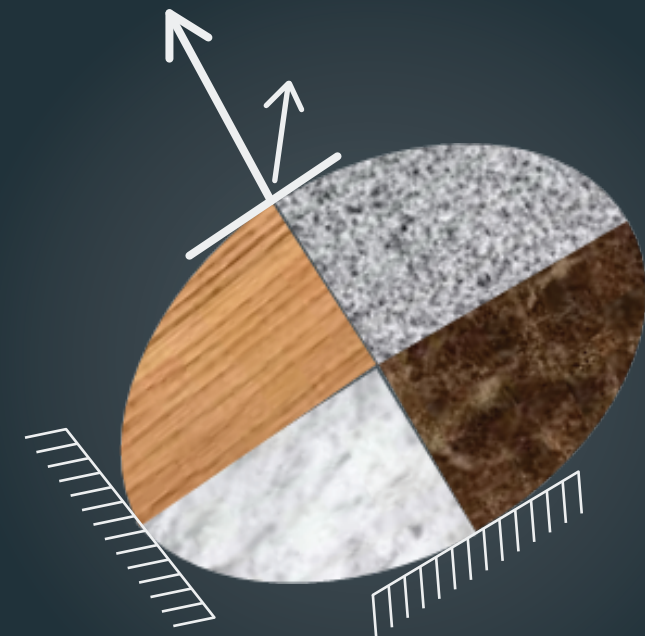


MODEL CONSTITUTIVE MATERIAL



Ngudiyono

MODEL CONSTITUTIVE MATERIAL

Ngudiyono



Persamaan constitutive digunakan untuk menentukan respons bahan yang diberikan beban. Jika beban yang bekerja kecil, teori linier klasik mekanika kontinum dan fisika kontinum dapat diterapkan. Dalam teori-teori ini, persamaan konstitutif yang digunakan akan linier. Namun sebaliknya jika beban yang bekerja besar, persamaan konstitutif linier secara umum tidak akan lagi cukup menggambarkan respons material.

Pada buku ini akan dijelaskan beberapa teori dasar tentang model constitutive material dalam kondisi linier elastik pada material solid dan material yang bersifat viscoelastic, terdiri dari 6 bab. Bab I teori vektor dan tensor berisi penjelasan tentang sistem koordinat, aljabar vektor, definisi dan teorema tensor. Bab II dan III membahas formulasi persamaan tegangan dan regangan, selanjutnya Bab IV menjelaskan hubungan elastik tegangan regangan suatu material jika diberikan gaya. Bab V menjelaskan persamaan constitutive material viscoelastic yang dapat digunakan untuk memprediksi perilaku jangka panjang seperti creep dan relaxation pada suatu material jika diberikan beban konstan. Bab VI selanjutnya mengaplikasi persamaan-persamaan constitutive pada beberapa kasus material solid dan viscoelastic.

Model Constitutive Material

MODEL CONSTITUTIVE MATERIAL

Dr. Ngudiyono, ST., MT



Pustaka Aksara

MODEL CONSTITUTIVE MATERIAL

Penulis : Dr. Ngudiyono, ST., MT
Desain Sampul : Siti Nurul M.
Tata Letak : Aurelia Khoirunnisa

ISBN : 978-623-6477-79-3

Diterbitkan oleh : **PUSTAKA AKSARA, 2021**

Redaksi:

Jl. Karangrejo Sawah IX nomor 17, Surabaya

Telp. 0858-0746-8047

Laman : www.pustakaaksara.co.id

Surel : info@pustakaaksara.co.id

Anggota IKAPI

Cetakan Pertama : 2021

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Perilaku hubungan tegangan regangan suatu material akibat pembebanan umumnya dapat dinyatakan dengan persamaan **model constitutive**. Pada buku ini akan dijelaskan beberapa teori dasar tentang model constitutive material dalam kondisi linier elastik pada material solid dan material yang bersifat viscoelastic. Untuk mempermudah pemahaman terhadap model konstitutive yang ada, pada buku ini juga diberikan beberapa contoh aplikasi. Buku ini sangat sesuai untuk kalangan mahasiswa S1, S2 dan S3 di jurusan teknik sipil, teknik mesin dan jurusan lainnya sebagai dasar dalam mempelajari tentang analisa struktur, mekanika bahan dan analisa metode elemen hingga (FEM).

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Prof Ir. Bambang Suhendro, M.Sc, Ph.D, Dr. Ing. Ir. Andreas Triwiyono Dr. Ing. Ir. Djoko Sulisty, yang telah memberikan masukan dan saran demi kesempurnaan buku ini dan para kolega Dosen di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram

Buku ini penulis persembahkan untuk istri tercinta Tri Sulistyowati, yang selalu mendampingi penulis dalam suka dan duka serta memberikan dukungan dalam menyelesaikan buku ini dan kedua anakku Adam Roihan dan Faris Dhiyaulhaq, serta kedua orangtua tercinta Bapak Sudiman dan Ibu Tasri, serta Ibu Mertua Sutarmi atas doa dan dukungannya

Penulis menyadari bahwa dalam buku ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan.

Mataram, Nopember 2021

Ngudiyono

DAFTAR ISI

| | |
|-----------------|-----|
| Prakata | iii |
| Daftar Isi..... | iv |

BAB I

| | |
|---|----------|
| VEKTOR DAN TENSOR | 1 |
| 1.1 Sistem Koordinat | 1 |
| 1.2 Aljabar Vektor | 2 |
| 1.3 <i>Scalar Product</i> | 4 |
| 1.4 <i>Vector Product</i> | 4 |
| 1.5 <i>Triple Product</i> | 5 |
| 1.6 <i>Scalar dan Vector Field</i> | 6 |
| 1.7 Indicial Notation dan Summation Convention | 8 |
| 1.8 Simbul δ_{ij} (Kronecker Delta)..... | 9 |
| 1.9 Simbul ϵ_{ijk} (Alternating Tensor)..... | 9 |
| 1.10 Tranformasi Koordinat | 11 |
| 1.11 Definisi Cartesian Tensor..... | 13 |
| 1.12 Sifat-Sifat Tensor | 14 |
| 1.13 Isotropic Tensor | 17 |
| 1.14 Quotient Rule | 17 |
| 1.15 Divergence Theorem | 18 |

BAB II

| | |
|---|-----------|
| ANALISIS TEGANGAN..... | 19 |
| 2.1 Kondisi Trgangan pada Suatu Titik | 19 |
| 2.2 Cauchy's Formula..... | 24 |
| 2.3 Tegangan-Tegangan pada Sumbu Utama (<i>Principle Stresses</i>)..... | 25 |
| 2.4 Nilai-Nilai Stationary Tegangan Normal dan Geser | 28 |
| 2.5 Kondisi Tegangan Geser Murni (<i>Pure Shear State</i>) | 29 |
| 2.6 Tegangan Octahedral (<i>Octahedral Stresses</i>)..... | 30 |
| 2.7 Stress Deviator Tensor | 31 |
| 2.8 Representation Tegangan pada Diagram Lingkaran Mohr .. | 32 |
| 2.9 Persamaan Kesetimbangan | 34 |

BAB III

| | |
|--|-------------|
| ANALISIS REGANGAN | ..37 |
| 3.1 Kondisi Regangan pada Suatu Titik | ..37 |
| 3.2 Cauchy's Formula Regangan | ..40 |
| 3.3 Regangan-Regangan Utama | ..41 |
| 3.4 Regangan Octahedral | ..44 |
| 3.5 Strain Deviator Tensor | ..45 |
| 3.6 Representation Regangan pada Diagram Lingkaran Mohr .. | ..45 |
| 3.7 Hubungan Regangan-Displacement | ..46 |
| 3.8 Persamaan Strain Compatibility | ..49 |

BAB IV

| | |
|---|-------------|
| HUBUNGAN ELASTIC TEGANGAN-REGANGAN | ..50 |
| 4.1 Asumsi Dasar | ..50 |
| 4.2 Tujuan Memodelkan Material Elastic | ..50 |
| 4.3 Definisi | ..50 |
| 4.4 Hubungan Tegangan-Regangan Material Linier Elastic | ..51 |
| 4.5 Hubungan Tegangan-Regangan Material Isotropic Linier Elastic | ..54 |
| 4.6 Hubungan Tegangan-Regangan Isotropic Linier Elastic dalam Bentuk | ..58 |
| 4.7 Principle of Virtual Work | ..61 |

BAB V

| | |
|---|-------------|
| MODEL CONSTITUTIVE MATERIAL VISCOELASTIC | ..63 |
| 5.1 Pendahuluan | ..63 |
| 5.2 Mechanical Model | ..64 |
| 5.2.1 Maxwell Model | ..66 |
| 5.2.2 Kelvin Model | ..68 |
| 5.2.3 Burger Model | ..70 |
| 5.3 Boltzmann Superposition Pinciple | ..72 |

BAB VI

| | |
|--|-------------|
| APLIKASI MODEL CONSTITUTIVE | ..75 |
| 6.1 Analisis Tegangan dan Regangan Material Elastic | ..75 |
| 6.1.1 Tensor Tegangan (Stress Tensor) | ..75 |
| 6.1.2 Tegangan pada Balok Kantilever (Isotropic Material) .. | ..77 |

| | |
|---|-----------|
| 6.2 Analisis Tegangan Regangan Material Viscoelastic..... | 81 |
| 6.2.1 Aplikasi Mechanical Model | 81 |
| 6.2.2 Aplikasi Boltzmann Superposition Principle | 83 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 86 |
| TENTANG PENULIS..... | 87 |