ahli teknik konstruksi mampu merencanakan dan melaksanakan bangunan gedung setinggi 50 tingkat atau lebih, jalan-jalan layang atau *elevated highway*. Dengan adanya kemajuan yang pasti di bidang konstruksi yang berkaitan dengan teknologi bahan, semuanya itu berkat adanya kerjasama yang baik serta didukung oleh para pakar konstruksi yang berbakat dan berkualitas serta berdedikasi tinggi terhadap bidang ilmu yang ditekuni. Sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka kebutuhan akan tempat tinggal yang layak merupakan suatu kebutuhan yang sangat mendesak dan menjadi idaman bagi masyarakat banyak, khususnya mereka yang berada di kota-kota besar.

## **6.2. Teknologi Bahan**

### **6.2.1. Teknologi Bahan Beton**

Perlu diketahui bahwa kekuatan dari pada beton dan kondisi (*performance*) sangat tergantung bagaimana cara kita memperlakukannya, serta bagaimana cara memeliharanya (*handling and curing*). Sehubungan dengan kualitas dan konsistensi produk beton, maka setiap aktivitas mulai dari seleksi material sampai dengan cara penyampaian beton kepada pemakai, sangat terikat pada kedisiplinan dalam memenuhi standar dan spesifikasi yang telah ditentukan. Selain itu keberhasilan untuk mencapai produk yang bagus juga sangat ditentukan oleh cara memakai atau memperlakukan beton tersebut. Standar atau peraturan yang dipakai meliputi Standar Nasional seperti SK-SNI atau Standar Internasional seperti ASTM, British Standard dan Australian Standard.

Dalam pemakaiannya ada beberapa jenis bahan beton yang sering dipakai dalam pelaksanaan di lapangan, antara lain yaitu:

a. Beton Normal

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang pecah atau beton yang mengandung hanya agregat yang memenuhi ASTM C33M. Klasifikasi beton normal adalah beton yang dimaksudkan untuk menahan beban-beban *structural* yaitu beton struktur dan yang tidak menahan beban *structural* adalah beton nonstruktural.

b. Beton Ringan Struktural

Umumnya 20% sampai 40% lebih ringan dari dak beton normal, beban mati struktur dapat dikurangi, biaya konstruksinya dapat diturunkan, dan beton dan tulangan yang dibutuhkan berkurang. Struktur beton ringan juga tahan api lebih baik dari beton normal karena memiliki konduktivitas termal yang rendah dan koefisien yang lebih rendah dari ekspansi termal. Manfaat penggunaan beton agregat ringan, dalam banyak struktur, yang umumnya biaya lebih dari beton normal.

c. Beton Bertulang

Pada dasarnya beton mempunyai gaya tarik yang rendah, akan tetapi memiliki gaya tekan yang tinggi, batang baja bisa digunakan pada beton yang akan di tarik agar memperbaiki kinerja beton. Beton yang menggunakan batang baja pada bagian tariknya dinamakan beton bertulang.

d. Beton Pracetak

Beton pracetak adalah elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu (SNI 7833:2012; DPU, November 2008; McGraw-Hill Companies, Inc., 2006) atau Beton yang dicetak di pabrik dan dipasang di

lapangan, yaitu bagian-bagian beton bertulang atau bertulang yang dicetak dalam kedudukan yang lain dari pada kedudukan akhirnya di dalam konstruksi. Berbeda dengan konstruksi beton cor-in-tempat, di mana kolom, balok, balok penopang, dan lantai dicor terpadu atau disatukan secara berurutan, beton pracetak membutuhkan sambungan di lapangan untuk mengikat struktur menjadi satu kesatuan.

e. Beton Prategang

Beton bertulang karena tegangan tarik saat diberi beban dengan variasi nilai dan bentuk hingga batas aman dengan gaya tekan permanen, dan baja prategang yang pakai dengan perlakuan tarik sebelum beton mengeras (pratarik) atau setelah beton mengeras (pascatarik).

### 6.2.2. Teknologi Bahan Logam / Baja Tulangan

Baja masih dominan penggunaannya pada bangunan misalnya baja profil, baja tulangan beton biasa, anyaman kawat, atau pada akhir-akhir ini di pakai juga dalam bentuk kawat potongan yang disebut "*fibre*" atau *metal fibre*, sebagai tulangan beton. Pada ukuran yang kecil pun logam pada umumnya di gunakan untuk fungsi menguatkan, seperti paku, sekrup, baut, kawat, pelat, bantalan jembatan, atau bahan lainnya dalam model lembaran (contohnya atap, atau lantai jembatan dan dekorasi).

Keuntungan penggunaan logam pada bangunan yaitu mempunyai kelebihan dengan kuat tarik tinggi, bentuknya dapat diubah, gampang di sambung / di las. Selain itu, logam juga sebagai penghantar listrik dan panas. Akan tetapi logam juga mempunyai kelemahan, khususnya baja yaitu rentan mengalami degradasi yang disebabkan faktor lingkungan dan temperatur tinggi.

Pada pengaplikasiannya logam mempunyai kuat tarik tinggi, tahan tekanan atau korosi, namun juga harus tahan terhadap

beban kejut, suhu rendah, gaya yang berubah-ubah atau kombinasi, dan beberapa kondisi berbeda. Secara umum logam terbagi 2(dua) yakni: logam besi (*ferrous metal*), dan logam bukan besi (*nonferrous metal*). Logam besi yaitu logam dengan unsur penyusun utamanya besi (fe). Contohnya: besi tuang, besi tempa, baja. Logam bukan besi adalah logam yang elemen penyusun utama non besi. Contohnya aluminium, tembaga, timah putih, emas, dll.

Kandungan karbon baja dapat berpengaruh terhadap kuat tarik, kekerasan dan keuletan baja. Kandungan kadar karbon berbanding lurus dengan kuat tarik dan kekerasan baja namun berbanding terbalik dengan keuletannya. Pemakaian baja di dunia konstruksi kebanyakan dalam bentuk baja konstruksi atau baja profil, baja tulangan untuk beton dengan kadar karbon 0,10%-0,50%. Namun baja karbon juga dipakai sebagai baja/kawat pra tekan dengan kadar karbon hingga 0,90 %. Sifat fisik baja yaitu: berat, berat jenis, daya hantar panas dan konduktivitas listrik. Sifat mekanis pada baja antara lain: kekuatan, keuletan (*ductility*), kekerasan, ketangguhan (*toughness*).

### **6.2.3. Perencanaan Struktur Gabungan**

Komposit adalah struktur penggabungan dua macam material atau lebih. Dominan penggabungan yang digunakan adalah antar baja struktural dengan beton bertulang. Struktur komposit ini mempunyai sifat antara struktur baja dan struktur beton bertulang. Pengaplikasiannya di lapangan terutama pada bangunan menengah sampai tinggi. Dalam perencanaan struktur gabungan yang ditujukan terhadap kontraktor pelaksana, kantor perencanaan teknik, pabrik-pabrik baja pengamatan dipusatkan/dititik beratkan pada masalah-masalah antara lain:

- a. Jumlah / banyaknya gedung yang sudah dibangun

- b. Struktur gabungan tersebut sudah dipergunakan.
- c. Luas lantai dari gedung yang sudah dibangun.
- d. Jumlah tingkat (tinggi bangunan) yang dikerjakan
- e. Besarnya bentangan yang ada.
- f. Ketentuan / pedoman yang digunakan dalam perencanaan.

Pada dasarnya bahwa pemakaian/penggunaan struktur gabungan didorong oleh adanya motivasi untuk memperoleh keunggulan-keunggulan/kelebihan, seperti peningkatan dari segi kekuatan, kekuatan, daktilitas, ketahanan terhadap bahaya api, penghematan bahan, penampang yang seragam, sistem struktur kerangka dengan bentang yang besar/lebar dan bertingkat banyak serta penghematan waktu dan biaya pelaksanaan. Dengan adanya perkembangan perencanaan dan teknik konstruksi, para ahli merasa puas terhadap kemampuan kolom *concrete filled steel tube* (CFST), join kolom beton dan balok baja, dinding struktur dengan bracing dari baja dengan terbungkus beton (*concrete encase steel brace*) struktur rangka gabungan *steel reinforced concrete* (SRC) atau tabung RC (rangka baja dan komponen semi precast). Konsep dasar ketentuan dalam standar SRC adalah "konsep kuat gabungan" yaitu: kekuatan komponen struktur SRC adalah gabungan dari kuat individual komponen baja dan balut beton bertulang. Semula konsep ini berlaku pada komponen lentur, namun selanjutnya dikembangkan untuk perhitungan perencanaan dengan metode: desain kuat-ijin, ultimate struktur SRC dan CFST, join kolom-balok, alas kolom dan dinding struktural.

#### **6.2.4. Penerapan Struktur Gabungan**

Pemakaian struktur gabungan pada umumnya dimaksudkan untuk memperoleh keuntungan-keuntungan dari segi biaya (ekonomis) dan efisiensi dalam pelaksanaan konstruksi, serta mencapai daktilitas yang lebih besar. Struktur tabung baja yang didalamnya diisi dengan beton *concrete filled steel tabular structures* (CFST), merupakan konstruksi gabungan yang paling

populer dan sering dipakai serta memiliki beberapa kelebihan / keunggulan, antara lain adalah:

- a. Beton pengisi rongga tabung dapat meningkatkan adanya kekakuan kolom, sehingga dapat mengurangi adanya vibrasi terhadap beban gempa atau angin.
- b. Beton pengisi rongga tabung dapat memperkecil dimensi tabung atau baja untuk daya dukung rencana yang sama, bila dibandingkan dengan tabung baja yang tanpa diisi dengan beton.
- c. Kolom CFST memiliki kapasitas dukung yang sangat besar.
- d. Beton segar sangat mudah dicorkan kedalam tabung baja tanpa adanya alat bantu tambahan (acuan).
- e. Beton untuk pengisi tabung baja, mampu mencegah terjadinya tekuk lokal dari tabung baja.

Disamping keunggulan/kelebihan tersebut, konstruksi gabungan memiliki kelemahan dalam pelaksanaan konstruksi, antara lain: biaya konstruksi sedikit lebih tinggi dan pengecoran beton sedikit agak sulit khususnya disekitar join kolom balok, yang menggunakan penyekat atau pengaku dalam (*inner diaphragma*). Keunggulan struktur gabungan lebih memberikan keuntungan dibandingkan kelemahannya, bila digunakan untuk struktur bangunan gedung bertingkat banyak (di atas 25 lantai) pada daerah yang sering terjadi bahaya gempa sedang sampai gempa kuat. Struktur gabungan sering digunakan bila kondisi yang timbul adalah sebagai berikut:

- a. Kapasitas tahanan terhadap gempa (sedang-kuat) tidak dapat diwujudkan oleh struktur beton bertulang yang diakibatkan sangat besarnya stres (gaya-gaya yang bekerja pada bagian struktur) pada tingkat bawah bangunan tinggi, maka struktur gabungan memberikan solusi yang sangat memuaskan.



- b. *Story drift* sangat besar akibat adanya kekakuan struktur baja yang relatif rendah.
- c. Bila struktur beton bertulang tidak mampu lagi mewujudkan daya dukung besar, sementara alternatif penggunaan struktur baja akan menimbulkan masalah vibrasi.
- d. Bila beban akibat kolom sangat besar, misalnya kolom yang menumpu pada bentangan besar dari lantai / balok.
- e. Bilamana keruntuhan regas (*brittle*) pada kolom mungkin terjadi, misalnya kolom menahan konsentrasi gaya geser sangat besar pada kolom pendek.
- f. Bila dikehendaki dimensi kolom lebih ramping, namun harus tetap mampu mendukung beban yang besar.

### 6.3. Penutup

Setelah dikembangkannya teknologi bahan dengan struktur gabungan/struktur hybrid, maka teknologi bahan tersebut banyak dimanfaatkan untuk struktur bangunan gedung bertingkat yang tahan terhadap bahaya gempa.

1. Teknologi bahan dengan sistem konstruksi gabungan sudah mencapai tingkat yang memuaskan. Bagian penting dari struktur *frame* (komponen struktur) yang perlu untuk dicermati adalah Join balok-kolom *Concrete Filled- Steel Tubular*, kolom *concrete filled-steel tubular*, Detail join kolom beton bertulang (R/C) dan balok saja (S), *shear wall* yang diperkuat dan diperkaku dengan *bracing* baja/pelat *encased concrete*, Penyelesaian *detail beam-column joint* yang mampu mentransfer gaya-gaya dari balok ke kolom dengan sempurna.
2. Penguasaan secara lengkap kinerja join balok-kolom dan struktur rangka secara keseluruhan akan dapat menjamin perkembangan teknik struktur gabungan / struktur hybrid.

3. Struktur gabungan/hybrid bila dibandingkan dengan struktur konvensional : baja (s), beton bertulang (R/C), dan SRC mempunyai keunggulan sebagai berikut daya dukung yang tinggi terhadap beban aksial dan momen, Kekakuan dan daktilitas, dimensi komponen struktur lebih kecil, hal yang positif terhadap perencanaan fondasi. Kecepatan waktu pelaksanaan konstruksi, redaman terhadap bahaya dinamik, cocok untuk daerah gempa atau angin kencang (Cyclone, topan, tornado dll).



# Bab 7

## Teknologi Bangunan Tahan Gempa

Miswar Tumpu  
Universitas Fajar

### 7.1. Pendahuluan

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang terbuat dari beberapa material dengan bahan utamanya adalah campuran antara agregat, bahan perekat, dan air pada proporsi tertentu. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan khususnya di bidang konstruksi, maka material penyusun beton juga mengalami perkembangan. Salah satunya adalah munculnya inovasi beton busa. Beton busa adalah pasta semen ataupun mortar, diklasifikasikan sebagai beton ringan, di mana rongga udara terperangkap dalam mortar oleh agen busa yang sesuai. Beton busa memiliki daya alir tinggi, bobot yang rendah, penggunaan agregat yang sedikit, kekuatan yang rendah namun terkontrol dan sifat insulasi termal yang sangat baik (Ramamurthy K., Nambiar E. K. K. dan Ranjani G. I. S., 2009). Tidak seperti beton berbobot normal, beton busa tidak dapat dikenai jenis pemadatan atau getaran apapun yang akan memengaruhi kerapatan desainnya.

Oleh karena itu, karakteristik baru yang penting dari beton busa adalah sifat yang mudah mengalir dan kompatibilitas yang

tinggi. Pada karakteristik beton segar ini, meskipun beberapa studi yang berkaitan dengan sifat beton busa dalam kondisi keras (Kearsley dan Wainwright 2001a, b, 2002a, b; Jones dan McCarthy 2005a, b; Nambiar dan Ramamurthy 2006a, b). Studi pendahuluan oleh penulis menunjukkan bahwa kerapatan desain hanya tercapai pada konsistensi tertentu dari campuran dasar. Akan tetapi beton busa memiliki kuat tekan yang relatif rendah. Untuk itu diperlukan material penyusun beton busa yang bisa meningkatkan kuat tekannya, serta diharapkan memiliki keunggulan yang lain, seperti lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

Di Indonesia, melalui Balai Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Geoteknik Jalan dari Pusat Jalan dan Jembatan (Pusjatan) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat telah mengembangkan teknologi beton busa yang dinamakan dengan teknologi mortar busa. Sebelum dikembangkan teknologi mortar busa oleh Pusjatan, memang ada penelitian yang dilakukan pada tahun 2007. Penelitian itu mendapatkan dukungan dari *Japan International Cooperation Agency* (JICA). Teknologi mortar busa yang dikembangkan di Indonesia telah dimanfaatkan menjadi bahan timbunan ringan untuk flyover Pelangi Antapani, Bandung. Teknologi baru penggunaan mortar busa yang dipadu dengan baja lengkung bergelombang atau *corrugated*. Khusus baja lengkung itu memang hasil kerja sama dengan perusahaan Posco dari Korea Selatan. Keunggulan teknologi *corrugated mortarbusa* Pusjatan (CMP) tersebut adalah lebih murah, lebih cepat pengerjaannya, lebih tahan lama, dan ramah lingkungan. Selanjutnya adalah uji coba pada 2010 di Pangkalan Bun, Kalimantan Tengah, untuk penimbunan tanah lunak. Pada 2011 dipakai untuk timbunan jembatan di Kepulauan Riau. Sedangkan pada 2013 dipakai untuk timbunan ringan area bekas longsor di Lahat, Sumatera Selatan. Akhirnya timbunan dengan mortar busa itu malah bisa dipergunakan untuk pelebaran jalan.

Di lain hal, permintaan akan perumahan murah dalam beberapa tahun terakhir telah menyebabkan meningkatnya popularitas perumahan buatan. Keinginan pabrikan untuk menggunakan material secara efisien mensyaratkan bahwa perilaku struktur-struktur ini dapat diteliti dan dikembangkan sepenuhnya sehingga prosedur desain berdasarkan perilaku yang diamati akan memastikan kemudahan pelaksanaan dan perawatan pada unit struktural. Salah satu yang dapat dimanfaatkan adalah dinding geser berbahan beton busa dengan tujuan untuk menghasilkan dinding geser yang ringan dan tahan terhadap gempa.

Dinding geser adalah struktur vertikal yang digunakan pada bangunan tingkat tinggi tanpa terkecuali bangunan rumah tinggal. Dalam konstruksi rumah tinggal (*dwelling house*) pada umumnya, dinding geser memberikan ketahanan lateral terhadap gempa dan beban angin. Beban vertikal dan horizontal dipindahkan ke dinding geser oleh perilaku diafragma dari lantai dan rakitan atap. Ada banyak penelitian tentang kinerja dinding geser, seperti yang dirangkum dalam bibliografi oleh Peterson 1983 dan van de Lindt 2004. Spesimen uji dinding geser ukuran penuh dari berbagai jenis telah diuji secara statis di bawah perpindahan monotonik atau perpindahan siklik untuk menentukan kapasitas dukung beban lateral, daktilitas, dan karakteristik disipasi energi.

Salah satu solusi yang digunakan untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan tingkat tinggi maupun bangunan rumah tinggal dalam mengatasi simpangan horisontal adalah dengan pemasangan dinding geser (*shear wall*). Dinding geser dapat dipasang dalam posisi vertikal pada sisi bangunan tertentu yang berfungsi menambah kekakuan struktur dan menyerap gaya geser yang besar seiring dengan semakin tingginya struktur. Fungsi dinding geser dalam suatu struktur bangunan juga penting untuk menopang lantai pada struktur dan

memastikannya tidak runtuh ketika terjadi gaya lateral akibat gempa. Ketika dinding geser ditempatkan pada lokasi-lokasi tertentu yang cocok dan strategis, dinding tersebut dapat digunakan secara ekonomis untuk menyediakan tahanan beban horisontal yang diperlukan. Dinding geser adalah elemen struktural utama untuk menahan gaya lateral dalam sistem struktur ringan (van de Lindt 2004). Banyak tes (Donlan dan Madsen 1992; Durham et al. 2001; Gatto dan Uang 2003; Lam et al. 1997; Pei et al. 2013) dan analisis (Folz dan Filiatrault 2001; Li et al. 2012; Pang dan Shirazi 2013; Pang et al. 2007) telah dilakukan dalam 30 tahun terakhir secara berurutan untuk memahami kinerja ketahanan lateral dinding geser rangka kayu ringan.

Literatur juga tidak sepenuhnya membahas bagaimana kinerja dinding geser dipengaruhi oleh material dan variabilitas konstruksi. Standar pengujian untuk pengujian monotonik, ASTM E564-00 (ASTM 2000), dan pengujian siklik, ASTM E2126-02a (ASTM 2003), yang digunakan untuk menetapkan nilai desain yang dapat diterima hanya memerlukan dua pengujian kecuali jika nilai beban puncak lebih dari 15% berbeda untuk pengujian monotonik atau 10% untuk pengujian siklik, dalam hal ini diperlukan pengujian ketiga. Standar ini telah diikuti dalam sebagian besar studi. Sebagian besar peneliti hanya menggunakan dua atau tiga dinding untuk setiap perawatan dinding yang diberikan. Pardoen et al (2000) menguji tiga dinding per konfigurasi di bawah kota Los Angeles-University of California Irvine program uji dinding geser. Proyek rangka kayu CUREE-Caltech juga menguji dua dinding geser untuk setiap konfigurasi (Gatto dan Uang 2002). Meskipun hal ini dapat diterima dalam banyak kasus dinding geser, tetapi menyisakan sebuah pertanyaan tentang berapa banyak variabilitas yang diharapkan berdasarkan bahan dan konstruksi. Folz dan Filiatrault (2001) menekankan perlunya untuk

mengukur variabilitas dalam respon dinding geser di bawah beban.

Oleh karena itu, diperlukan struktur bangunan yang ramah lingkungan dan dapat memberikan ketahanan lateral terhadap beban gempa dan beban angin. Banyak penelitian yang memanfaatkan teknologi beton busa (beton ringan) untuk memproduksi dinding geser yang ramah lingkungan dan tahan terhadap beban lateral yaitu beban gempa dan angin. Selain itu, beban lateral dimanfaatkan untuk memberikan pembebanan secara laboratorium terhadap dinding geser beton busa yang dihasilkan.

## **7.2. Dinding Geser Bukan Beton Bertulang**

Dinding merupakan salah satu elemen bangunan yang membatasi satu ruang dengan ruangan lainnya. Dinding memiliki fungsi sebagai pembatas ruang luar dengan ruang dalam, sebagai penahan cahaya, angin, hujan, debu dan lain-lain yang bersumber dari alam sebagai pembatas ruang di dalam bangunan, pemisah ruang dan sebagai fungsi arsitektur tertentu. Dinding geser adalah rakitan struktural utama yang digunakan pada bangunan rendah konstruksi untuk menahan beban seismik atau angin. Terdapat tiga jenis dinding secara umum yang terbuat dari material-material ringan (konstruksi kayu, batu bata maupun beton ringan), yaitu (Li, M. dan Lam, F., 2009; Nelson E. L, Wheat D. L. dan Fowler D. W., 1985; Skaggs, T. D. dan Martin, Z. A., 2004; Varoglu E. et al., 2007; Wang, R., Xiao Y. dan Li Z., 2017):

### **a. Dinding Struktural**

Dinding sebagai struktur bangunan (*bearing wall*). Dinding ini berperan untuk menopang atap dan sama sekali tidak menggunakan cor beton untuk kolom (besi beton). Bahan dinding struktural yang biasa digunakan pada suatu bangunan adalah batu bata.



## b. Dinding Non-Struktural

Dinding ini adalah dinding yang tidak menopang beban, hanya sebagai pembatas, apabila dinding ini dirobohkan maka bangunan tetap berdiri. Beberapa material dinding non-struktural diantaranya seperti bata merah, batako, bata ringan, kayu dan kaca.

## c. Dinding Partisi atau Penyekat

Dinding penyekat adalah batas vertikal yang ada di dalam ruangan (interior). Bahan-bahan yang digunakan untuk dinding partisi ini antar lain gypsum, papan kalsium, triplek dan kayu.

### 7.3. Dinding Geser Rangka Kayu

Berbagai penelitian telah dilakukan berkenaan dengan dinding geser yang terbuat dari material ringan yaitu berbahan dasar kayu. Di Amerika Utara, sejumlah besar investigasi eksperimental telah dilakukan untuk mempelajari perilaku dinding rangka kayu. Van de Lindt (2004) merangkum total 31 program eksperimental dari 1983 hingga 2001, yang mengevaluasi karakteristik teknik dinding rangka kayu dengan panjang berbeda, jenis selubung, konektor, dan memuat protokol. Sebagai bagian dari CUREE-Caltech Proyek Woodframe, Pardoen et al. (2003) menguji 52 satu lantai dan empat dinding dua lantai untuk membangun basis pengetahuan teknik parameter sistem dinding umum, menghitung seismik tingkat kinerja permukaan dinding selesai, dan pelajari efeknya permukaan akhir pada kinerja seismik. *Engineered Wood Association* (APA) juga menguji total 59 dinding dengan rasio aspek yang berbeda untuk memverifikasi cara yang saat ini digunakan untuk memperkirakan defleksi dinding geser Skaggs dan Martin 2004.

Di Jepang, kebanyakan proyek uji juga telah dilakukan dalam dua dekade terakhir tentang mempelajari perilaku dinding diagonal-bertulang dan berselubung panel, yang umumnya

digunakan dalam bangunan kayu P dan B pasca-dan-balok tradisional. Untuk mengevaluasi resistensi dinding, Sugiyama et al. 1988a melakukan uji coba pada 11 dinding kawat tunggal dan kawat ganda dengan panjang yang berbeda. Efek papan berpihak kalsium silikat pada kapasitas dinding juga dipelajari. Kawai 1998 melakukan tes monotonik, siklik, dan pseudodinamik pada 12 jenis dinding, dilapisi dengan panel kayu lapis, papan gipsum GWB, atau papan pelapis dinding, dan enam dinding berpihak diagonal, untuk mengevaluasi kinerja dinding.

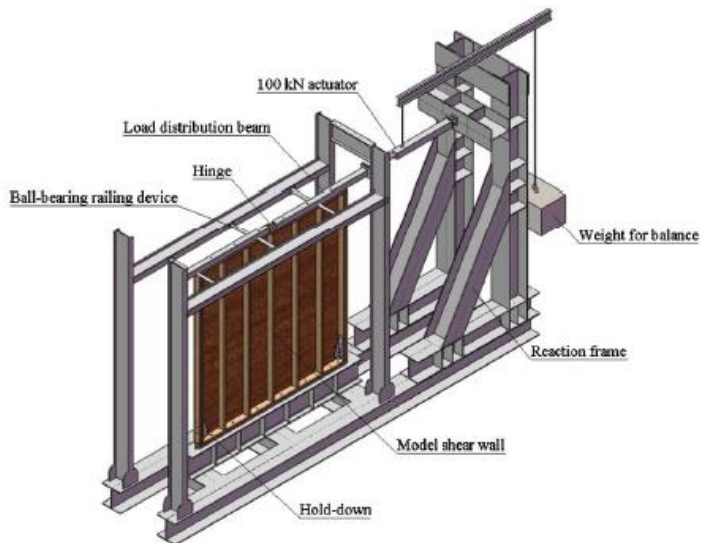
Jepang CBL 2001 melakukan tes siklik untuk membandingkan kinerja 24 dinding ganda-lapis, kayu lapis, dan selubung OSB dibangun dengan tiga spesies kayu dari Jepang, Kanada, dan Eropa. Okabe et al. 2002 menguji 11 dinding berselubung GWB untuk mengevaluasi kinerja dinding geser. Efek dari berbagai jenis GWB dan pengencang pada kinerja dinding juga diselidiki. Komatsu et al. 2004 melakukan serangkaian tes siklik untuk mempelajari kinerja lateral dari jenis dinding P dan B yang dilapisi dengan panel geser lumpur ukuran kecil yang dibuat di pabrik, yang mudah digunakan dalam konstruksi.

Tes meja goyang dilakukan oleh Yamada et al. 2004 untuk membandingkan kinerja seismik dari empat jenis dinding geser P dan B: hanya kerangka; plester yang terselubung, dua kawat pengikat, dan kayu lapis terselubung. Yasumura et al. 2006 melakukan uji pseudodynamic pada serangkaian panel kayu lapis satu dan dua lantai yang dilapisi dinding P dan B. Hasil tes digunakan untuk memverifikasi model bangunan.

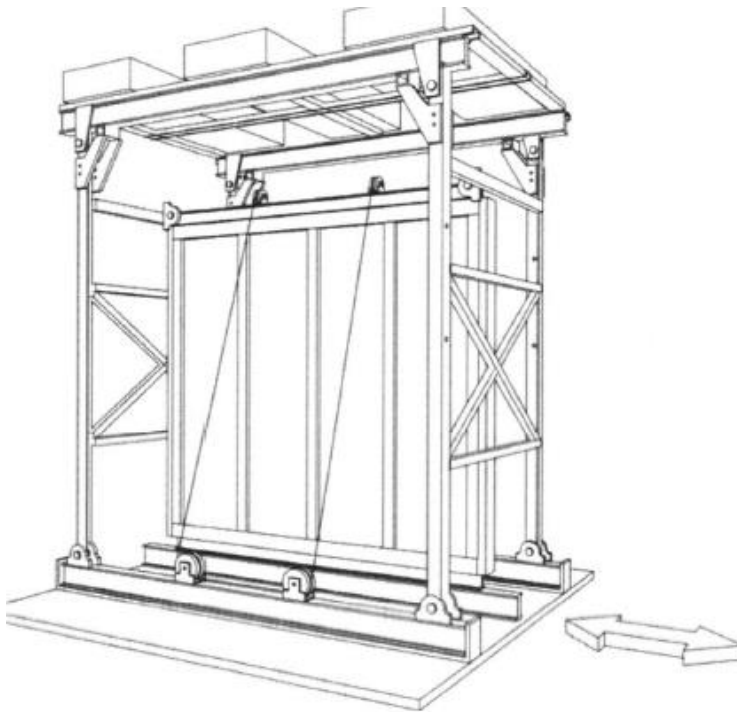
Para peneliti juga telah mengusulkan agar model numerik dari berbagai kompleksitas, misalnya model elemen hingga untuk mempelajari perilaku dinding geser kayu. Van de Lindt 2004 menyebutkan serangkaian model kerangka kayu numerik yang diperkenalkan dari 1982 hingga 2001. Dalam model-model ini, representasi yang tepat dari perilaku sambungan selubung-ke-

framing mendapat perhatian khusus, karena respons dinding geser global diatur oleh hubungan ini. Foschi 1977 mengembangkan model diafragma kayu elemen terbatas, di mana panel selubung dimodelkan sebagai elemen pelat, sisanya dimodelkan sebagai elemen balok, dan sambungan paku dimodelkan sebagai pegas nonlinier dengan hubungan beban-slip yang eksponensial. Foschi 2000 meningkatkan model sambungan kuku dengan mengembangkan model berbasis mekanika baru untuk mensimulasikan respons pengikat logam yang berinteraksi dengan media kayu di sekitarnya. Model ini kemudian diimplementasikan ke dalam model dinding P dan B elemen-terbatas tanpa memasukkan sambungan paku priori pegas Foschi 2005.

Beberapa model histeresis derajat kebebasan tunggal juga telah diusulkan untuk mewakili perilaku beban global dari dinding geser kayu tertentu Stewart 1987; Sakamoto dan Ohashi 1988; Ceccotti dan Vignoli 1990; Kawai 1998; Folz dan Filiatrault 2004. Model-model ini, dirumuskan dalam rumus-rumus matematika, dengan deskripsi berbasis fenomena karakteristik histeretik dari dinding geser. Rumus matematika seperti persamaan linear satu demi satu atau persamaan eksponensial, dapat secara eksplisit didefinisikan dengan menyesuaikan kurva beban-drift dari uji dinding geser. Gambar 7.1. memperlihatkan set up pengujian dinding geser dari kayu dimana terdiri dari actuator untuk pemberian beban bolak balik dan balok beban distribusi. Gambar 7.2. memperlihatkan set up pengujian dinding geser dengan menggunakan *shaking table* (meja goyang).



**Gambar 7.1.** Set Up Pengujian Dinding Geser dari Kayu



**Gambar 7.2.** Set Up Pengujian Dinding Geser Menggunakan *shaking table* (meja goyang)

Sebagai dari penelitian kolaboratif pada kinerja seismik bangunan P dan B Jepang antara University of British Columbia dan Building Research Center di Jepang, penelitian ini terutama berfokus pada kinerja lateral dinding kawat tunggal dengan panjang 0,91 m yang, tidak seperti dinding berselubung panel struktural, secara signifikan memiliki perilaku tidak simetris, tergantung pada apakah penahan diagonal berada di bawah tekanan atau kompresi. Tes monotonik dan siklik dilakukan untuk menyelidiki delapan dinding kawat tunggal, dengan dan tanpa selubung GWB tambahan. Model dinding geser yang baru dikembangkan diperkenalkan untuk memodelkan perilaku histeris dinding-dinding ini. Hasil uji shake table dari bangunan P dan B satu lantai yang disederhanakan digunakan untuk memverifikasi model dinding geser.

#### 7.4. Dinding Geser Masonry (Batu Bata)

Investigasi eksperimental untuk mengukur kekuatan geser dalam dinding beton pasangan bata telah dilakukan selama 50 tahun terakhir, namun saat ini ada yang relatif kecil dan dari beberapa penelitian yang terfragmentasi dari hasil yang relevan. Hal ini menghasilkan beberapa program eksperimental dengan metode pengujian atau bahan konstruksi yang tidak mewakili konstruksi atau desain modern yang terdapat dari beberapa peraturan tentang bangunan.

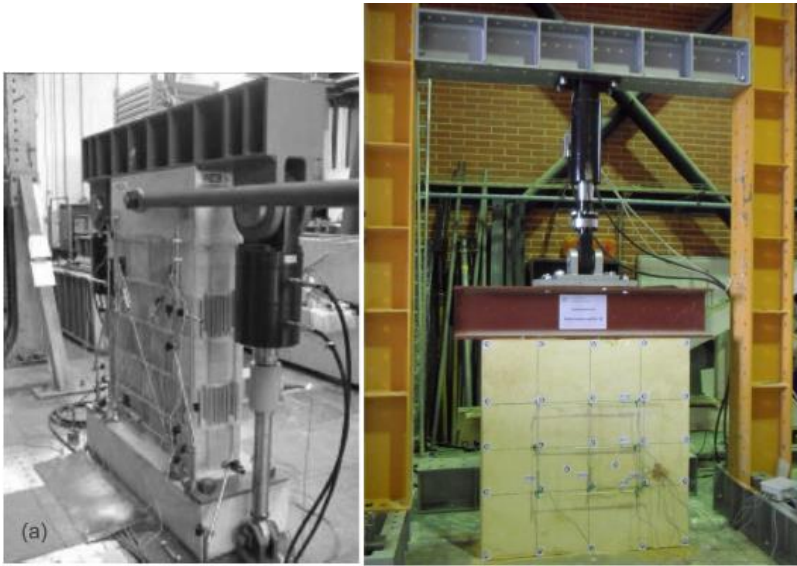
Saat ini, kode desain pasangan bata *Masonry Standards Joint Committee* (MSJC) (2011) dan *Canadian Standards Association* (CSA) S304.1 (2004a) mengadopsi perilaku untuk memperkirakan kekuatan geser pasangan bata yang berbasis pada hasil dari serangkaian program uji yang dilakukan selama akhir 1970-an dan 1980-an di Amerika Serikat dan Jepang. *The Joint U.S.-Japan Technical Coordinating Committee on Masonry Research* (TCCMAR) mencakup beberapa program penelitian yang bertujuan mengukur kekuatan geser pasangan bata bertulang (RM) dinding struktural dan dermaga. Dari data yang dikumpulkan melalui program TCCMAR, hanya empat program pengujian yang mempresentasikan hasil yang relevan dengan pengembangan kekuatan desain untuk kekuatan geser dari pasangan bata blok berlekuk penuh (Fattal dan Todd 1991). Dinding geser dari batu bata banyak digunakan pada bangunan-bangunan *non engineering building*.

Program pengujian yang menarik mencakup tiga seri dermaga batu yang dikenakan pada lengkungan ganda (Sveinsson et al. 1985; Okamoto et al. 1987; Matsumura 1987) dan satu seri pasangan bata dinding geser pada kelengkungan tunggal (Shing et al. 1991). Berdasarkan pengujian yang dilakukan, karakteristik kekuatan geser empiris dapat dikembangkan (Matsumura 1988a; Shing et al. 1990; Anderson dan Priestley 1992) yang

berfungsi sebagai dasar untuk dinding geser saat ini dengan ketentuan desain dari peraturan-peraturan yang ada.

Merujuk ke Fattal dan Todd (1991), Voon dan Ingham (2007), dan Davis (2008). Baru-baru ini, Voon dan Ingham (2006) menguji serangkaian enam dinding geser RM untuk pengembangan desain Selandia Baru kode (SANZ) 4230: 2004 (2004), dan El-Dakhkhni et al. (2013) melaporkan hasil percobaan dari serangkaian delapan RM dinding geser untuk mengevaluasi ekspresi desain CSA S304.1 (2004a) saat ini. Kedua studi tersebut menunjukkan bahwa kode Amerika Utara terlalu konservatif jika dibandingkan dengan kode Selandia Baru. Selain itu, penelitian oleh El-Dakhkhni et al. (2013) menunjukkan bahwa, meskipun dikembangkan untuk beton bertulang (RC), prediksi kekuatan geser dinding pasangan bata yang lebih baik adalah dapat dicapai dengan langsung menerapkan kode desain beton Kanada CSA A23.3 (2004b) karakteristik kekuatan geser. CSA A23.3 (2004b) karakteristik kekuatan geser berasal dari metode yang dijelaskan oleh Bentz et al. (2006), yang juga diusulkan oleh Sarhat dan Sherwood (2011) sebagai prediktor geser yang lebih baik kekuatan balok RM.

Gambar 7.3. memperlihatkan pengujian geser siklik pada dinding geser yang terbuat dari batu bata.



**Gambar 7.3.** Pengujian Geser Siklik Dinding Geser Batu Bata  
(*masonry*)

#### **7.4. Penutup**

Teknologi bangunan tahan gempa yang dapat dimanfaatkan adalah menggunakan campuran beton busa sebagai upaya untuk menurunkan berat material dinding geser, di mana penggunaan material campuran beton busa yang dimaksudkan adalah untuk memanfaatkan sebagai dinding geser.





# Material Dinding Non-Struktural

Mansyur

Universitas Sembilanbelas November Kolaka

## 8.1. Pendahuluan

Perkembangan konstruksi dan infrastruktur yang sangat pesat saat ini membutuhkan sumber daya alam. Semen sebagai bahan utama pembuatan beton merupakan salah satu material alam yang banyak dibutuhkan untuk kegiatan konstruksi dan infrastruktur. Namun demikian, semen menjadi kontributor utama emisi gas rumah kaca, karena 6 - 7% dari total gas CO<sub>2</sub> diemisikan ke atmosfer bumi setiap tahunnya. Untuk itu perlu dilakukan upaya-upaya untuk mengurangi efek buruk terhadap lingkungan tersebut, di antaranya dengan mengganti sumber bahan baku pembuatan semen ataupun membuat alternatif produk turunannya.

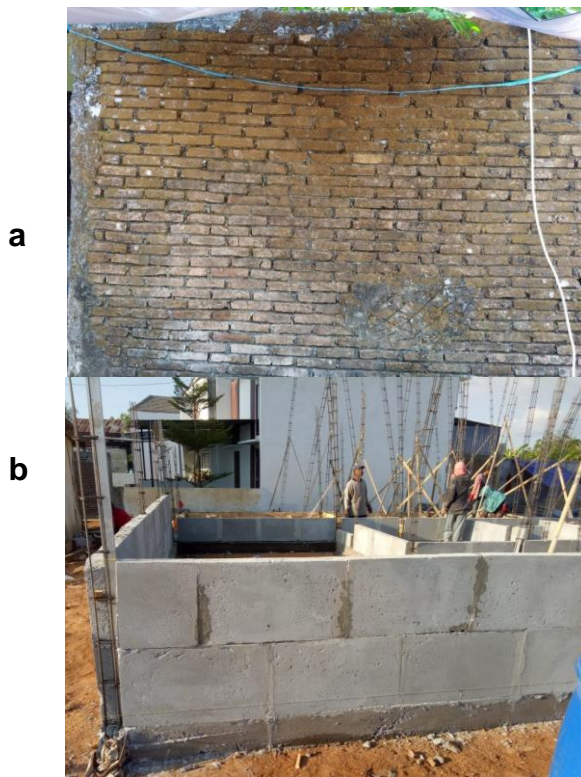
Dari sisi bahan baku, beberapa pabrik semen sudah menggantikan produksi *Ordinary Portland Cement* (OPC) dengan *Portland Composite Cement* (PCC) yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Selain untuk mengurangi efek negatif

terhadap lingkungan, produksi PCC juga lebih ekonomis sehingga dapat meningkatkan kapasitas produksi semen. Semen merupakan bahan pengikat yang penting untuk pembuatan beton, bahan konstruksi yang paling banyak digunakan di seluruh dunia dengan hasil tahunan di 2009, dengan 2,8 Gtons (WBCSD-*World Business Council for Sustainable*). Untuk produksi semen Portland jenis 1, 2, 3, 4 dan 5, bahan-bahan seperti batu kapur dan tanah liat perlu ditambang, dicampur dengan proporsi tertentu, dihaluskan dan dipanaskan pada suhu tinggi dalam tanur putar. Proses ini membutuhkan energi dan sumber daya yang intensif dan menghasilkan emisi CO yang cukup besar karena penguraian kalsium karbonat (kapur) menjadi kalsium oksida dan pembakaran bahan bakar fosil selama pemanasan campuran. Per 1 ton emisi bruto CO<sub>2</sub> semen global rata-rata diperkirakan sekitar 900 kg, terhitung 5-8% dari total emisi CO<sub>2</sub> atmosfer (Habert et al., 2010).

Dalam beberapa dekade terakhir di Indonesia, berdasarkan pertimbangan konservasi alam, pengurangan limbah seperti abu terbang, penurunan emisi CO<sub>2</sub> dan faktor-faktor lain yang terkait dengan pembangunan infrastruktur berkelanjutan, telah ada kecenderungan yang kuat ke arah pengembangan penambahan alternatif untuk pembuatan semen campuran ramah lingkungan seperti semen portland komposit (*Portland Composite Cement*). Pada awalnya semen portland komposit dibuat berdasarkan aturan tahun 2005 (SNI 2005) yang selanjutnya diperbaharui dengan SNI 2012. Dari sisi produk turunan semen, telah dikembangkan beton berbuisa (*foam concrete*), suatu pasta semen atau mortar yang didefinisikan sebagai sebagai beton ringan dengan density 400–1,850 kg/m<sup>3</sup>, memiliki rongga udara acak yang dibuat dari campuran *foam agent* di dalam mortar. Foam concrete memiliki *flowability* yang tinggi, penggunaan kadar semen yang rendah, dan penggunaan agregat yang efisien (Ramamurthy, K., 2009). Pembangunan gedung diseluruh dunia kini semakin memperhatikan penggunaan beton berbuisa.

Penghematan energi dan pertimbangan ramah lingkungan menjadi alasan utama penggunaan material ini. Bahan beton berbuisa terdiri dari bahan utama dan bahan tambahan. Bahan utama adalah mortar yang terdiri: semen, agregat, air, yang ditambahkan bahan lain berupa: *foam agent*. Beton berbuisa adalah pasta semen yang rapuh/*porous* atau campuran semen dan pasir halus dengan sel-sel udara mikro atau makroskopik yang seragam didistribusikan secara merata di seluruh campuran untuk menghasilkan beton ringan (ACI 523 2009). Ini adalah bahan penyusun struktur yang ekonomis, ramah lingkungan, ringan, tahan api dan rayap. Di dunia konstruksi, beton berbuisa banyak juga diaplikasikan untuk material nonstruktural seperti partisi, kelebihanannya yang tahan terhadap insulasi termal mampu menghemat penggunaan energi alat pendingin udara, serta massa jenisnya yang lebih ringan sehingga dapat mengurangi konsumsi agregat dan semen.

Di lain hal, permintaan akan perumahan murah dalam beberapa tahun terakhir telah menyebabkan meningkatnya pasaran perumahan buatan. Keinginan pabrikan untuk menggunakan material secara efisien mensyaratkan bahwa perilaku struktur-struktur ini dapat diteliti dan dikembangkan sepenuhnya sehingga prosedur desain berdasarkan perilaku yang diamati akan memastikan kemudahan pelaksanaan dan perawatan pada unit struktural. Salah satu yang dapat dimanfaatkan adalah panel pracetak berbahan beton busa dengan tujuan untuk menghasilkan dinding yang ringan dan tahan terhadap gempa. Gambar 8.1. memperlihatkan perbedaan dinding bata merah dengan dinding yang menggunakan panel pracetak beton ringan.



**Gambar 8.1.** (a). Dinding Bata Merah (b) Dinding Panel Pracetak Beton Ringan.

Terlihat bahwa dinding yang terbuat dari bata merah tidak tahan terhadap cuaca luar yang ditandai dengan tumbuhnya lumut yang menempel di permukaan pasangan bata merah tersebut sedangkan dinding yang terbuat dari panel pracetak beton ringan tahan terhadap cuaca luar. Di sisi lain, penggunaan material untuk plaster bata merah lebih banyak dibandingkan dengan material yang digunakan untuk plaster panel pracetak beton ringan. Oleh karena itu, penggunaan panel pracetak sangat menarik untuk digunakan terutama untuk hunian rumah tinggal sederhana.

Banyak penelitian eksperimental tentang perilaku dinding polos dan dinding pasangan bata yang mengalami simulasi

pembebanan dalam bidang seismik telah dilakukan dalam dekade terakhir. Spesimen dinding pasangan bata berskala penuh atau berukuran kecil yang terbuat dari bahan berbeda telah diuji pada kondisi batas yang berbeda. Prosedur pengujian yang berbeda-statis dan dinamis, siklik dan monotonik-telah digunakan untuk mensimulasikan efek beban seismik. Berbagai penelitian telah dilakukan berkaitan dengan dinding panel pracetak oleh Magenes, Guido dan Gian Michele Calvi, 1996 membahas masalah evaluasi kekuatan, deformabilitas, dan kapasitas disipasi energi dari dinding pasangan bata tanpa tulangan, dalam konteks penilaian seismik bangunan yang ada. Pendekatan yang mungkin untuk evaluasi kekuatan yang disederhanakan dibahas berdasarkan data eksperimental dan numerik, serta rumus untuk penilaian yang dijelaskan. Peran rasio geser yang dibuktikan dalam mekanisme kegagalan geser dan rumus kekuatan geser yang disyaratkan telah sesuai. Parameter yang paling signifikan mengenai deformabilitas di bawah pembebanan siklik disorot dan disipasi energi karena perilaku *hysteretic* dihitung untuk kemungkinan penggunaan dalam model dinamis. Hasil percobaan menunjukkan bagaimana penyimpangan akhir tampaknya menjadi indikator dengan keteraturan tinggi untuk dinding geser yang gagal. Berdasarkan hasil tersebut, pendekatan yang mungkin untuk penilaian seismik diuraikan.

Tomazevic, M., Lutman, M. & Petkovi, L., 1996 mempelajari pengaruh empat pola perpindahan lateral berbeda yang digunakan untuk simulasi eksperimental perilaku seismik dinding pasangan bata. Tiga puluh dua dinding pasangan bata bertulang yang sama telah diuji dengan menerapkan perpindahan yang meningkat secara monoton; perpindahan lateral siklik dengan amplitudo, peningkatan bertahap dalam blok yang telah ditentukan sebelumnya dari dua bentuk berbeda dan diulangi tiga kali pada setiap puncak amplitudo; dan simulasi respon perpindahan seismik. Dengan menerapkan pola

perpindahan yang sama secara dinamis, nilai resistansi lateral yang lebih tinggi dan perilaku awal dinding yang lebih kaku telah diperoleh daripada secara statis. Resistensi yang lebih tinggi dan perpindahan ultimit yang lebih besar telah diperoleh dengan cara monotonik dibandingkan dengan prosedur pembebanan siklik dari semua jenis. Pada tingkat beban vertikal yang lebih tinggi, tahanan lateral dinding meningkat, tetapi deformabilitas dan keuletan menurun pada kedua jenis pembebanan statis dan dinamis pada semua pola pembebanan.

Peter Seaders, R. G. T. H. M., 2008 mengevaluasi kinerja dinding geser rangka kayu pada beban monotonik dan siklik dengan cara: 1) menentukan variabilitas kinerja dinding geser; 2) membandingkan kinerja dinding di bawah setiap protokol pemuatan; 3) mengevaluasi efek penjangkaran pada kinerja dinding; dan 4) mengevaluasi kinerja dinding secara kualitatif dan kuantitatif sehubungan dengan ukuran kinerja yang ditentukan aturan. Rangkaian pengujian yang terdiri dari delapan bagian dan dua penjangkaran dinding full dilakukan dengan menggunakan protokol monotonik ASTM E564 dan protokol uji siklik CUREE untuk gerakan tanah biasa dengan total 20 dinding. Perbandingan statistik variasi parameter dan nilai rata-rata dibuat antara penjangkaran dinding sebagian yang diuji di bawah protokol yang berbeda dan perbandingan kinerja dibuat antara penjangkaran dinding sebagian dan seluruhnya. Uji siklik pada penjangkaran dinding sebagian umumnya menunjukkan koefisien variasi yang lebih rendah daripada uji monotonik. Mode kegagalan penjangkaran dinding penuh berbeda dari penjangkaran dinding sebagian karena penahan mengubah jalur beban. Perbandingan hasil pengujian dengan faktor ASCE 41 m menunjukkan bahwa keuletan dinding penahan sebagian berada di bawah kriteria yang diterima untuk dinding geser dengan selubung panel struktural.

Graham, D. A., Carradine, D. M., Donald A. Bender, M. & J. Daniel Dolan, M., 2010 mengkarakterisasi perilaku dinding geser kayu yang tunduk pada beban rak, dan untuk mengembangkan rekomendasi untuk merancang dinding kayu bulat untuk menahan beban lateral dari kejadian seismik atau angin. Pengujian monotonik dan siklus balik dilakukan pada dinding geser kayu dengan aspek rasio 1: 1, 2: 1, dan 4: 1. Dinding ini menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi daripada dinding geser rangka ringan konvensional dan perilaku histeris yang serupa dengan dinding geser beton dan pasangan bata. Dinding kayu tahan terhadap perpindahan besar dalam bidang tanpa pengurangan beban yang signifikan menggunakan penyangga lateral yang biasa digunakan untuk pengujian dinding rangka ringan; akan tetapi, prosedur pengujian akan ditingkatkan dengan menyediakan dukungan dinding penuh untuk menahan perpindahan dinding geser kayu yang keluar bidang. Rekomendasi desain dikembangkan berdasarkan eksperimen yang dilaporkan di sini.

Van de Lindt, John dan W Matthew A. Walz. 2003 menggabungkan model histeris baru untuk analisis dinding geser kayu, rangkaian Gerakan tanah dan distribusi nilai ekstrem untuk memperkirakan keandalan seismik dari dinding geser kayu untuk berbagai tingkat perpindahan dimana diyakini memiliki probabilitas yang sama melebihi periode 50 tahun, digunakan untuk memperkenalkan beberapa tingkat ketidakpastian dalam pembebanan. Beberapa percobaan dinding geser kayu dilakukan untuk mengkalibrasi model histeris baru dan memasukkan beberapa tingkat ketidakpastian ke dalam hambatan, atau histeresis. Untuk mensimulasikan respon seismik dari dinding geser menggunakan analisis domain waktu. Ketidakpastian dalam histeresis ditemukan memiliki pengaruh yang dapat diabaikan pada perkiraan keandalan untuk situs Boston, tetapi memiliki pengaruh yang signifikan untuk situs Los Angeles dan Seattle. Indeks keandalan



berkisar kurang dari nol hingga lebih dari tujuh, bergantung pada situs dan status batas.

Magenes, Guido dan Gian Michele Calvi. 1996 membahas masalah evaluasi kekuatan, deformabilitas, dan kapasitas disipasi energi dari dinding pasangan bata tanpa tulangan, dalam konteks penilaian seismik bangunan yang ada. Pendekatan yang mungkin untuk evaluasi kekuatan yang disederhanakan dibahas berdasarkan data eksperimental dan numerik, dan rumus untuk penilaian yang disajikan. Peran rasio geser yang dibuktikan dalam mekanisme kegagalan geser dan rumus kekuatan geser yang diusulkan sesuai. Parameter yang paling signifikan mengenai deformabilitas di bawah pembebanan siklik disorot dan disipasi energi karena perilaku *hysteretic* dihitung untuk kemungkinan penggunaan dalam model dinamis. Hasil percobaan menunjukkan bagaimana penyimpangan akhir tampaknya menjadi parameter dengan keteraturan tinggi untuk dinding geser yang gagal. Berdasarkan hasil tersebut, pendekatan yang mungkin untuk penilaian seismik diuraikan.

Silveira, D., Varum, H. & Carvalho, A. C., 2015 memberikan kontribusi terhadap pengetahuan tersebut. Sepuluh panel dinding bata jemuran skala penuh dibangun di laboratorium dengan bata jemuran yang dikumpulkan dari konstruksi yang ada dan dengan mortar yang diformulasikan dengan komposisi yang digunakan secara tradisional. Lima panel dinding diuji dengan kompresi sederhana dan lima panel dinding dengan kompresi diagonal. Dari pengujian ini dimungkinkan untuk menentukan dan mengevaluasi hubungan tegangan-regangan, kekuatan, deformasi, kekakuan, dan pola kerusakan dinding pasangan bata jemuran. Pengetahuan ini dapat mendukung rehabilitasi dan perkuatan gedung yang ada, kalibrasi model numerik, dan bahkan desain konstruksi bata jemuran yang baru.

Hendry, E. A., 2001 menawarkan tinjauan konstruksi dinding pasangan bata kontemporer yang dimulai dengan pernyataan singkat tentang aplikasi dan keuntungan dari bentuk konstruksi ini. Material batu meliputi tanah liat, beton, dan kalsium silikat yang menghasilkan berbagai ukuran, bentuk, dan warna unit. Mortar biasanya terbuat dari semen dan pasir dengan kapur atau plasticizer yang ditambahkan untuk meningkatkan kemampuan kerja. Dalam beberapa tahun terakhir jenis mortar baru telah dikembangkan termasuk mortar lapis tipis untuk digunakan dengan unit berdimensi akurat dan mortir dengan sifat termal yang ditingkatkan. Pertimbangan desain untuk dinding penahan beban dan non-penahan beban dirangkum dan metode konstruksi serta praktek lokasi, yang bertujuan untuk meningkatkan ekonomi dan produktivitas dijelaskan.

Salah satu solusi yang digunakan untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan tingkat tinggi maupun bangunan rumah tinggal dalam mengatasi simpangan horisontal adalah dengan pemasangan dinding geser (*shear wall*). Dinding geser dapat dipasang dalam posisi vertikal pada sisi bangunan tertentu yang berfungsi menambah kekakuan struktur dan menyerap gaya geser yang besar seiring dengan semakin tingginya struktur. Fungsi dinding geser dalam suatu struktur bangunan juga penting untuk menopang lantai pada struktur dan memastikannya tidak runtuh ketika terjadi gaya lateral akibat gempa. Ketika dinding geser ditempatkan pada lokasi-lokasi tertentu yang cocok dan strategis, dinding tersebut dapat digunakan secara ekonomis untuk menyediakan tahanan beban horizontal yang diperlukan.

## **8.2. Pengaruh Gempa Terhadap Non Engineering Building**

Bencana gempa dapat menyebabkan banyak bangunan rusak dan juga dapat menyebabkan keruntuhan. Setelah terjadi gempa, banyak bangunan yang rusak tersebut dirubuhkan atas saran dari pakar, konsultan maupun pihak pemangku

kepentingan, sementara sebenarnya bangunan tersebut masih bisa diperbaiki dan dilakukan perkuatan sehingga bangunan tersebut dapat digunakan kembali (Febrin dkk, 2011, 2014). Memberi saran untuk merubuhkan bangunan yang rusak setelah gempa merupakan keputusan yang mudah, tetapi tidak didukung oleh data yang memadai. Sampai saat ini Indonesia belum punya standar dalam melakukan asesmen kerusakan serta metode perbaikan dan perkuatan bangunan yang rusak pasca gempa. Keuntungan utama melakukan perbaikan dan perkuatan bangunan yang rusak pasca gempa akan dapat menghemat waktu dan biaya (Febrin dkk, 2011, 2014).

Secara umum, bangunan teknik sipil dapat dikelompokkan kedalam bangunan *nonengineered building* dan *engineered building*. *Non engineered building* merupakan bangunan sederhana seperti rumah masyarakat yang tidak dilakukan perhitungan struktur sementara *engineered building* merupakan bangunan yang direncanakan dan dilakukan perhitungan struktur dengan baik oleh konsultan atau ahli struktur (Teddy Boen, 2010). Akibat gempa Sumatera Barat tahun 2009 dan Gempa Palu tahun 2018 beberapa tahun lalu, banyak bangunan yang rusak, baik *non engineering building* maupun *engineering building*.

Sumatera Barat khususnya kota Padang, merupakan daerah yang memiliki potensi sangat besar terhadap gempa. Gempa 30 September 2009 lalu berkekuatan 7,5 skala richter yang berasal dari lepas pantai daerah Sumatera Barat merupakan kejadian yang menimbulkan banyak korban jiwa dan harta. Gempa Palu terjadi pada Jumat sore, 28 September 2018, pukul 18:02:44 waktu setempat (Waktu Indonesia Tengah, WITA) dengan magnitude Mw 7,4, berpusat di 26 km Utara Donggala, Sulawesi Tengah. Gempa ini menyebabkan guncangan yang kuat dan menghasilkan tsunami yang melanda kota Palu, yang berada di teluk Palu, serta likuifaksi besar-besaran terutama di daerah

Petobo dan daerah Balara di kota Palu. Gambar 8.2. memperlihatkan dampak gempa yang terjadi di Padang dan Palu.



**Gambar 8.2.** Gempa yang Terjadi di (a) Padang dan (b) Palu

Gempa bumi dapat menimbulkan bahaya dan bencana yang pada umumnya terjadi akibat rusak atau runtuhnya gedung-gedung dan bangunan-bangunan buatan manusia lainnya. Sampai saat ini manusia masih belum bisa berbuat banyak untuk mencegah terjadinya gempa bumi. Walaupun demikian manusia dapat mengurangi akibat buruk yang ditimbulkan oleh gempa dengan merencanakan dan membangun bangunan tahan gempa atau memperkuat bangunan buatannya. Bangunan tahan gempa ada 2 tipe yaitu (1) bangunan tahan gempa konvensional yang mengandalkan kekuatan bahan bangunannya yaitu sifat elastik (kaku) dan sifat liat (*daktail*), sifat kaku dimiliki oleh

bahan dari beton dan pasangan batu, sedangkan sifat liat dimiliki oleh logam, kayu dan bambu, (2) bangunan dengan isolator dasar (*base isolator*). *Base isolator* merupakan bahan yang terbuat dari karet dan baja lunak yang ditempatkan di antara fondasi (*sub structure*) dan sloof/kolom (*super structure*) yang berfungsi mereduksi/mengurangi energi gempa/percepatan tanah dasar ke bangunan sehingga sifat merusak dari gempa dapat diminimalkan.

Dari hasil studi lapangan pada kejadian dan kerusakan bangunan akibat gempa menunjukkan bangunan yang dominan mengalami kerusakan adalah bangunan penduduk (*non-engineered structures*) mencapai 85% dari total kerusakan. Daerah Sulawesi Tengah khususnya Kota Palu merupakan salah satu daerah di Indonesia dengan risiko gempa yang tinggi. Dilihat dari segi geoteknik, peraturan perencanaan tahan gempa untuk rumah dan gedung belum sepenuhnya memperhatikan aspek geologi dan seismologi. Bangunan belum didesain berdasarkan kondisi tanah setempat dan data gempa terbaru. Mempelajari dan menganalisis kondisi tersebut, maka sangat dibutuhkan upaya yang bertujuan untuk melakukan penelitian, penyuluhan, pelatihan serta peraturan yang bertujuan untuk melakukan upaya pengurangan dampak bencana.

Usaha-usaha tersebut dapat berupa kegiatan aktif seperti penelitian bangunan tahan gempa, perkuatan dan perbaikan bangunan yang belum tahan terhadap gempa berdasarkan peraturan bangunan tahan gempa terbaru. Dapat pula berupa kegiatan pasif seperti pelatihan dan kursus bagi para pekerja konstruksi yang langsung bersentuhan di lapangan, sehingga bangunan yang akan dibangun sudah memenuhi kaidah bangunan tahan gempa, sehingga jika di masa mendatang terjadi gempa, maka kerusakan yang terjadi dapat direduksi seminimal mungkin. Kerugian harta benda dan jiwa dapat diminimalisasi. Panel pracetak untuk dinding rumah tinggal contohnya

memiliki kekuatan geser yang memadai untuk menahan beban gempa kecil dalam rangka meminimalisir terjadinya retak-retak pada dinding akibat beban siklik. Gambar 8.3 memperlihatkan aplikasi panel pracetak yang disusun sebagai dinding rumah tinggal.



**Gambar 8.3.** Aplikasi Panel Pracetak Beton Ringan sebagai Dinding

### 8.3. Penutup

Material dinding non-struktural yang dapat digunakan sebagai alternatif adalah beton busa (*foam concrete*) berbahan semen portland komposit (PCC) yang diaplikasikan dalam bentuk panel pracetak yang disusun menyerupai susunan batu bata (*masonry wall*) dan dilakukan pengujian kekuatan geser dengan pembebanan secara lateral.



# BAB 9

## Material Lokal

Irianto

Universitas Yapis Papua

### 9.1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk di dunia selalu menunjukkan angka yang meningkat. Artinya tingkat penduduk yang lahir (natalitas) lebih banyak dari pada angka penduduk yang mati (mortalitas) dan juga jumlah penduduk dalam tingkat migrasi lebih mengarah pada angka di mana penduduk pendatang lebih banyak dari pada penduduk yang pergi terutama di daerah perkotaan. Pertumbuhan yang sangat besar ini menjadikan momok tersendiri bagi masyarakat penghuni dunia dengan segala risiko dari segi perekonomian maupun wilayah yang masih tersedia di bumi. Indonesia memiliki jumlah penduduk dengan jumlah total populasi sekitar 260 juta penduduk, dan Indonesia adalah negara berpenduduk terpadat nomor empat di dunia. Penduduk mempunyai peran yang strategis dalam pembangunan sebuah negara. Penduduk adalah objek sekaligus subjek dari pembangunan dalam sebuah negara. Penduduk sebagai objek pembangunan artinya bahwa tujuan pembangunan adalah untuk meningkatkan kesejahteraan



masyarakat. Sebagai subjek pembangunan, penduduk sebagai pelaku yang akan melaksanakan pembangunan.

Secanggih apapun teknologi yang digunakan, sebesar apapun modal fisik yang tersedia, jika penduduk tidak mempunyai nilai lebih dalam melaksanakan pembangunan (tidak berkualitas), maka dapat dikatakan bahwa negara tersebut sulit untuk maju. Jadi penduduk di sini sebagai salah satu modal yang terpenting dalam membangun sebuah negara. Setiap individu seharusnya mempunyai pengetahuan, pengalaman, keterampilan dan kemampuan inovasi. Untuk mendukung pembangunan infrastruktur di kawasan perbatasan dan pulau terluar, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (Pusjatan), Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Kementerian PUPR telah melakukan studi pemanfaatan agregat lokal substandar, seperti batu gamping, batu karang, batu apung, pasir kuarsa hingga pasir laut sebagai bahan pembuatan jalan dan pengembangan teknologi pembangunan jalan secara padat karya dengan mengikutsertakan seoptimal mungkin sumber daya manusia setempat. Seperti contohnya pada daerah Papua, selama ini pembangunan infrastruktur di pesisir selatan Papua terkendala pasokan material dari Sulawesi. Tongkang pembawa material sering terhambat cuaca ekstrem menyebabkan pengiriman menjadi terhambat sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan material lokal akan sangat membantu pembangunan di suatu kawasan. salah satunya yaitu mempercepat proses pembangunan karena material didatangkan langsung dari daerah juga akan memberikan manfaat ekonomi lebih besar ke masyarakat setempat.

## **9.2. Material Lokal**

Pada beberapa daerah sumber bahan lokal banyak tersedia tapi belum dimanfaatkan secara optimal karena bahan tersebut mempunyai mutu di bawah standar. Bahan perkerasan yang tidak memenuhi spesifikasi/standar, biasa disebut bahan sub

standar, dan agar bahan tersebut dapat digunakan secara optimal diperlukan pengkajian baik di laboratorium maupun uji coba di lapangan. Pendayagunaan sumber daya alam (SDA) yang lebih optimal diharapkan mampu mendukung pertumbuhan ekonomi nasional dan pemerataan pembangunan di berbagai daerah, penciptaan lapangan kerja dan penanggulangan kemiskinan dan meningkatkan sumber pendapatan asli daerah dengan tetap menjaga daya dukung lingkungan. Menurut Adekunle dan Odeyale (2008), material lokal merupakan sumber daya yang mudah ditemukan di area tertentu pada waktu tertentu dalam jumlah yang besar. Material tersebut dapat berlimpah di beberapa daerah dan juga dapat tidak tersedia di tempat lain.

Provinsi Papua selain kaya akan sumber daya alam (SDA) berupa bahan galian tambang, material lokal sisipan hasil galian tambang yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan perkerasan jalan berupa batu agregat cukup tersedia di Kabupaten Merauke, dengan deposit yang cukup besar namun belum dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan bahan agregat lokal dapat mempercepat waktu penyelesaian pembuatan jalan. Dengan adanya pemanfaatan tersebut sumber daya alam yang dimiliki daerah dapat digali dan dimanfaatkan sebagai upaya peningkatan pendapatan asli daerah dan kesejahteraan masyarakat sekitar menjadi meningkat. Agar material lokal bisa digunakan untuk komponen perkerasan jalan, perlu tahapan penelitian eksperimen yaitu pengujian mutu di laboratorium untuk mengetahui kualitas bahan agregat lokal tersebut yang nantinya bisa digunakan untuk material campuran perkerasan lentur yang memenuhi syarat atau spesifikasi yang telah ditentukan. Namun untuk mendapatkan agregat yang memenuhi syarat sulit dilakukan jika agregat diambil langsung dari alam (*quarry*). Sehingga untuk mendapatkan bentuk butiran agregat yang diharapkan yaitu minimal mendekati gradasi yang memenuhi untuk campuran aspal diperlukan pengolahan

material dari alami(*quarry*) lebih lanjut dengan menggunakan mesin pemecah batu (*stone crusher*).



**Gambar 9.1.** Material Lokal Batu Kapur (kiri), Material Lokal Pasir Tailing (Kanan)

(Sumber: Kompasiana, 2020)

### 9.3. Eksplorasi Material Lokal sebagai Bahan Bangunan

Sejak dulu, masyarakat Indonesia menggunakan material yang ada disekitar untuk dijadikan sebagai bahan bangunan rumah, bahkan hingga saat ini. Material yang dimaksud adalah kayu, bambu, idan batu alam. Kemudian berkembang pada sistem pengolahan bahan alami seperti tanah liat menjadi batu bata dan pasir menjadi batako.

1. Bambu dikenal dengan material yang ramah lingkungan. Pemanfaatan bambu sebagai konstruksi bangunan sudah menjadi kebiasaan masyarakat desa, hal ini menjadikan bambu dipersepsikan sebagai bahan bangunan kaum miskin yang murahan dan cepat rusak. Seiring dengan perkembangan teknologi, bambu kembali menjadi primadona arsitektur yang memiliki nilai seni tinggi dan kuat struktural.
2. Kayu telah menjadi bagian penting dari masyarakat Indonesia dalam hal pembangunan. Sejak zaman dahulu, kayu telah digunakan sebagai elemen bangunan baik struktural maupun aksentual. Sekarang kayu telah mangalami perkembangan, sehingga penggunaan kayu pada

bangunan dapat didesain sesuai dengan keinginan dan kebutuhan. Rumah-rumah kayu saat ini bermunculan kembali dengan model dan desain yang beragam. Bahkan tidak sedikit desain yang menggunakan kayu sebagai material utama untuk diekspos sehingga memiliki nilai seni tinggi dan dapat menimbulkan kesan unik dan eksotis.

3. Batu bata dapat didaur ulang, artinya batu bata bersifat ramah lingkungan. Perkembangan teknologi dalam proses pembuatan batu bata mempermudah masyarakat untuk memperoleh jenis bata yang diinginkan. Salah satunya adalah konsep bata ekspos pada fasad bangunan, yang menggunakan bata hasil pabrikasi, sehingga dimensi dan permukaannya lebih presisi serta halus. Saat ini, bata memiliki nilai seni yang diminati masyarakat kota, karena memberikan kesan alami layaknya suasana di pedesaan.
4. Batu alam merupakan material yang cukup penting dan sering digunakan. Jenis batu alam yang berfungsi struktural yaitu batu kali karena memiliki bentuk yang besar dan kuat sehingga sering digunakan untuk material pondasi. Untuk fungsi non struktural, sekarang banyak jenis batu alam digunakan. Batu alam jenis batu candi, palimanan, batu alur, dapat digunakan sebagai dinding. Ada juga jenis batu coral, batu lempeng, sebagai material lantai pengganti tegel dan keramik. Penggunaan material batu alam pada eksterior dan interior bangunan, dapat menimbulkan kesan kuat, sejuk, unik dan eksotis. Terlebih lagi jika dipadukan dengan tata lighting yang tepat, akan semakin memperkuat karakteristik batu alam.



**Gambar 9.2.** Material Lokal Bahan Bangunan

(Sumber: bangunanhijau.com, 2020)

#### **9.4. Pemanfaatan Limbah sebagai Material Lokal Bahan Bangunan**

Pada saat ini penggunaan dan pengolahan batu bara semakin banyak digunakan oleh industri penghasil sumber daya. Salah satunya limbah batu bara yang dihasilkan oleh PLTU Holtekamp, Jayapura, Papua. Penggunaan dan pengolahan batu bara terdapat beberapa keuntungan dan kerugian. Keuntungan yang didapat yaitu batu bara sebagai salah satu alternatif pengganti sumber daya seperti minyak dan salah satu kerugian yang didapat yaitu limbah yang dihasilkan oleh batu bara menyebabkan polusi udara di sekitar pabrik. Hasil limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan batu bara yang berhubungan dengan penelitian ini adalah abu terbang atau Ely ash. Fly ash dapat digunakan sebagai material stabilisasi tanah, sebagai material filler pada pembuatan aspal dan sebagai bahan substitusi semen untuk pembuatan beton. Keuntungan penggunaan fly ash sebagai material lokal adalah untuk memanfaatkan material hasil buangan pabrik dan harganya

lebih murah dibandingkan dengan stabilisasi kapur maupun semen.



**Gambar 9.3.** Material Fly Ash (Abu Terbang)

(Sumber: Lauw Tjun Nji, 2020)

Selain limbah batu bara fly iash (abu terbang) masih berlokasi di Provinsi Papua, tepatnya pertambangan yang berlokasi di PT Freeport, Tembagapura Timika Papua, sampai saat ini menghasilkan jutaan ton limbah tailing hasil pengolahan telah dibuang, dari 7.275 iton/hari di tahun 1973, meningkat menjadi 31.040 ton/hari di tahun 1988 dan saat ini menjadi 223.100 ton/hari. Keberadaan tailing dalam dunia pertambangan dalam jumlah yang besar tidak bisa dihindari, dikarenakan dari penggalian atau penambangan yang dilakukan, sangat kecil persentase bijih yang menjadi produk, sementara sisanya menjadi tailing yang memungkinkan dapat dimanfaatkan sebagai imaterial agregat halus (pasir). Penggunaan limbah seperti tailing akan sangat bermanfaat jika digunakan secara tepat. Mengingat kebutuhan beton yang sekarang ini terus meningkat, sedangkan ketersediaan agregat alami terus menipis maka penggunaan agregat alternatif berupa agregat dari sisa limbah akan sangat bermanfaat dalam dunia konstruksi.

## 9.5. Penerapan Material Lokal Pada Bidang Konstruksi

Pada awalnya manusia hanya memanfaatkan apa yang ada di alam sebagai sarana dan prasarana ataupun infrastruktur dalam kehidupannya. Kemudian memanfaatkan apa yang ada di alam sebagai bahan-bahan untuk membuat infrastruktur seperti halnya batu, tanah dan kayu. Setelah ditemukan bahan tambang yang dapat digunakan untuk membuat alat atau benda yang menunjang sebuah bangunan seperti halnya barang logam dan mengolah bahan-bahan seperti mengolah batuan kapur, pasir dan tanah. Dalam perkembangannya, manusia membuat bahan-bahan bangunan dari hasil industri atau buatan manusia yang bahan-bahannya bakunya diambil dari alam. Berikut beberapa Material lokal yang dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi bangunan adalah :

### 1. Batu Kapur

Batu kapur banyak ditemukan di seluruh wilayah Indonesia, namun sebagian besar terdapat di daerah Sumatera Barat, Jawa Timur, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur dan Papua. Batu Kapur pada bidang konstruksi dapat dimanfaatkan sebagai bahan stabilisasi Tanah Ekspansif dengan pada pekerjaan timbunan. Besarnya nilai CBR sebagai bentuk stabilitas dari tanah yang ditambahkan kapur padam dari 3%, 6%, 9% dan 12% sebagai material timbunan, kemudian sebagai bahan penyusun bata ringan AAC bata ringan AAC adalah beton selular dimana gelembung udara yang ada disebabkan oleh reaksi kimia, adonan AAC umumnya terdiri dari pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan aluminium pasta sebagai bahan pengembang (pengisi udara secara kimiawi), kemudian sebagai bahan pengisi pada beton aspal AC-WC Penggunaan persentase kapur sebesar 0%, 25%, 50%, dan 75% terhadap berat filler. Kualitas campuran dengan menggunakan kapur sebagai bahan pengisi lebih baik.

## 2. Pasir Tailing

Pasir tailing merupakan limbah dari proses produksi pengolahan bijih emas dan tembaga yang belum dimanfaatkan secara optimal terutama sebagai material perkerasan jalan. Pasir tailing didapat diperoleh dari hasil pertambangan yang berlokasi di Kabupaten Timika, Provinsi Papua Barat. Tailing dapat dimanfaatkan sebagai bahan perkerasan jalan seperti lapis pondasi tailing maupun campuran panas tailing aspal (HMTA). Dengan pemanfaatan tailing sebagai bahan perkerasan jalan maka akan mengurangi limbah produksi pengolahan bijih emas dan tembaga.

## 3. Pasir Laut

Pasir laut di Kabupaten Kaimana umumnya terdeposit di daerah perbukitan yang jauh dari laut. Pasir ini memiliki kandungan garam sangat kecil, yaitu hanya 0,81%. Walaupun kecil tetapi karena mengandung garam, pasir ini dikenal dengan sebutan pasir laut. Latasir yang dibuat dengan penambahan filler jenis apa saja dapat memenuhi sifat Marshall yang disyaratkan dalam spesifikasi tersebut, ini dapat menaikkan stabilitas sisa Latasir yang dihasilkan walaupun nilainya masih berada di bawah nilai stabilitas sisa yang disyaratkan tetapi sudah jauh lebih baik dari sifat awalnya yang hanya menggunakan abu batu sebagai fillernya (A).

## 4. Fly Ash

Limbah batu bara yang dihasilkan oleh PLTU Holtekamp, Jayapura, Papua, berupa abu terbang (fly ash). Fly Ash dapat digunakan sebagai material stabilisasi tanah, sebagai material filler pada pembuatan aspal dan sebagai bahan substitusi semen untuk pembuatan beton. Keuntungan penggunaan Fly Ash sebagai material lokal adalah untuk memanfaatkan material hasil buangan pabrik dan harganya lebih murah dibandingkan dengan stabilisasi kapur maupun semen.



## **9.6. Dampak Positif Pemanfaatan Material Lokal untuk Bangunan**

Sumber daya alam dan lingkungan hidup berperan sangat penting dalam mengamankan serta menjamin seluruh kelangsungan pembangunan. Sumber daya alam merupakan semua hal yang berasal dari alam yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Indonesia termasuk negara yang memiliki kekayaan alam yang berlimpah dibandingkan negara-negara yang lain. Dengan banyaknya kekayaan alam yang berlimpah, dapat dijadikan sumber penghidupan. Potensi Sumber Daya Alam (SDA) yang ada jika tidak disertai dengan kapasitas masyarakat dalam mengelola dan memanfaatkannya untuk mencapai perubahan, kemajuan dan kesejahteraan (khususnya kesejahteraan ekonomi). Dalam memanfaatkan sumber daya alam, sebaiknya manusia tidak semua dimanfaatkan. meskipun sumber daya alam ada yang dapat diperbaharui, tetap harus dihemat dalam pemakaiannya. Sumber daya alam dan lingkungan hidup berperan sangat penting dalam mengamankan serta menjamin seluruh kelangsungan pembangunan secara berkelanjutan.

Penggunaan material pada suatu bangunan memegang peranan penting terkait dengan tujuan menghemat waktu, biaya dan ramah lingkungan. Menggunakan material lokal maksudnya adalah mengurangi beban gas emisi akibat transportasi yang jauh. Artinya semakin sedikit gas emisi yang terkandung dalam material akibat jarak transportasi ataupun proses di pabrik maka semakin ramah lingkungan material tersebut. Saat ini yang dapat dikatakan regional material adalah semua material yang diproduksi dekat dengan lokasi proyek. Seperti pasir, batu kali, bata merah, bata ringan, besi, aluminium, gypsum dan ilain-lain. Pemanfaatan imaterial lokal dilakukan untuk mengatasi kelangkaan material dan penghematan biaya. Pemanfaatan material lokal dan limbah untuk konstruksi bangunan ini akan

sangat membantu program pemerintah dalam mengatasi pencemaran lingkungan sekaligus sebagai bahan masukan untuk pemerintah setempat untuk memanfaatkan material lokal untuk keperluan lain di bidang teknik sipil.

## **9.7. Penutup**

Penduduk mempunyai peran yang strategis dalam pembangunan sebuah negara. Penduduk adalah objek sekaligus subjek dari pembangunan dalam sebuah negara. Penduduk sebagai objek pembangunan artinya bahwa tujuan pembangunan adalah untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Sebagai subjek pembangunan, penduduk sebagai pelaku yang akan melaksanakan pembangunan. Pada beberapa daerah sumber bahan lokal banyak tersedia tapi belum dimanfaatkan secara optimal karena bahan tersebut mempunyai mutu di bawah standar. Material lokal merupakan sumber daya yang mudah ditemukan di area tertentu pada waktu tertentu dalam jumlah yang besar.

Indonesia termasuk negara yang memiliki kekayaan alam yang berlimpah dibandingkan negara-negara yang lain. Dengan banyaknya kekayaan alam yang berlimpah, dapat dijadikan sumber penghidupan. Potensi Sumber Daya Alam (SDA) yang ada jika tidak disertai dengan kapasitas masyarakat dalam mengelola dan memanfaatkannya untuk mencapai perubahan, kemajuan dan kesejahteraan (khususnya kesejahteraan ekonomi). Sejak dulu, masyarakat Indonesia menggunakan material yang ada disekitar untuk dijadikan sebagai bahan bangunan rumah, bahkan hingga saat ini. Material yang dimaksud adalah kayu, bambu, dan batu alam, batu kapur, dan bahan lainnya seperti limbah hasil pertambangan yang sudah terbuang, seperti limbah tailing, limbah dan batu bara. Penggunaan material pada suatu bangunan memegang peranan penting terkait dengan tujuan menghemat waktu, biaya dan ramah lingkungan. Menggunakan material lokal maksudnya

adalah mengurangi beban gas emisi akibat transportasi yang jauh.

# Bab 10

## Material Prefabrikasi dan Metode Konstruksi

Masdiana

Universitas Halu Oleo

### 10.1. Pendahuluan

Beton adalah bahan bangunan yang paling banyak digunakan pada bangunan gedung karena memiliki banyak keunggulan dibandingkan bahan lainnya. Para peneliti mengembangkan berbagai inovasi beton baik dalam kekuatan, workability maupun dalam hal biaya. Salah satu inovasi yang spektakuler adalah beton pracetak (*precast concrete*) yang sangat mudah dalam pemasangan untuk membentuk suatu struktur bangunan. Produk beton pracetak dibuat secara massal oleh beberapa pabrik untuk kebutuhan konstruksi. Beton pracetak diproduksi sesuai pesanan dengan ukuran, model, workability, durabilitas dan kekuatan yang telah ditentukan oleh pemesan. Pembuatan beton pracetak menggunakan cetakan dan ukuran tertentu yang disesuaikan dengan pesanan dan kebutuhan.

Hal yang penting yang harus diperhatikan dalam menghasilkan suatu beton pracetak yang kuat, dibutuhkan material yang berkualitas dan *mix design* yang tepat. Untuk beton pracetak yang digunakan untuk kolom dan balok, maka beton menggunakan tulangan besi yang bertujuan agar pracetak

menjadi mampu menahan beban. Beton pracetak yang diproduksi pabrik akan menghasilkan beton yang kekuatannya terjamin dan dijamin oleh pabrik. Metode pembuatan beton pracetak sama dengan beton konvensional terbuat dari campuran agregat, air dan pengikat semen. Kelebihan beton pracetak antara lain memiliki performa tinggi dalam kualitas, desain, keselamatan dan selanjutnya pengerjaannya adalah merangkai dan menyambung di site lokasi.

### 10.1.1 Klasifikasi Mutu SNI Beton Pracetak

Kualitas mutu beton adalah tanda kualitas atau kekuatan dari beton yang biasa ditulis dalam angka K, FC dan sebagainya. Mutu beton adalah nilai kuat tekan beton per  $\text{cm}^2$ . Jika mutu suatu adalah beton K-100 maka batas maksimum kuat tekan beton adalah 100 Kg per luasan  $1\text{cm}^2$ .

Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) membagi beton berdasarkan mutu beton pracetak yaitu sebagai berikut :

1. Beton kelas-I : Mutu beton  $K100 < K200$
2. Beton kelas-II : Mutu beton  $K225 < K275$
3. Beton kelas-III : Mutu beton  $K325 > K500$

Beton kelas-I digunakan di pekerjaan sarana jalan, pondasi, kolom dan lain-lain. Semakin mutu kelas beton semakin besar kekuatan beton dalam menahan beban lebih berat. Contoh penggunaan beton kelas III yaitu pada landasan pesawat. Perawatan beton pracetak wajib dilakukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). Tujuan perawatan adalah menjaga persentase kadar air dalam beton agar mutu dapat terjaga dengan baik. Cara perawatan beton pracetak antara lain menyiram permukaan beton (*curing*) atau membungkus permukaan beton dengan karung yang basah. Setelah umur beton telah mencapai 28 hari, maka beton telah dapat dibebani.

### 10.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Para perencana dan pelaksana harus mengetahui kelebihan dan kekurangan beton *precast*. Mereka harus mempertimbangkan penggunaan beton pracetak, mutu, model dan metode sambungan yang digunakan sehingga tidak mengurangi kekuatan dari beton pracetak.

Berikut beberapa kelebihan pracetak sebagai berikut:

1. Beton pracetak lebih bervariasi, bentuk mengikuti pesanan dan kebutuhan oleh pemesan. Sebaiknya menggunakan beton pracetak produksi pabrik jika beton memiliki bentuk yang sulit dilakukan pengecoran di tempat.
2. Proses penyambungan lebih mudah, beton precast dapat langsung dipasang pada bagian presisi dengan tujuan memudahkan pemasangan di panel. Pada sambungan tidak boleh ada celah. Jika terjadi penambahan volume bangunan, maka para pekerja bangunan hanya menambah beberapa panel elemen.
3. Panel beton memiliki kualitas yang sesuai standar dan seragam, proses pembuatan beton pracetak menggunakan alat dan teknologi terbaru sehingga detail sambungan dan kekuatan konstruksi sesuai perencanaan.
4. Tidak tergantung cuaca, proses keterlambatan *ready mix* ke site lokasi, membuat pematangan beton dapat terjadi saat perjalanan dan saat beton telah padat saat dituang. Apabila beton ditambahkan air, maka beton akan mengalami lecek, hal ini dapat mengurangi kekuatan beton pracetak. Faktor cuaca saat musim penghujan dapat mengganggu proses curing.
5. Lebih efektif dan efisien, penggunaan beton pracetak dapat mengurangi biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan

konstruksi karena dapat dilaksanakan dalam waktu singkat dan tenaga kerja yang dibutuhkan tidak banyak.

6. Ramah lingkungan karena tidak menimbulkan sampah di lokasi. Panel beton pabrikasi bersih, tidak mengandung polusi akibat debu-debu di lokasi.
7. Dapat dicampur dengan zat tambahan. Panel pracetak dapat dibuat dengan bermacam-macam warna sesuai keinginan konsumen. Sebagai contoh beton pracetak yang menggunakan *titanium dioxide*. Zat ini akan menutupi pori-pori beton sehingga debu tidak melengket dan beton mudah dibersihkan atau terhapus air hujan.

Kekurangan beton pracetak antara lain sebagai berikut:

1. Saat pengangkutan beton pracetak ke lokasi membutuhkan alat berat dan alat transportasi skala besar sehingga mempersulit dan tidak dapat menjangkau daerah sempit. Dibutuhkan lokasi yang luas untuk menampung beton pracetak;
2. Beton pracetak membutuhkan alat berat untuk mengangkat dan memindahkan panel pracetak saat penyambungan sehingga mengalami kenaikan dari segi biaya;
3. Saat pengangkutan beton pracetak mudah mengalami kerusakan akibat getaran atau tumbukan.

## **10.2. Material Prefabrikasi**

Ada 3 macam konstruksi prefabrikasi, diantaranya adalah:

1. Diproduksi oleh pabrik sehingga panel elemen-elemen seragam, mutu dijamin dan terjamin dan biasanya pabrik menjamin hingga panel hingga site lokasi;
2. Pembuatan beton pracetak dilakukan oleh pelaksana di site lokasi sehingga lebih murah dalam hal transportasi;

3. Panel elemen pracetak telah dirakit sehingga membutuhkan lokasi yang lebih luas.

### 10.2.1 Bentuk Beton Pracetak

Berikut beberapa produk beton pracetak yang biasa dipakai antara lain:

#### a. Pagar panel beton

Pagar pracetak adalah balok persegi yang bentuknya disusun dan ditopang panel kolom. Pagar pracetak tahan lama dan juga kokoh karena mutu terjamin dan dijamin mampu bertahan lama. Metode pelaksanaannya dengan memasukkan ujung kiri dan ujung kanan ke sisi kolom. Pastikan setiap susunan balok telah rapat dan tersusun dengan benar.

#### b. Road Barrier

Road barrier beton berfungsi untuk pembatas jalan yang dilapisi dengan fiber. Road barrier adalah beton pracetak komposit yang proses pembuatan menggunakan alat cetakan khusus agar ukuran seragam yang presisi tinggi.



**Gambar 10.1** Road Barrier (docplayer.info)

Kanstin berfungsi sebagai pembatas jalan, meningkatkan kinerja sambungan, sebagai pengikat ketika tanah mengalami deformasi dan penanda ketinggian. Contoh penggunaan kanstin antara lain penggunaan sarana pejalan kaki lebih



tinggi dari jalanan sehingga tidak mengganggu kendaraan. Kanstin juga digunakan sebagai pinggir taman, trotoar dan sebagainya.

c. U-Ditch

U-ditch adalah beton kanal yang berfungsi sebagai saluran air ataupun irigasi. Fungsi utamanya adalah sebagai saluran air yang mampu membawa atau mengalirkan air serta dapat meresapkan sebagian air hujan ke dalam tanah. Dimensi dan model bervariasi tergantung dari fungsi serta besar debit air yang akan dialirkan.



**Gambar 10.2** Road Barrier (docplayaer.info)

U-ditch adalah saluran dari beton bertulang berpenampang “U” dan ada juga yang lengkap dengan penutup dari pelat beton bertulang. Produk U-ditch terbagi atas 2(dua) tipe yaitu *Heavy Duty* (HD) dan *Light Duty* (LD).

d. Box Culvert

Persamaan *Box culvert* dengan u-ditch adalah terletak pada fungsinya yaitu sebagai saluran drainase. Perbedaan adalah *box Culvert* berbentuk kotak, memiliki spigot dan socket. *Box Culvert* merupakan beton yang kedap air atau eksfiltrasi sehingga air hujan tidak menyerap ke dalam tanah. Kelebihan *box culvert* antara lain menahan pergeseran tanah, dapat

dijadikan sebagai drainase di daerah perkotaan, *underpass*, *tunnel*, *subway*, jembatan dan gorong-gorong.



**Gambar 10.3** Box Culvert dan Buis Beton

e. Buis Beton/Pipa Beton RCP

Fungsi buis beton sama dengan box culvert U-Ditch yaitu sebagai saluran drainase. Perbedaan pada bentuknya dimana buis beton berbentuk tabung silinder. Ukuran produk buis beton disesuaikan debit air dan pesanan pembeli.

f. *Paving block/ Grass block*

*Paving block* berfungsi sebagai penutup tanah yang terbuat dari beton pracetak. Kelebihan *paving blok* antara lain tahan lama, kekuatan paving dibuat sesuai pesanan, murah, memiliki bentuk yang bervariasi, mudah dalam pengerjaan, mudah dalam *maintenance* dan dapat dibuat berwarna warni sehingga tidak perlu dilakukan pengecatan. Hal yang wajib diperhatikan adalah saat pemasangan *paving block*, proses pemadatan tanah dasar dilakukan secara benar dan baik. Pemadatan yang baik dapat menghasilkan sambungan paving kuat.



**Gambar 10.4** Paving Block dan Grass Block (docplayaer.info)

*Grass Block* atau paving berumput merupakan beton pracetak paving block yang berfungsi untuk perkerasan jalan, lantai area parkir, lantai taman dan lain sebagainya. Grass block dibuat berbagai berbentuk yang rongga dapat ditanami rumput, rongga grass block dapat meneruskan air hujan ke dalam tanah. Bata ringan.

#### g. Bata Ringan

Bata ringan telah banyak digunakan sebagai dinding karena sifatnya yang tahan terhadap air, api, ringan, ukuran lebih besar, efisien dan efektif menjadikan bahan yang paling banyak diminati di dunia konstruksi gedung. Kemajuan teknologi konstruksi semakin pesat, menghasilkan inovasi sehingga pekerjaan lebih efisien dan efektif.

Keunggulan bata ringan antara lain :

1. Pengganti batu bata atau batako sebagai dinding;
2. Ringan tetapi permukaan sama dengan beton ;
3. Permukaannya halus dan rata sehingga tidak perlu diplesteran;
4. Lebih presisi, rapi, bersih dan memiliki bentuk yang seragam dari ketebalan dan ukuran karena menggunakan cetakan beton

5. Bata ringan dicetak secara massal oleh pabrik sehingga mutunya dijamin dan terjamin;
6. Bata ringan memiliki berat jenis kering sekitar  $530 \text{ Kg/m}^3$ . Hal ini berarti bobot lebih ringan dari batu bata atau batako. Proses pengangkutan lebih cepat sehingga pekerjaan pemasangan dinding lebih cepat selesai;
7. Kuat dan ringan, sebagai contoh beton pracetak jenis AAC menghasilkan dinding yang lebih tahan terhadap guncangan dan dapat ditambah karena berat lebih ringan dan tidak membebani struktur bangunan;
8. Ekonomis karena menggunakan mortar atau perekat instan;
9. Tidak perlu plesteran yang tebal. Plesteran dilakukan untuk menambah estetika dan melindungi material dinding dari rembesan air hujan dan cuaca buruk;
10. Sulit terbakar, sebagai contoh bata ringan jenis AAC yang tahan suhu tinggi. Jika terjadi kebakaran, maka daerah yang terbakar terbatas dan tidak meluas
11. Kedap suara dan tahan terhadap air akibat rongga udara terdapat di dalam bata ringan. Bata yang dibuat oleh pabrik diproduksi agar kedap air sehingga tahan terhadap cuaca dan suhu.



**Gambar 10.5** Bata ringan

## Kekurangan Bata Ringan

1. Harga bata ringan lebih mahal dari bata merah atau batako karena kualitas dan keunggulannya,;
2. Membutuhkan tukang yang berpengalaman. Pemasangan bata ringan menggunakan roskam bergigi, sehingga harus dikerjakan oleh tukang yang ahli dan berpengalaman dalam pekerjaan memasang dinding bata ringan;
3. Hanya dipasarkan oleh toko, agen atau distributor;
4. Perekatan bata ringan memerlukan mortar khusus yang harganya lebih mahal. Untuk memasang bata ringan dibutuhkan perekat yang berbeda;
5. Pengeringan lebih lama, maka penyiraman tidak perlu dilakukan saat pemasangan bata ringan karena akan menyebabkan proses pengeringan *hebel block* akan butuh waktu yang lama.

### 10.3. Metode Konstruksi

Berdasarkan metode pengecoran, maka beton pracetak dapat dibagi atas:

- A. *Beton pracetak sebagian*, menggunakan 2 (dua) metode antara lain :
  1. Pelat pracetak yang disambung dengan join balok-kolom konvensional contoh *hollowcore, doble tee atau grid*.
  2. Hibrid sistem, yaitu pada awalnya panel beton berfungsi sebagai perancah kemudian dicor dan perilaku sebagai beton komposit.
- B. *Beton pracetak penuh*, seluruh elemen kolom, balok dan slab adalah pracetak. Berdasarkan lokasi sambungan, beton dibagi atas:
  1. Sambungan di daerah kritis;

2. Sambungan di daerah tidak kritis, sambungan di daerah tidak kritis tidak akan mempengaruhi perilaku struktur.

### 10.3.1 Sistem Koneksi Beton Pracetak

Berdasarkan bahan sistem koneksi beton pracetak dapat dibagi atas 2(dua) jenis, antara lain: sambungan pada beton dan ikatan pada tulangan.

#### A. Sambungan

Ada 2(dua) sistem sambungan pada beton pracetak bertulang, antara lain:

1. Sistem sambungan basah, hal ini dilakukan pada sambungan beton menggunakan mekanisme pengecoran atau grouting;
2. Sistem sambungan kering, hal ini dilakukan pada tulangan dengan menggunakan metode mekanik yaitu sambungan las dan baut.

Berdasarkan gaya yang bekerja, maka sambungan dibagi atas:

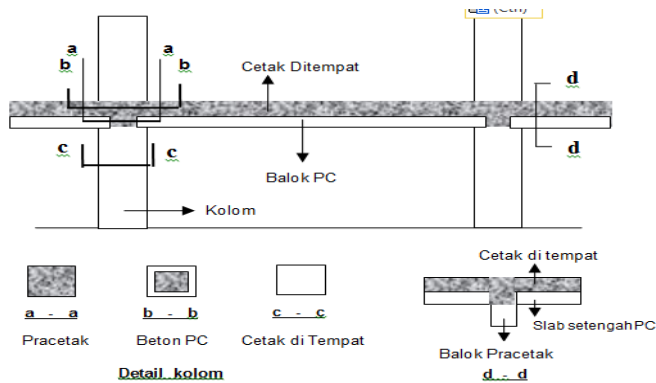
1. Sambungan yang pada panel elemen yang menerima beban vertical;
2. Sambungan yang beban sendiri dari komponen;
3. Sambungan yang pada awalnya beban dipikul oleh elemen pendukung sementara;
4. Sambungan yang harus memenuhi syarat kedap air dan kedap suara.

Menurut (Shiddiq, 1995), jenis sambungan pracetak dapat dibagi menjadi 4(empat), yaitu:

1. Sambungan pracetak jenis 1

Sambungan kolom adalah pracetak penuh atau pracetak sebagian atau dikenal dengan istilah *cast in place*. Proses *erection* beton pracetak adalah konstruksi setengah jadi.

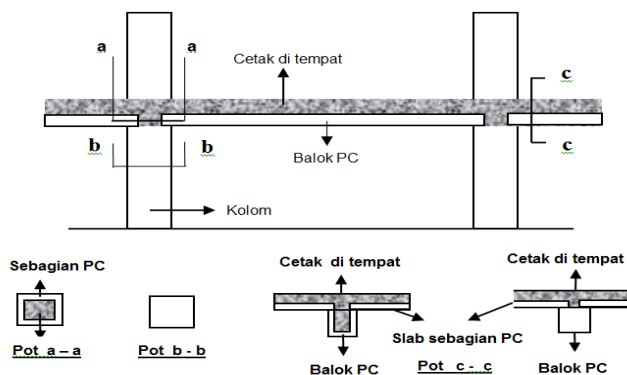
Kemudian pracetak disambung di daerah plat lantai dengan menggunakan sistem *cast insitu slab*.



**Gambar 10.6.** Sambungan Pracetak Jenis 1 (Masdiana, 2018)

## 2. Sambungan pracetak jenis 2

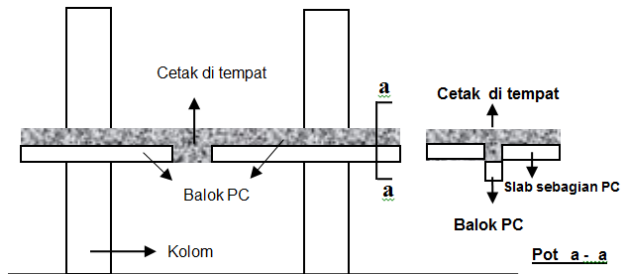
Sambungan kolom berupa pracetak sebagian, lalu bagian rongga *outer shell precast* diisi beton insitu menjadi kolom utuh. Sebagian balok pracetak dicor dalam bentuk U atau L, balok disambung dengan kolom dengan metode pengecoran di join balok kolom dan slab.



**Gambar 10.7** Sambungan Pracetak Jenis 2 (Masdiana, 2018)

### 3. Sambungan pracetak jenis 3

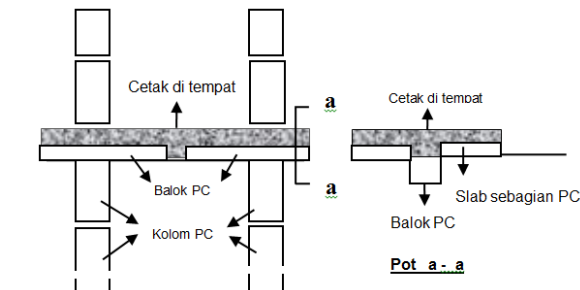
Sambungan Jenis 3 adalah sistem dimana kolom, pada sebagian balok dan join adalah precast penuh. Balok disambung dengan kolom dengan menembuskan tulangan utama kolom ke dalam join dan dicor (cast insitu) antara kolom dengan slab.



**Gambar 10.8.** Sambungan Pracetak Jenis 3 (Masdiana, 2018)

### 4. Sambungan pracetak jenis 4

Sambungan yang di mana sebagian balok bentang kiri dan pada bentang kanan, sebagian kolom atas dan bawah adalah pracetak adalah pracetak, tulangan disambung di join lalu dicor. Balok sebelah kiri dan sebelah kanan disambung pada tengah bentang, begitu juga kolom atas dan bawah disambung pada tengah bentang. Proses penyambungan menggunakan metode cor atau grouting.



**Gambar 10.9.** Sambungan Pracetak Jenis 4 (Masdiana, 2018)



Konstruksi yang menggunakan beton precast harus mengeluarkan biaya untuk menyediakan lokasi yang luas agar dapat memberikan ruang gerak bebas pada saat pemasangan dan alat berat untuk membantu proses pelaksanaan,

## **B. Ikatan**

Ikatan adalah sambungan beton pracetak pada tulangan. Hal ini karena gaya yang bekerja baik secara horisontal maupun vertikal lebih banyak dipikul dan didistribusikan oleh tulangan.

Berikut beberapa model ikatan yang dipakai pabrik untuk menyambung panel elemen beton pracetak terhadap bagian lain dikelompokkan sebagai berikut:

### 1. Ikatan Cor (*In Situ Concrete Joint*);

Pada prinsipnya proses pelaksanaan menggunakan ikatan cor direncanakan penyaluran gaya melalui di beton. Untuk itu dibutuhkan pendukung hingga penyambungan dengan metode pengecoran beton berumur 28 hari.

### 2. Ikatan Terapan

Prinsip ikatan terapan menggunakan metode permainan anak "lego" untuk menyambung elemen panel. Caranya dengan menghubungkan perletakan di ujung panel lalu dimasukkan ke simpul lego sehingga beton pracetak saling mengait antar panel. Proses ikatan terapan dilakukan membutuhkan alat pendukung yang membantu menopang elemen.

### 3. Ikatan Baja

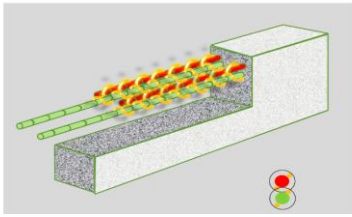
Ikatan baja menggunakan plat baja dan angkur. Sistem ikatan baja menggunakan metode las (*Welded Steel*) dan sambungan mur baut (*Corble Steel*). Metode kerja dapat dilakukan tanpa dan atau dengan alat penunjang. Hal penting yang harus diperhatikan ikatan baja terlindung dari karat, panas dan zat kimia. Untuk melindungi ikatan digunakan Mortar (*In Situ*

*Concrete Joint*). Kekurangan ikatan baja adalah harga pengikat baja relatif tinggi.

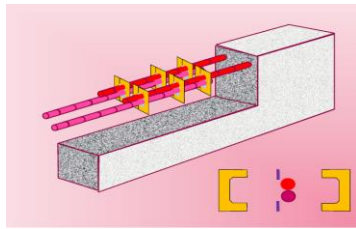
#### 4. Ikatan Tegangan

Ikatan Tegangan adalah pengembangan metode ikatan baja. Prinsip kerja adalah memasukkan unsur *Post Tensioning* sebagai koneksi. Pada proses pemasangan dibutuhkan alat penunjang sebagai penopang saat pemasangan. Kekurangan ikatan tegangan adalah dibutuhkan lokasi ruang yang luas dan harga angkur relatif mahal.

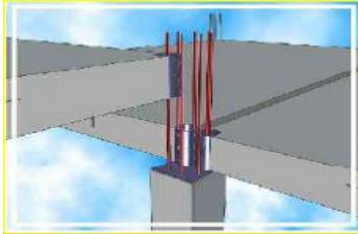
Model sambungan yang telah dipatenkan oleh perusahaan yang memproduksi beton pracetak, antara lain Joint Diamond Belt dari PT. Java Perkasa, Sambungan Waskita 07 dari PT Waskita Karya, Sistem Modified JHS Column Beam Slab JHS Piling System, system paltcon dan tricon dari 07 PT. Hutama Karya. Berikut adalah beberapa gambar ikatan.



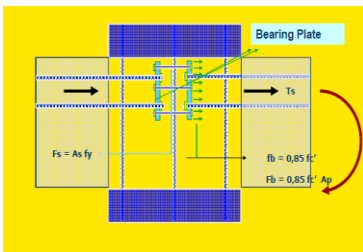
Joint Diamond Belt



Waskita 07



Sistem Modified JHS Column Beam Slab



Sistem platcon



Sistemtricon

**Gambar 10.10.** Jenis Ikatan Beton Pracetak (docplayer.info)

#### **10.4. Penutup**

Beton pracetak dapat dibagi atas 2(dua) macam pracetak kering dan pracetak basah memiliki karakteristik tersendiri. Pada umumnya kekuatan beton pracetak di metode sambungan dan model sambungan. Hal yang penting yang harus diperhatikan adalah kekuatan beton pracetak terletak pada sambungan. Sambungan antar panel elemen yaitu balok-balok, balok-kolom, kolom-kolom dan join harus terangkai dengan baik agar gaya dapat terdistribusi dengan baik di sambungan sehingga disipasi energi dapat terjadi.

Perencana harus merencanakan dan memilih model sambungan dan metode sambungan secara cermat, pengawasan dilakukan secara ketat. Pada saat erection model sambungan yang digunakan mudah dalam workability, efisien, efektif dan biaya murah. Perencanaan yang matang wajib diterapkan terutama jika beton precast digunakan pada gedung yang sering mengalami getaran (perperkiraan dan jalan) atau berada di zona gempa.



## DAFTAR PUSTAKA

- A. Ben Fraj, M. Kismi, P. Mounanga, Valorization of coarse rigid polyurethane foam waste in lightweight aggregate concrete, *Constr. Build. Mater.* 24 (6) (2010) 1069–1077.
- A. Benazzouk, O. Douzane, K. Mezreb, M. Quéneudec, Physico-mechanical properties of aerated cement composites containing shredded rubber waste, *Cem. Concr. Compos.* 28 (7) (2006) 650–657.
- A. Hajimohammadi, T. Ngo, P. Mendis, Enhancing the strength of pre-made foams for foam concrete applications, *Cem. Concr. Compos.* 87 (2018) 164–171.
- A. Kan, R. Demirbog̃a, A novel material for lightweight concrete production, *Cem. Concr. Compos.* 31 (7) (2009) 489–495.
- A. Shams, A. Stark, F. Hoogen, J. Hegger, H. Schneider, Innovative sandwich structures made of high performance concrete and foamed polyurethane, *Compos. Struct.* 121 (2015) 271–279.
- A.M. Neville, *Properties of Concrete*, 5 ed., Longman, London, 1995.
- ACI 523. 1R-1992, Guide for cast-in-place low density concrete. Am Concr Inst 1992.
- ALC Panel Aerated Lightweight Concrete Panel | Builtory Product [WWW Document], 2019. URL <https://builtory.my/login/products/ALC-Panel-Aerated-Lightweight-Concrete-Panel?id=jAOj> (accessed 7.25.21).
- ALC Panel Aerated Lightweight Concrete Panel | Builtory Product [WWW Document], 2019. URL <https://builtory.my/login/products/ALC-Panel-Aerated-Lightweight-Concrete-Panel?id=jAOj> (accessed 7.25.21).
- Aldridge D. Foamed concrete. *Concrete* 2000;34(4):20–2.

- Alkhalay, Y.R., 2013. Reactive Powder Concrete Dengan Sumber Silika Dari Limbah Bahan Organik. *Teras J. 3*, 157–166.
- Alkhalay, Y.R., 2013. Reactive Powder Concrete Dengan Sumber Silika Dari Limbah Bahan Organik. *Teras J. 3*, 157–166.
- Anderson, D. L., and Priestley, M. J. N. (1992). "In-plane shear strength of masonry walls." *Proc., 6th Canadian Masonry Symp., University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada*, 223–234.
- Apa itu Beton Fiber? - Beton Instan Indokon & Mortar Indokon [WWW Document], 2021. URL <https://anekabangunan.com/apa-itu-beton-fiber/> (accessed 7.26.21).
- Apa itu Beton Fiber? - Beton Instan Indokon & Mortar Indokon [WWW Document], 2021. URL <https://anekabangunan.com/apa-itu-beton-fiber/> (accessed 7.26.21).
- ASTM (2000) Standard method of static load test for shear resistance of framed walls for buildings. ASTM E 564-00. American Society of Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- ASTM (2000) Standard method of static load test for shear resistance of framed walls for buildings. ASTM E 564-00. American Society of Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- Aufa, Naimatul. (2009) *Material Lokal Sebagai Perwujudan Nilai Vernakular Pada Rumah Balai Suku Dayak Bukit*. Teknik Arsitektur Universitas Lambung Mangkurat
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2018). tersedia pada: <http://elearning.litbang.pu.go.id/teknologi/pemanfaatan-tailing-untuk-bahan-jalan> (diakses pada tanggal 10 Juli 2021)
- Bentz, E. C., Vecchio, F. J., and Collins, M. P. (2006). "Simplified modified compression field theory for calculating shear

- strength of reinforced concrete elements." *ACI Struct. J.*, 103(4), 614–624.
- Beton Daur Ulang, Inovasi Teknologi Yang Ramah Lingkungan [WWW Document], 2010. URL <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2020/03/03/beton-daur-ulang-inovasi-teknologi-ramah-lingkungan> (accessed 7.23.21).
- Beton Daur Ulang, Inovasi Teknologi Yang Ramah Lingkungan [WWW Document], 2010. URL <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2020/03/03/beton-daur-ulang-inovasi-teknologi-ramah-lingkungan> (accessed 7.23.21).
- C. Bing, W. Zhen, L. Ning, Experimental research on properties of high-strength foamed concrete, *J. Mater. Civ. Eng.* 24 (1) (2012) 113–118.
- Ceccotti, A., and Vignoli, A. 1990. "Engineered timber structures: An evaluation of their seismic behavior." *Proc., Int. Conf. of Timber Engineering*, Tokyo, 946–953.
- Center for Better Living (CBL). 2001. "In-plane tests on post and beam shear walls with different wall configurations and wood species." *Test Rep. No. 012630*, CBL, Tsukuba, Japan (in Japanese).
- Construction. Pages: Kategori Jenis Beton [WWW Document], 2015. URL [http://jamesthoeingsal.blogspot.com/p/blog-page\\_46.html](http://jamesthoeingsal.blogspot.com/p/blog-page_46.html) (accessed 7.26.21).
- Construction. Pages: Kategori Jenis Beton [WWW Document], 2015. URL [http://jamesthoeingsal.blogspot.com/p/blog-page\\_46.html](http://jamesthoeingsal.blogspot.com/p/blog-page_46.html) (accessed 7.26.21).
- CSA. (2004a). "Design of masonry structures." *CSA S304.1-04 (R2010)*, Mississauga, Canada.
- CSA. (2004b). "Design of concrete structures." *CSA A23.3-04 (R2010)*, Mississauga, Canada.



- D.K. Panesar, Cellular concrete properties and the effect of synthetic and protein foaming agents, *Constr. Build. Mater.* 44 (2013) 575–584.
- Davis, C. L. (2008). "Evaluation of design provisions for in-plane shear in masonry walls." M.S. thesis, Dept. of Civil Engineering, Washington State Univ., Pullman, WA.
- De Rose L, Morris J. The influence of mix design on the properties of microcellular concrete. In: Dhir RK, Handerson NA, editors. *Specialist techniques and materials for construction*. London: Thomas Telford; 1999. p. 185–97.
- Donlan, J. D., and Madsen, B. (1992). "Monotonic and cyclic tests of timber shear walls." *Can. J. Civ. Eng.*, 19(3), 415–422.
- Durack JM, Weiqing L (1998) The properties of foamed air cured fly ash based concrete for masonry production. In: *Proceedings of 5th Australian Masonry Conference*, Gladstone, Queensland, Australia, June 1998, pp 129–138.
- Durack JM, Weiqing, L. The properties of foamed air cured fly ash based concrete for masonry production. In: Page A, Dhanasekar M, Lawrence S, editors. *Proceedings of 5th Australian masonry conference*. Australia: Gladstone, Queensland; 1998. p. 129–38.
- Durham, J., Lam, F., and Prion, H. G. L. (2001). "Seismic resistance of wood shear walls with large OSB panels." *J. Struct. Eng.*, 10.1061/(ASCE)0733-9445(2001)127:12(1460), 1460–1466.
- E.K.K. Nambiar, K. Ramamurthy, Air-void characterisation of foam concrete, *Cem. Concr. Res.* 37 (2) (2007) 221–230.
- Hardjasaputra, H., 2019. *Ultra High Performance Concrete – Beton Generasi Baru berbasis teknologi nano*.
- Hardjasaputra, H., 2019. *Ultra High Performance Concrete – Beton Generasi Baru berbasis teknologi nano*.
- Hartomo, A.J., Feldman, D., 1995. *Bahan Polimer Konstruksi Bangunan*.
- Hartomo, A.J., Feldman, D., 1995. *Bahan Polimer Konstruksi Bangunan*.

- Ir Djuanda Suraatmadja; Penemu Beton Polimer Ramah Lingkungan – Universitas Malahayati [WWW Document], 2016. URL <http://malahayati.ac.id/?p=18846> (accessed 7.29.21).
- Ir Djuanda Suraatmadja; Penemu Beton Polimer Ramah Lingkungan – Universitas Malahayati [WWW Document], 2016. URL <http://malahayati.ac.id/?p=18846> (accessed 7.29.21).
- Jasa Konstruksi Bangunan - Pemanfaatan Material Polimer [WWW Document], 2020. URL <https://eticon.co.id/material-polimer/> (accessed 7.26.21).
- Jasa Konstruksi Bangunan - Pemanfaatan Material Polimer [WWW Document], 2020. URL <https://eticon.co.id/material-polimer/> (accessed 7.26.21).
- Jenis-jenis Beton Polimer dan Penjelasannya ~ Area TEKNIK SIPIL [WWW Document], 2019. URL <http://area-tekniksipil.blogspot.com/2019/09/jenis-jenis-beton-polimer-dan.html> (accessed 7.26.21).
- Jenis-jenis Beton Polimer dan Penjelasannya ~ Area TEKNIK SIPIL [WWW Document], 2019. URL <http://area-tekniksipil.blogspot.com/2019/09/jenis-jenis-beton-polimer-dan.html> (accessed 7.26.21).
- Kannan Rajkumar, P.R., Mathangi, D.P., C, S., M, N., 2020. Experimental Investigation of Reactive Powder Concrete exposed to Elevated Temperatures. *Constr. Build. Mater.* 261, 119593. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119593>
- Kannan Rajkumar, P.R., Mathangi, D.P., C, S., M, N., 2020. Experimental Investigation of Reactive Powder Concrete exposed to Elevated Temperatures. *Constr. Build. Mater.* 261, 119593. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119593>
- Kurnialam, Alhaeldi. (2019) Pemkab Lebak Dorong Kreativitas dari Tanaman Bambu. Tersedia pada:

<https://republika.co.id/berita/q24p5b409/daerah/jabodeta-bek-nasional/19/12/06/q22k5i348-pemkab-lebak-dorong>

Mengenal Beton Fiber Atau Beton Serat, Manfaat dan Penggunaannya [WWW Document], 2018. URL <https://www.builder.id/mengenal-beton-fiber-atau-beton-serat-manfaat-dan-penggunaannya/> (accessed 7.26.21).

Mengenal Beton Fiber Atau Beton Serat, Manfaat dan Penggunaannya [WWW Document], 2018. URL <https://www.builder.id/mengenal-beton-fiber-atau-beton-serat-manfaat-dan-penggunaannya/> (accessed 7.26.21).

Perkembangan Teknologi Beton Ciptakan Konstruksi Ekonomis [WWW Document], 2015. URL <https://properti.kompas.com/read/2017/09/13/133801021/perkembangan-teknologi-beton-ciptakan-konstruksi-ekonomis> (accessed 7.23.21).

Perkembangan Teknologi Beton Ciptakan Konstruksi Ekonomis [WWW Document], 2015. URL <https://properti.kompas.com/read/2017/09/13/133801021/perkembangan-teknologi-beton-ciptakan-konstruksi-ekonomis> (accessed 7.23.21).

Pustaka Teknik Sipil: Beton Ringan (Lightweight Concrete) [WWW Document], 2010. URL <http://pustaka-ts.blogspot.com/2010/08/beton-ringan-lightweight-concrete.html> (accessed 7.25.21).

Pustaka Teknik Sipil: Beton Ringan (Lightweight Concrete) [WWW Document], 2010. URL <http://pustaka-ts.blogspot.com/2010/08/beton-ringan-lightweight-concrete.html> (accessed 7.25.21).

Sejarah Beton Ringan [WWW Document], 2010. URL <https://panellantai.biz.id/sejarah-beton-ringan/> (accessed 7.25.21).

- Sejarah Beton Ringan [WWW Document], 2010. URL <https://panellantai.biz.id/sejarah-beton-ringan/> (accessed 7.25.21).
- Seputar Dunia Teknik Sipil: BETON POLIMER - POLYMER CONCRETE [WWW Document], 2013. URL <http://sanjayaaryandi.blogspot.com/2013/02/pemanfaatan-abu-batu-stone-crusher.html> (accessed 7.29.21).
- Seputar Dunia Teknik Sipil: BETON POLIMER - POLYMER CONCRETE [WWW Document], 2013. URL <http://sanjayaaryandi.blogspot.com/2013/02/pemanfaatan-abu-batu-stone-crusher.html> (accessed 7.29.21).
- SNI 03-3449-2002, 2002. Tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan. Yayasan LPMB 1-32.
- SNI 03-3449-2002, 2002. Tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan. Yayasan LPMB 1-32.
- SNI 2847:2013, 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Bandung Badan Stand. Indones. 1-265.
- SNI 2847:2013, 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Bandung Badan Stand. Indones. 1-265.
- Tjokrodimuljo, K., 1996. Teknologi beton.
- Tjokrodimuljo, K., 1996. Teknologi beton.
- Ultra-high-Performance Concrete: Characteristics, and Applications - The Constructor [WWW Document], 2019. URL <https://theconstructor.org/concrete/ultra-high-performance-concrete/6384/> (accessed 7.26.21).
- Ultra-high-Performance Concrete: Characteristics, and Applications - The Constructor [WWW Document], 2019. URL <https://theconstructor.org/concrete/ultra-high-performance-concrete/6384/> (accessed 7.26.21).
- Usrina, N., Aulia, T.B., Muttaqin, M., 2018. Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Hybrid Dengan Substitusi Semen Dan Agregat Halus Serta Penambahan Nano Material Biji

- Besi. J. *Arsip Rekayasa Sipil dan Perenc.* 1, 179–188.  
<https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i1.10368>
- Usrina, N., Aulia, T.B., Muttaqin, M., 2018. Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Hybrid Dengan Substitusi Semen Dan Agregat Halus Serta Penambahan Nano Material Bijih Besi. *J. Arsip Rekayasa Sipil dan Perenc.* 1, 179–188.  
<https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i1.10368>
- WIKA Beton | Artikel [WWW Document], 2019. URL <https://www.wika-beton.co.id/artikel-det/WIKA-Beton-Bekerjasama-dengan-ITB-Menciptakan-Reactive-Powder-Concrete93/ind> (accessed 7.26.21).
- WIKA Beton | Artikel [WWW Document], 2019. URL <https://www.wika-beton.co.id/artikel-det/WIKA-Beton-Bekerjasama-dengan-ITB-Menciptakan-Reactive-Powder-Concrete93/ind> (accessed 7.26.21).
- Wirawati, S., 2011. Penggunaan Teknologi Bahan Inovatif Pada Pembangunan Berkelanjutan 26–27.
- Wirawati, S., 2011. Penggunaan Teknologi Bahan Inovatif Pada Pembangunan Berkelanjutan 26–27.
- — — (2003) Standard test methods for cyclic (reversed) load test for shear resistance of framed walls for buildings. ASTM E 2126-02a. American Society of Testing and Materials, West Conshohocken, PA.

## Biodata Penulis



**Ir. Fatriady MR, ST., MT., IPM.** Lahir di Pinrang pada tanggal 23 April 1988. Menyelesaikan kuliah pada Universitas Hasanuddin dan mendapat gelar Sarjana Teknik pada tahun 2011. Kemudian melanjutkan Program Magister pada Universitas Hasanuddin dan menyandang gelar Magister Teknik pada tahun 2013. Pada Tahun 2014-2015, menjadi dosen Unibos Makassar. Saat ini, menjadi dosen di Universitas Muhammadiyah Makassar. Melanjutkan pendidikan Profesi Insinyur di Universitas Hasanuddin pada tahun 2019. Aktif dalam kepengurusan PII Cabang Makassar dan menjadi tim penilai pada Program Profesi Insinyur (PPI) Universitas Hasanuddin. Saat ini, sementara melanjutkan pendidikan doktoral di Universitas Hasanuddin. Aktifitas menulis buku dimulai sejak tahun 2020 dan telah tercatat buku yang ditulis diantaranya berjudul **"Lalu Lintas Penerbangan di Masa Covid-19"**, **"Mitigasi Gempa Bumi"**, **"Modernisasi Transportasi Massal di Indonesia"**.



**Dr. Ir. M. Rais Rachman., MT,** Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus, menyelesaikan program S1 pada Program Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus, Program Magister Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, Program Doktor Bidang Transportasi Universitas Hasanuddin. Pengurus Pusat Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FSTPT) Periode 2018-2021. Pengurus Masyarakat Transportasi (MTI). Provinsi Sulawesi Selatan Periode 2016–sekarang. Pengurus Masyarakat Perkerata Apian Indonesia (MASKA) Provinsi Sulawesi Selatan 2018- sekarang.



**Dr. Ir. Mardewi Jamal, S.T., M.T.**, lahir di kota Barru, pada 11 Maret 1977. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanuddin pada tahun 2000, pendidikan S2 pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanuddin pada tahun 2006 dan pendidikan S3 pada program Studi Ilmu Teknik Sipil Universitas Hasanuddin pada tahun 2015. Wanita yang kerap disapa Dewi ini adalah anak dari pasangan Djamaluddin Tanakka (ayah) dan Samaaring Matta (ibu). Memulai karir sebagai dosen Teknik Sipil di Universitas "45" Makassar pada tahun 2001 dan pada tahun 2008 menjadi Dosen Teknik Sipil di Universitas Mulawarman Samarinda sampai sekarang.



**Ir. I Wayan Muliawan, M.T.**, lahir di Br.Kayumas Kelod, Kelurahan Dangin Puri Kecamatan Denpasar Timur, Kota Denpasar pada tanggal 4 Setember 1958. Pendidikan dari Sekolah Dasar sampai di Perguruan Tinggi diselesaikan di Kota Denpasar. Sekolah Dasar di SD No.15 Denpasar, tamat tahun 1971. Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Denpasar diselesaikan tahun 1974, Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Denpasar diselesaikan tahun 1977. Jenjang Insinyur Teknik Sipil diselesaikan tahun 1984 di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana. Setelah menamatkan S1 sebagai Insinyur langsung diangkat sebagai Tenaga Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Warmadewa Denpasar sejak Desember 1984 sampai Sekarang. Pada tahun 2008 dapat beasiswa mengikuti Program Magister Teknik Sipil di Universitas Udayana dan lulus pada 9 Agustus 2011.



**Wayan Mustika, ST., MT**, lahir di Gianyar-Bali pada tanggal 25 Oktober 1978. Menyelesaikan kuliah pada Program D3 Teknik Sipil Universitas Halu-Oleo pada tahun 2000 dengan gelar ahli madya teknik sipil (A.Md.), melanjutkan ke jenjang S1 Teknik Sipil pada Universitas Sulawesi Tenggara (Unsultra) dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tahun 2010. Selanjutnya

Program Magister dengan gelar Magister Teknik diperoleh pada Universitas Udayana di Bali pada tahun 2015. Sejak tahun 2003 bekerja pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Halu-Oleo dengan status sebagai Laboran. Kemudian setelah menyelesaikan Program Magister beralih dari tenaga kependidikan (Laboran) menjadi tenaga pendidik (Dosen) pada Fakultas Teknik Universitas Halu-Oleo. Mata kuliah yang diampu diantaranya adalah mata kuliah Teknologi Bahan dan Konstruksi, Mekanika Tanah, Teknik Pondasi dan lain-lain. Beberapa penelitian dalam bidang teknologi bahan yang pernah dilakukan antara lain : **"Pemanfaatan Slag Nikel sebagai Bahan Campuran Beton"**, ***"The effect of clamshells partial substitution of coarse aggregates on the mechanical properties of shellfish concrete (Berang) "***, ***"Properties of concrete paving blocks made with nickel slags"***, ***"The mechanical properties of fly-ash-stabilized sands"***.



**Dr. Ir. Didik Suryamiharja S. Mabui, ST., MT.**, lahir di Kota Serui Kepulauan Yapen pada tanggal 08 Juli 1980. Menyelesaikan kuliah pada Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) dan mendapat gelar Sarjana Teknik pada tahun 2004. Kemudian melanjutkan Program Magister pada Institut Teknologi



Sepuluh November (ITS) dan menyandang gelar Magister Teknik pada tahun 2010. Lulus pada tahun 2020 dari Universitas Hasanuddin Program Doktor Teknik Sipil. Pada tahun 2010 bergabung menjadi Dosen Universitas Yapis Papua. Tahun 2021 diamanahkan tanggungjawab sebagai Wakil Rektor III di Universitas Yapis Papua (Uniyap). Program Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik dan Sistem Informasi Universitas Yapis Papua hingga sekarang. Aktifitas menulis buku dimulai sejak tahun 2020.



**Ir. Miswar Tumpu, ST., MT., CST** lahir di Ujung Pandang pada tanggal 23 Februari 1995. Menempuh pendidikan S-1 Teknik Sipil, di Universitas Hasanuddin Makassar, selesai tahun 2016. Gelar S-2 (MT) Teknik Sipil diperoleh pada tahun 2018 di Universitas Hasanuddin, pada bidang konsentrasi Struktur Material. Pada tahun 2019, mengikuti studi profesi Insinyur (Ir) di Universitas Hasanuddin Makassar. Tahun 2020 mengikuti pelatihan sebagai Construction Safety Trainer (CST) melalui Balai Jasa Konstruksi Wilayah VI Provinsi Sulawesi Selatan. Tahun 2019 – sekarang, sementara melanjutkan studi S-3 ilmu teknik sipil di Universitas Hasanuddin. Pada tahun 2019 bergabung menjadi Dosen Universitas Fajar. Aktivitas publikasi ilmiah baik nasional maupun internasional terindeks scopus dimulai sejak tahun 2018.



**Mansyur, ST., MT.**, lahir di Bone pada tanggal 15 Mei 1983. Pada Tahun 2006, menyelesaikan Studi S-1 Teknik Sipil di Universitas Haluoleo. Gelar S-2 (MT) Teknik Sipil diperoleh pada tahun 2013 di Universitas Hasanuddin, pada bidang konsentrasi Struktur Material. Pada tahun 2019 sampai sekarang, sementara melanjutkan studi S-3 ilmu teknik sipil di Universitas Hasanuddin. Pada tahun 2014 bergabung menjadi Dosen Tetap di Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Aktivitas publikasi ilmiah baik nasional maupun internasional dimulai sejak tahun 2017.



**Dr. Ir. Irianto, ST., MT** lahir di Cabbenge Sopeng pada tanggal 20 Juni 1979. Menempuh pendidikan S-1 Teknik Pertambangan, di Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, selesai tahun 2002. Gelar S-2 (MT) Teknik Sipil diperoleh pada tahun 2012 di Universitas Hasanuddin, pada bidang konsentrasi Perencanaan Infrastruktur. Pada tahun 2020, mengikuti studi profesi Insinyur (Ir) di Universitas Hasanuddin Makassar. Tahun 2021, menyelesaikan studi S-3 ilmu teknik sipil di Universitas Hasanuddin. Merupakan salah satu Dosen di Universitas Yapis Papua.



**DR. Masdiana, ST., MT.** lahir di Kota Ujung Pandang Sulawesi Selatan tanggal 15 Januari 1974 Alamat Jl Cakalang No.17 Kota Kendari email [masdiana.unhalu@gmail.com](mailto:masdiana.unhalu@gmail.com) tercatat Menyelesaikan Sarjana Teknik (S1) Jurusan Teknik Sipil di Universitas Muslim Indonesia Makassar (UMI) tahun 1999, Program Magister Teknik (S2) Jurusan Teknik Sipil Konsentrasi Struktur di Universitas Hasanuddin tahun 2014 dan Program Doktor Ilmu

Teknik (S3) Jurusan Teknik Sipil Konsentrasi Struktur di Universitas Hasanuddin tahun 2018. Beliau salah satu dosen tetap PNS di Program Pendidikan Vokasi D3 Teknik Sipil Universitas Halu Oleo Sulawesi Tenggara yang mengampu mata kuliah struktur, telah menulis buku antara lain "*Lalu Lintas Penerbangan di Masa Pandemi COVID-19*", "*Mitigasi Gempa Bumi dan Tsunami*", "*Mitigasi Banjir*", "*Modernisasi Transportasi Massal di Indonesia (Sarana dan Prasarana)*" dan "*Media Pembelajaran*", "*Perencanaan Perkerasan Jalan*" , "*Business Process Procement*" dan "*Dosen Merdeka*".

# Sinopsis

Bencana alam di permukaan bumi ini seperti bencana gempa bumi, bencana banjir, bencana longsor termasuk faktor utama yang harus diperhitungkan dalam rekayasa konstruksi untuk menjamin pemenuhan kebutuhan konstruksi dan keamanan konstruksi yang akan dirasakan manusia. Problem kehidupan manusia yang disebabkan oleh kebutuhan hidup dan masalah bencana alam sangat membutuhkan analisis mekanika dalam melahirkan teknik bangunan dengan teknologi bahan bangunan yang tepat, memiliki kekuatan (strength), kekakuan (stiffness) dan stabilitas (stability) pada sistem strukturnya.

Perkembangan teknologi bahan konstruksi pada saat sekarang ini, ditemukan bahan-bahan terbaru yang sesuai dengan karakteristik dan klasifikasi dan dapat dipergunakan untuk tujuan yang lebih maju. Bahan dari kayu pada saat ini dibuat dengan campuran partikel kayu, bahan beton dirancang lebih maju sehingga ditemukan bahan beton ringan yang dapat digunakan finishing maupun arsitektural. Inovasi dari bahan bangunan dalam bidang konstruksi maka semakin terbuka kemungkinan aspek struktural maupun aspek arsitektural dapat tercapai. Mutu dari konstruksi bangunan sangat dipengaruhi oleh material-material yang digunakan, namun dalam pelaksanaan pekerjaan haruslah mengikuti spesifikasi yang telah ditetapkan. Selain itu efisiensi biaya juga dipengaruhi oleh pemilihan material-material yang digunakan. Oleh karena itu setiap bahan yang digunakan bertujuan untuk mendirikan bangunan sesuai dengan tujuan. Inovasi bahan konstruksi terhadap bahan baku pembuatan bahan bangunan dalam industri bahan bangunan, selain menjaga unsur kualitasnya juga mempertimbangkan masalah efisiensi biaya.

**TOHAR MEDIA**

No Anggota IKAPI : 022/SSL/2019  
Workshop : JL. Rappocini Raya Lt.II A No 13 Kota Makassar  
Redaksi : JL. Muhktar dg Tompo Kabupaten Gowa  
Perumahan Nayla Regency Blok D No 25  
Telp. (0411) 8987659  
<https://toharmedia.co.id>

ISBN 978-623-9603-07-0

