



# **MATERIAL BETON DAN BAJA SERTA APLIKASINYA PADA STRUKTUR BETON BERTULANG**

Ni Nyoman Kencanawati | Suryawan Murtiadi

**MATERIAL BETON DAN BAJA  
SERTA APLIKASINYA  
PADA STRUKTUR BETON BERTULANG**

**Ni Nyoman Kencanawati  
Suryawan Murtiadi**

**LPPM Unram Press**

**MATERIAL BETON DAN BAJA  
SERTA APLIKASINYA  
PADA STRUKTUR BETON BERTULANG**

**ISBN: 978-623-99347-7-4**

**Penulis:**

Ni Nyoman Kencanawati  
Suryawan Murtiadi

**Editor:**

Regina Venita Sunyoto

**Desain Sampul dan Tata Letak:**

Sarah Tri Karuniawati Kusuma

Penerbit :

**LPPM Unram Press**

Alamat Penerbit : Jln. Pendidikan No. 37 Mataram-NTB, 83125

Telp. (0370) 641552, 638265 Fax. (0370) 638265

e-mail: [sentra-hki@unram.ac.id](mailto:sentra-hki@unram.ac.id)

**Cetakan Pertama, Juli 2022**

Hak Cipta dilindungi undang-undang dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.

## **Material Beton Dan Baja Serta Aplikasinya Terhadap Struktur Beton Bertulang**

---

Penyusun : Ni Nyoman Kencanawati dan Suryawan Murtiadi  
Dosen Pengajar Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Mataram

Edisi : Pertama (Juli 2022)

ISBN : 978-623-99347-7-4

Copyright © LPPM Press Unram

ISBN 978-623-99347-7-4 (PDF)



## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan buku Material Beton dan Baja Serta Aplikasinya Pada Struktur Beton Bertulang ini dengan baik. Buku ini tersusun sebagai bahan rujukan mahasiswa dan umum untuk memahami bahan-bahan utama yang dipakai dalam bidang konstruksi bangunan sipil.

Pengetahuan mengenai bahan konstruksi beton dan baja merupakan dasar dalam memahami konstruksi bangunan-bangunan sipil. Beton adalah material yang paling sering digunakan dalam pembangunan. Dalam mempelajari bahan konstruksi beton dan baja, pengetahuan tentang kualitas berdasarkan sifat-sifat material diperlukan. Sifat-sifat material yang sering dipergunakan dalam bidang Teknik Sipil menyangkut fisik, mekanik, dan kimia dari bahan konstruksi. Penentuan sifat-sifat bahan konstruksi didasarkan dari hasil pengujian bahan. Pengujian-pengujian bahan konstruksi seperti pengujian kuat tekan beton, kuat tarik baja tulangan ataupun pengujian bahan lainnya dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia. Selain itu, dalam rekayasa bahan konstruksi beton, diperkenalkan cara merancang campuran beton sesuai dengan mutu yang diinginkan berdasarkan standar nasional yang berlaku di Indonesia. Melalui buku ini, rekayasa bahan konstruksi, diharapkan konstruksi yang memakai bahan beton dan baja dapat kuat, tahan lama, serta sesuai dengan peruntukannya.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan berbagai pihak yang telah membantu dalam pembuatan buku ini. Tak lupa ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Destiar Ultimaswari AK, ST., MT., untuk penyediaan gambar dalam buku ini. Akhir kata, buku ini tentu tidak luput dari kekurangan dan kekeliruan. Saran, masukan, dan kritik para pembaca dan pengguna sangat diharapkan. Selanjutnya buku ini akan selalu dilakukan pembaharuan untuk menyesuaikan dengan perkembangan teknologi bahan bangunan beton dan baja.

Mataram, Juli 2022

Penulis

# DAFTAR ISI

---

PRAKATA .....	5
DAFTAR ISI .....	6
DAFTAR TABEL .....	9
DAFTAR GAMBAR .....	10
BAB I KONSEP DAN PRINSIP PEMILIHAN BAHAN .....	13
1.1. KONSEP BAHAN KONSTRUKSI .....	13
1.2. SIFAT-SIFAT KETEKNIKAN MATERIAL .....	16
1.2.1. Sifat Fisik .....	16
1.2.1.1 Massa Jenis .....	16
1.2.1.2 Porositas .....	17
1.2.1.3 Penyerapan Air .....	17
1.2.1.4 Sifat Fisik Lainnya .....	17
1.2.2. Sifat Termal .....	18
1.2.3. Sifat Kimia .....	18
1.2.4. Sifat Mekanik .....	19
1.3. PENGUJIAN UMUM KUALITAS MATERIAL .....	20
EVALUASI .....	21
DAFTAR PUSTAKA .....	22
BAB II BAHAN KONSTRUKSI BETON .....	23
2.1 DEFINISI BETON .....	23
2.2 KEUNGGULAN DAN KELEMAHAN BETON .....	25
2.3 SEMEN PORTLAND .....	26
2.3.1 Proses Pembuatan Semen Portland .....	26
2.3.2 Komposisi Kimia .....	27
2.3.3 Reaksi Hidrasi Semen .....	29
2.3.4 Jenis Semen .....	30
2.4 AGREGAT .....	32
2.4.1 Tipe Agregat .....	33
2.4.2 Berat Jenis Agregat .....	34
2.4.3 Analisa Saringan Agregat .....	35
2.4.4 Modulus Halus Butiran .....	36
2.4.5 Kandungan Air dalam Agregat .....	37
2.4.6 Bentuk dan Tekstur Agregat .....	38

2.4.7 Keausan Agregat .....	38
2.5 AIR .....	39
2.6 BAHAN TAMBAH .....	40
2.6.1 Bahan Tambah Kimia .....	40
2.6.2 Bahan Tambah Mineral .....	41
2.6.3 Bahan Tambah Serat.....	42
2.7 PENCAMPURAN BETON DAN SIFAT BETON SEGAR.....	43
2.7.1 Perencanaan Campuran .....	43
2.7.2 Pengolahan.....	52
2.7.3 Pengujian Beton Segar.....	53
2.8 SIFAT BETON KERAS.....	55
2.8.1 Kuat Tekan.....	55
2.8.2. Modulus Elastisitas.....	59
2.8.3. Berat Jenis.....	60
EVALUASI .....	61
DAFTAR PUSTAKA .....	61
<b>BAB III BAHAN KONSTRUKSI BAJA .....</b>	<b>64</b>
3.1 SEJARAH PENGGUNAAN MATERIAL BAJA.....	64
3.2 MATERIAL BAJA .....	66
3.2.1 Baja Karbon .....	66
3.2.2 Baja Paduan Rendah Mutu Tinggi .....	66
3.2.3 Baja Paduan.....	66
3.3 SIFAT-SIFAT MEKANIK BAJA .....	67
3.4 KERUNTUHAN GETAS.....	73
3.5 SOBEKAN LAMELAR .....	74
3.6 KERUNTUHAN LELAH .....	75
3.7 BAJA RINGAN .....	75
3.7.1 Kelebihan dan Kekurangan Baja Ringan.....	76
3.7.1.1. Kelebihan Atap Baja Ringan.....	76
3.7.1.2 Kekurangan Atap Baja Ringan.....	77
3.7.2 Ciri-ciri Baja Ringan.....	79
3.7.3 <i>Coating</i> (lapisan anti karat).....	79
3.7.4 Bubungan .....	79
3.7.5 Catatan Tentang Baja Ringan.....	80
EVALUASI .....	80
DAFTAR PUSTAKA .....	81

BAB IV PRINSIP DASAR BETON BERTULANG .....	83
4.1 KEUNTUNGAN BETON BERTULANG.....	83
4.2 MEKANISME BETON BERTULANG .....	84
4.3 ELEMEN PELAT .....	87
4.3.1 Pendahuluan .....	87
4.3.2 Kriteria Dimensi Pelat .....	89
4.3.3 Tipe Pelat Lainnya.....	90
4.3.3.1 Pelat <i>Waffle</i> .....	90
4.3.3.2 Pelat <i>Flat</i> (datar).....	91
4.3.3.3 Pelat Dengan Balok .....	92
4.3.3.4 <i>Bubble Deck</i> .....	93
4.3.3.5 Pelat Komposit .....	94
4.4 ELEMEN BALOK.....	95
4.4.1 Pendahuluan .....	95
4.4.2 Dimensi Balok.....	96
4.4.3 Penulangan Pada Balok .....	97
4.4.4 Perlindungan Selimut Beton Pada Tulangan Baja .....	98
4.5 ELEMEN KOLOM.....	99
4.5.1 Pendahuluan .....	99
4.5.2 Tipe Kolom .....	100
4.5.3 Kolom Komposit .....	105
4.6 ELEMEN FONDASI .....	108
4.6.1 Pendahuluan .....	108
4.6.2 Persyaratan dan Fungsi Fondasi.....	109
4.6.3 Tipe Fondasi.....	110
EVALUASI .....	114
DAFTAR PUSTAKA .....	115
BAB V PENUTUP .....	118



## DAFTAR TABEL

---

Tabel 1.1 Massa jenis bahan (Duggal, 2008). .....	16
Tabel 1.2 Pengaruh karbon dioksida terhadap kekuatan beton (Kencanawati, 2014). .....	19
Tabel 2.1 Batas gradasi halus. ....	36
Tabel 2.2 Batas gradasi agregat kasar. ....	36
Tabel 2.3 Contoh perhitungan MHB pasir. ....	37
Tabel 2.4 Analisa gradasi agregat. ....	45
Tabel 2.5 Berat jenis, penyerapan air dan kadar air bebas agregat. ....	45
Tabel 2.6 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia (Tabel 2 dalam SNI 03-2384-2000). .....	48
Tabel 2.7 Perkiraan kadar air bebas ( $\text{kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (Tabel 3 dalam SNI 03-2384-2000). .....	49
Tabel 2.8 Nilai <i>slump</i> . ....	55
Tabel 3.1 Sifat-sifat mekanis baja struktural (SNI 03-1729-2002). ....	73
Tabel 4.1 Tebal minimum balok non partegang berdasarkan SNI 2847-2019. ....	97
Tabel 4.2 Selimut beton untuk komponen struktur non partegang dicor di tempat (SNI 2847-2019). ....	99

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Klasifikasi bahan konstruksi berdasarkan komponen kimianya. ....	14
Gambar 1.2 Bahan konstruksi untuk struktur bangunan.....	14
Gambar 1.3 Contoh aplikasi material dengan fungsi tahan air. ....	15
Gambar 1.4 Tes larutan <i>phenolphthalein</i> pada beton yang terkarbonasi (Kencanawati, 2014).....	19
Gambar 1.5 Pengujian dan diagram hasil pengujian beton.....	21
Gambar 1.6 Pengujian tarik baja dan hasil pengujiannya.....	21
Gambar 2.1 Komponen beton (Najim, 2012).....	25
Gambar 2.2 Proses pembuatan semen. ....	27
Gambar 2.3 Hubungan umur dan kuat tekan pasta semen pada masing-masing senyawa penyusun (Mindess, S. dan Young, JF., 1981).....	29
Gambar 2.4 Gambar batu pecah (a) dan kerikil (b) ( <a href="http://www.greenspec.co.uk">www.greenspec.co.uk</a> ) .....	33
Gambar 2.5 Agregat batu apung (a) dan agregat daur ulang (b) ( <a href="http://www.indiamart.com">www.indiamart.com</a> ).....	34
Gambar 2.6 Set ayakan agregat ( <a href="http://www.theconstructor.org">www.theconstructor.org</a> ). ....	35
Gambar 2.7 Kandungan air pada agregat ( <a href="http://www.area-tekniksipil.blogspot.com">www.area-tekniksipil.blogspot.com</a> ). ....	38
Gambar 2.8 Mesin uji Los Angeles ( <a href="http://www.controls-group.com">www.controls-group.com</a> ). ....	39
Gambar 2.9 Serat dalam beton ( <a href="http://www.theconstructor.org">www.theconstructor.org</a> ). ....	43
Gambar 2.10 Kurva hubungan tegangan-regangan beton konvensional dan beton serat (Moghimi, 2014). ....	43
Gambar 2.11 Langkah perhitungan campuran beton (SNI 03-2834-2000). ....	44
Gambar 2.12 Contoh isian perencanaan campuran beton.....	46
Gambar 2.13 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen untuk benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm (Grafik 1 dalam SNI 03- 2384-2000). ....	48
Gambar 2.14 <i>Concrete mixer</i> ( <a href="http://www.theconstructor.org">www.theconstructor.org</a> ). ....	52
Gambar 2.15 Pengujian <i>slump</i> beton segar ( <a href="http://www.theconstructor.org">www.theconstructor.org</a> ). ....	55
Gambar 2.16 Benda uji silinder standar (SNI 1974-2011). ....	56
Gambar 2.17 Alat uji tekan. ....	57
Gambar 2.18 Laju kenaikan kuat tekan beton (Kourad and Ahmad, 2010). ....	57

Gambar 2.19 Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton (Neville dan Brook, 1987). .....	58
Gambar 2.20 Kurva hubungan tegangan-regangan beton (www.theconstructor.org). .....	60
Gambar 3.1 Iron Bridge, England.....	65
Gambar 3.2 Kurva <i>stress-strain</i> material getas dan liat (Callister, 2014).....	68
Gambar 3.3 Secan modulus dan tangen modulus (Callister, 2014).....	69
Gambar 3.4 Tipikal diagram tegangan-regangan baja profil (Setiawan, 2008). ...	70
Gambar 3.5 Tipikal sifat mekanis baja tulangan (Nji, 2012).....	72
Gambar 3.6 Idealisasi diagram tegangan-regangan (Beer, dkk., 2012).....	72
Gambar 3.7 Konstruksi baja ringan (www. <a href="https://www.konstruksibaja.com">https://www.konstruksibaja.com</a> ). ...	76
Gambar 3.8 Nok karpusan baja ringan (www.canopybajaringanmurah.com).....	79
Gambar 4.1 Contoh konstruksi beton bertulang: Paulins Kill Viaduct , Hainesburg, New Jersey ( <a href="https://id.wikipedia.org/">https://id.wikipedia.org/</a> ). .....	84
Gambar 4.2 Prinsip beton bertulang ( <a href="https://slidetodoc.com/">https://slidetodoc.com/</a> ).....	85
Gambar 4.3 Ulir pada permukaan baja tulangan ( <a href="https://layarsipil.my.id">https://layarsipil.my.id</a> ).....	86
Gambar 4.4 Karbonasi pada beton yang menyebabkan korosi pada baja tulangan.	87
Gambar 4.5 Pelat beton bertulang ( <a href="https://www.constructioncost.co/">https://www.constructioncost.co/</a> ). .....	87
Gambar 4.6 Penulangan pelat beton bertulang.....	88
Gambar 4.7 Pelat satu arah ( <a href="https://theconstructor.org/">https://theconstructor.org/</a> ). .....	88
Gambar 4.8 Pelat dua arah ( <a href="https://gharpedia.com/blog/">https://gharpedia.com/blog/</a> ). .....	89
Gambar 4.9 Pelat <i>waffle</i> ( <a href="https://civilengineersforum.com/">https://civilengineersforum.com/</a> ). .....	90
Gambar 4.10 Pelat datar ( <a href="https://theconstructor.org/">https://theconstructor.org/</a> ). .....	92
Gambar 4.11 Pelat datar dengan kepala kolom ( <a href="https://theconstructor.org/">https://theconstructor.org/</a> ).....	92
Gambar 4.12 Pelat dengan balok ( <a href="https://theconstructor.org/">https://theconstructor.org/</a> ).....	93
Gambar 4.13 <i>Bubble deck</i> ( <a href="http://clearinghouse.pu.go.id">http://clearinghouse.pu.go.id</a> ).....	94
Gambar 4.14 Pelat komposit ( <a href="https://odonnellmetaldeck.com/">https://odonnellmetaldeck.com/</a> ). .....	94
Gambar 4.15 Elemen balok ( <a href="https://www.pinterest.com/">https://www.pinterest.com/</a> ).....	95
Gambar 4.16 Material pada elemen balok ( <a href="https://www.researchgate.net/">https://www.researchgate.net/</a> ). .....	95
Gambar 4.17 Balok T dan balok L ( <a href="https://theconstructor.org/">https://theconstructor.org/</a> ). .....	96
Gambar 4.18 Kedalaman dan lebar balok (( <a href="https://theconstructor.org/">https://theconstructor.org/</a> )). .....	97

Gambar 4.19 jarak antar tulangan baja pada penampang balok ( <a href="https://theconstructor.org">https://theconstructor.org</a> ).....	98
Gambar 4.20 Elemen struktur kolom.....	100
Gambar 4.21 Kolom bundar ( <a href="https://theconstructor.org/">https://theconstructor.org/</a> ). ....	101
Gambar 4.22 Menunjukkan kolom dengan sengkang biasa ( <a href="https://www.constructupdate.com/">https://www.constructupdate.com/</a> ).....	102
Gambar 4.23 Kolom dengan sengkang spiral. ....	102
Gambar 4.24 Hubungan antara beban-lendutan untuk kolom dengan sengkang biasa dan sengkang spiral ( <a href="https://www.researchgate.net/">https://www.researchgate.net/</a> ). ....	103
Gambar 4.25 Kolom dengan beban aksial ( <a href="https://civilread.com/">https://civilread.com/</a> ). ....	103
Gambar 4.26 Kolom eksentris uniaksial dan biaksial ( <a href="https://civilread.com">https://civilread.com</a> ). ...	104
Gambar 4.27 Kolom pendek dan kolom langsing ( <a href="https://www.civillead.com/">https://www.civillead.com/</a> ). .....	105
Gambar 4.28 Kolom komposit tipe <i>concrete filled sections</i> . ....	107
Gambar 4.29 Kolom komposit tipe <i>totally encased sections</i> ( <a href="https://madhavuniversity.edu.in">https://madhavuniversity.edu.in</a> ).....	107
Gambar 4.30 Kolom komposit tipe <i>partially encased sections</i> ( <a href="https://madhavuniversity.edu.in">https://madhavuniversity.edu.in</a> ).....	107
Gambar 4.31 Fondasi sebuah bangunan dalam proses pengerjaan. ....	108
Gambar 4.32 Fondasi tapak ( <a href="https://civilwale.com/">https://civilwale.com/</a> ).....	110
Gambar 4.33 Fondasi tapak gabungan ( <a href="https://civilwale.com/">https://civilwale.com/</a> ).....	111
Gambar 4.34 Fondasi jalur ( <a href="https://civilwale.com/">https://civilwale.com/</a> ). ....	111
Gambar 4.35 Fondasi raft ( <a href="https://civilwale.com/types-of-foundation/">https://civilwale.com/types-of-foundation/</a> ). ....	112
Gambar 4.36 Fondasi dinding diafragma ( <a href="https://www.ecsmge-2019.com/">https://www.ecsmge-2019.com/</a> ). ....	113
Gambar 4.37 Fondasi tiang pancang ( <a href="https://theconstructor.org/">https://theconstructor.org/</a> ). ....	113
Gambar 4.38 Pondasi <i>caissons</i> . ....	114

# BAB I

## KONSEP DAN PRINSIP PEMILIHAN BAHAN

### 1.1. KONSEP BAHAN KONSTRUKSI

Bahan konstruksi memiliki peran penting dalam era teknologi modern ini. Meskipun penggunaannya yang paling penting adalah dalam kegiatan konstruksi, namun bahan konstruksi ini juga digunakan dalam aplikasi bidang teknik yang lainnya. Demikian pula, industri bahan bangunan merupakan kontributor penting dalam perekonomian yang dapat mengatur tingkat dan kualitas pekerjaan konstruksi.

Terdapat beberapa faktor tertentu yang mempengaruhi pemilihan bahan untuk tujuan tertentu. Faktor yang paling penting adalah latar belakang iklim. Akibat perbedaan iklim maka sudah pasti bahan konstruksi dan bentuk-bentuknya akan berbeda dan telah berkembang di berbagai belahan dunia sebagai akibat dari perbedaan iklim. Faktor lain adalah aspek ekonomi dari pemilihan material. Kemajuan yang cepat dalam metode konstruksi, peningkatan pengenalan alat mekanik dan pabrik, dan perubahan dalam organisasi industri bangunan dapat mempengaruhi pilihan bahan.

Ada berbagai macam bahan konstruksi yang umum dijumpai. Mereka biasanya diklasifikasikan dari sudut yang berbeda sesuai dengan tingkat kepentingannya. Klasifikasi yang paling umum didasarkan pada komponen kimia dan fungsinya. Menurut komponen kimia bahan bangunan, bahan konstruksi bisa diklasifikasikan menjadi bahan anorganik, bahan organik dan bahan komposit seperti tertera pada Gambar 1.1.

## RINGKASAN BUKU

Bahan konstruksi merupakan salah satu faktor penting yang dapat menentukan kualitas dari pekerjaan konstruksi. Beton dan baja merupakan bahan konstruksi yang paling umum digunakan pada berbagai macam infrastruktur, sehingga pemahaman mengenai bahan-bahan tersebut menjadi sangat penting untuk dipelajari lebih mendalam.

Penulisan buku ini dimaksudkan sebagai bahan rujukan bagi para pembaca, khususnya mahasiswa dalam mempelajari dan memahami bahan-bahan utama yang digunakan dalam bidang konstruksi yaitu beton dan baja. Dengan adanya buku ini, mahasiswa diharapkan dapat mempelajari materi yang diberikan dalam kuliah dengan lebih teratur dan lebih mendalam. Selain bagi mahasiswa, buku ini juga dapat digunakan oleh para pelaku di bidang konstruksi sebagai referensi dalam pelaksanaan konstruksi di lapangan.

Materi dalam buku ini merupakan rangkuman dari berbagai referensi yang telah dituliskan dalam daftar pustaka, pengalaman penulis dalam memberikan kuliah, serta pengalaman penulis dalam melakukan penelitian, studi dan pekerjaan yang berkaitan dengan bahan konstruksi berupa beton dan baja. Dalam buku ini juga terdapat bagian evaluasi yang berisi soal-soal yang dapat dikerjakan oleh pembaca agar dapat mengasah pemahaman mengenai materi yang telah dijabarkan sebelumnya.

Buku ini terdiri dari Bab I hingga Bab V, dimana pada Bab I dari buku ini membahas mengenai sifat dan uji kualitas bahan konstruksi secara umum. Bab II berisi penjelasan mengenai bahan konstruksi beton mulai dari definisi beton, sifat dari beton hingga keunggulan dan kelemahan beton. Bab III membahas bahan konstruksi baja, seperti jenis baja, sifat-sifat mekanik baja dan lain sebagainya. Pada Bab IV membahas mengenai mekanisme beton bertulang serta membahas mengenai beton bertulang pada elemen pelat, balok, kolom hingga fondasi. Sedangkan pada Bab V adalah bagian penutup.