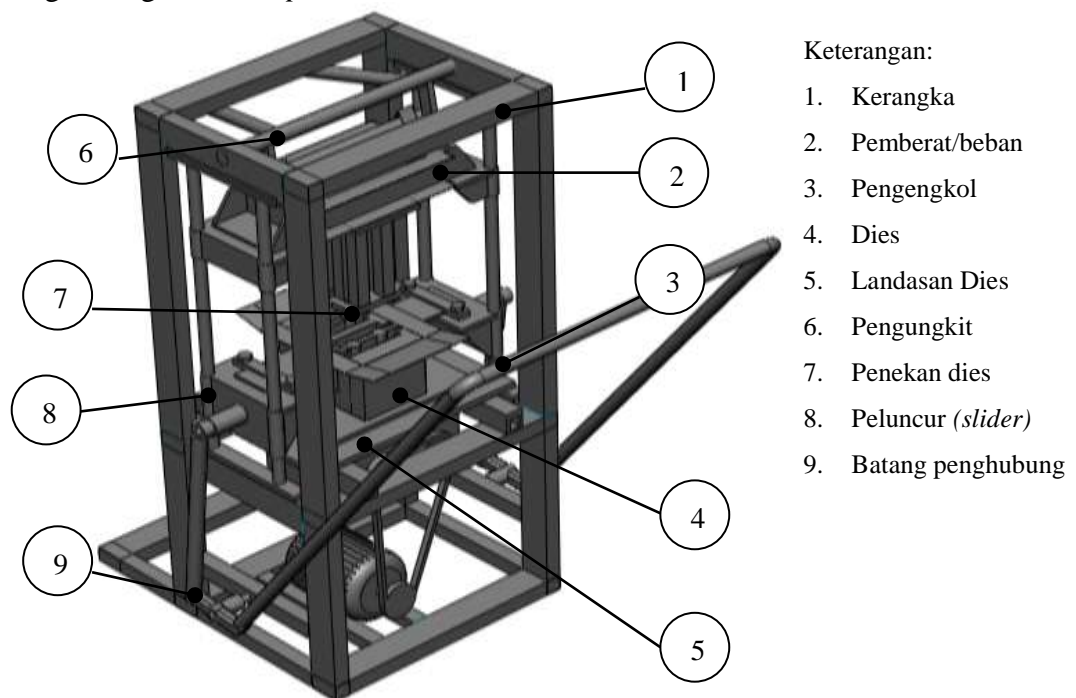


BAB II
DASAR TEORI MESIN *PRESS* BTPTP, KARAKTERISTIK BTPTP DAN
METODE ELEMEN HINGGA

2.1 Mesin *press* BTPTP

Pada dasarnya prinsip kerja mesin *press* BTPTP sama dengan mesin *press* batako pada umumnya dipasaran dengan perbedaan cetakan produk batako yang dihasilkan memiliki geometri tersendiri yang nantinya memudahkan dalam pemasangan pada konstruksi dinding. Mesin ini bersifat semi otomatis menggunakan sistem ungkit manual untuk menurunkan beban memanfaatkan gaya *gravitation drop* yang menekan cetakan BTPTP yang digetarkan berfungsi untuk memadatkan batako hasil cetakannya. Dengan demikian keseragaman mutu hasil cetakan dapat terjamin [9]. Bagian – bagian pada mesin *press* BTPTP ditunjukkan pada gambar 2.1.

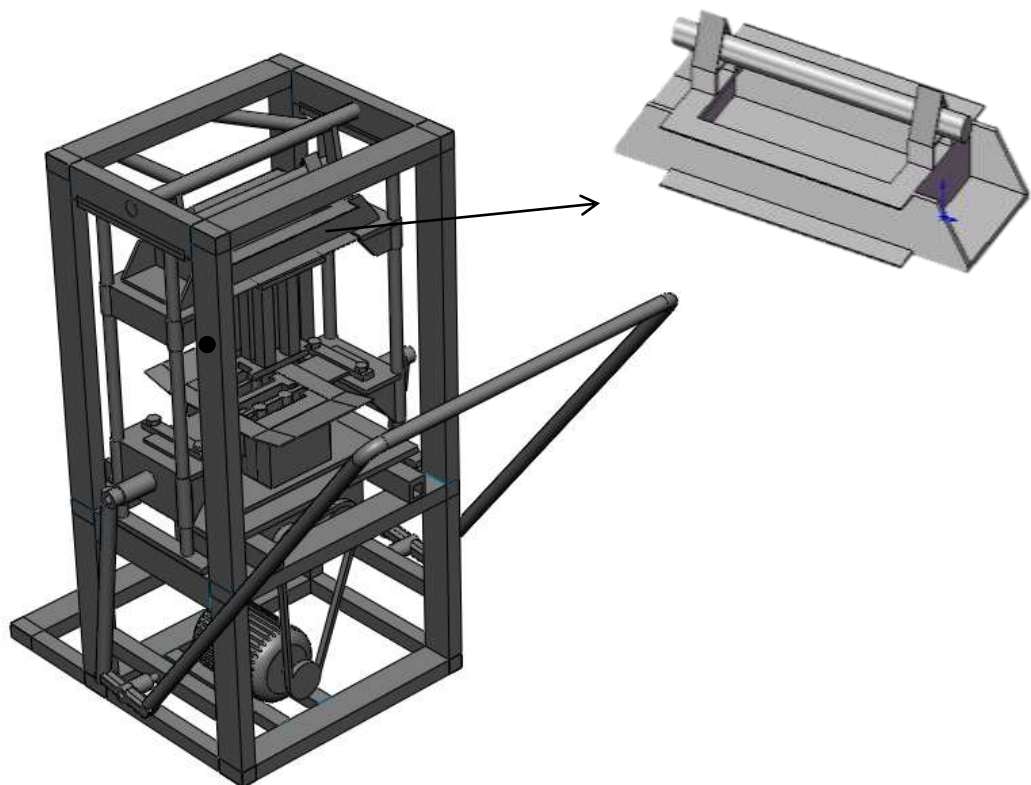
Bagian-bagian mesin *press* BTPTP:



Gambar 2.1 Bagian-bagian mesin *press* BTPTP [9]

2.1.1 Beban penggetar mesin *press* BTPTP

Beban penggetar pada mesin *press* BTPTP ini menggunakan bahan C1020 (plat dengan tebal 15 mm dan pipa solid berdiameter 40 mm). Memiliki dimensi panjang 730 mm, lebar 330 mm. Memanfaatkan gaya gravitasi beban tersebut berfungsi menekan campuran BTPTP pada cetakan. Terdapat *slider* sebagai pengatur arah beban agar tepat menuju cetakan. Posisi beban mesin *press* BTPTP ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Posisi beban mesin *press* BTPTP [9]

Hukum gravitasi universal Newton menyatakan bahwa besar gaya segaris dengan garis yang menghubungkan kedua titik tersebut berbanding lurus dengan perkalian kedua massa tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua massa titik tersebut [2]. Hukum gravitasi universal Newton ditunjukkan pada persamaan 2.1.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 g \quad (2.1)$$

Pada kasus ini persamaan tersebut dapat diturunkan untuk menghitung berat. Berat suatu benda adalah hasil kali massa benda tersebut dengan percepatan gravitasi bumi [2]. Ditunjukkan pada persamaan 2.2.

$$W = mg \quad (2.2)$$

Hukum kedua Newton menyatakan bahwa total gaya pada sebuah partikel sama dengan banyaknya perubahan momentum linier \mathbf{p} terhadap waktu [3] ditunjukkan pada persamaan 2.3.

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt}, \quad (2.3)$$

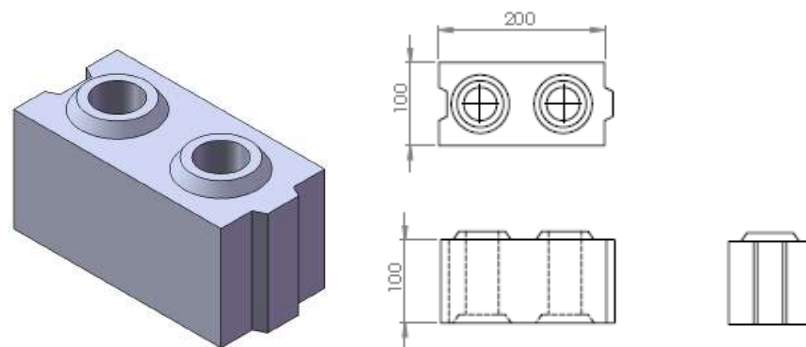
Karena hukumnya hanya berlaku untuk sistem dengan massa konstan, variabel massa (sebuah konstan) dapat dikeluarkan dari operator diferensial dengan menggunakan aturan diferensiasi [3] ditunjukkan pada persamaan 2.4.

$$\mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = m\mathbf{a}, \quad (2.4)$$

Dengan \mathbf{F} adalah total gaya yang bekerja, m adalah massa benda, dan \mathbf{a} adalah percepatan benda. Maka total gaya yang bekerja pada suatu benda menghasilkan percepatan yang berbanding lurus [3].

2.2 Karakteristik material BTPTP

BTPTP memiliki keunggulan daripada batako yang ada dipasaran pada umumnya. Sesuai dengan namanya batako tanpa plester dan tanpa perekat ini tidak memerlukan perekat untuk menyusunnya dalam suatu bangunan, hal ini dikarenakan BTPTP memiliki geometri yang saling mengunci antar pasangan batako. Geometri BTPTP diunjukkan pada gambar 2.3.

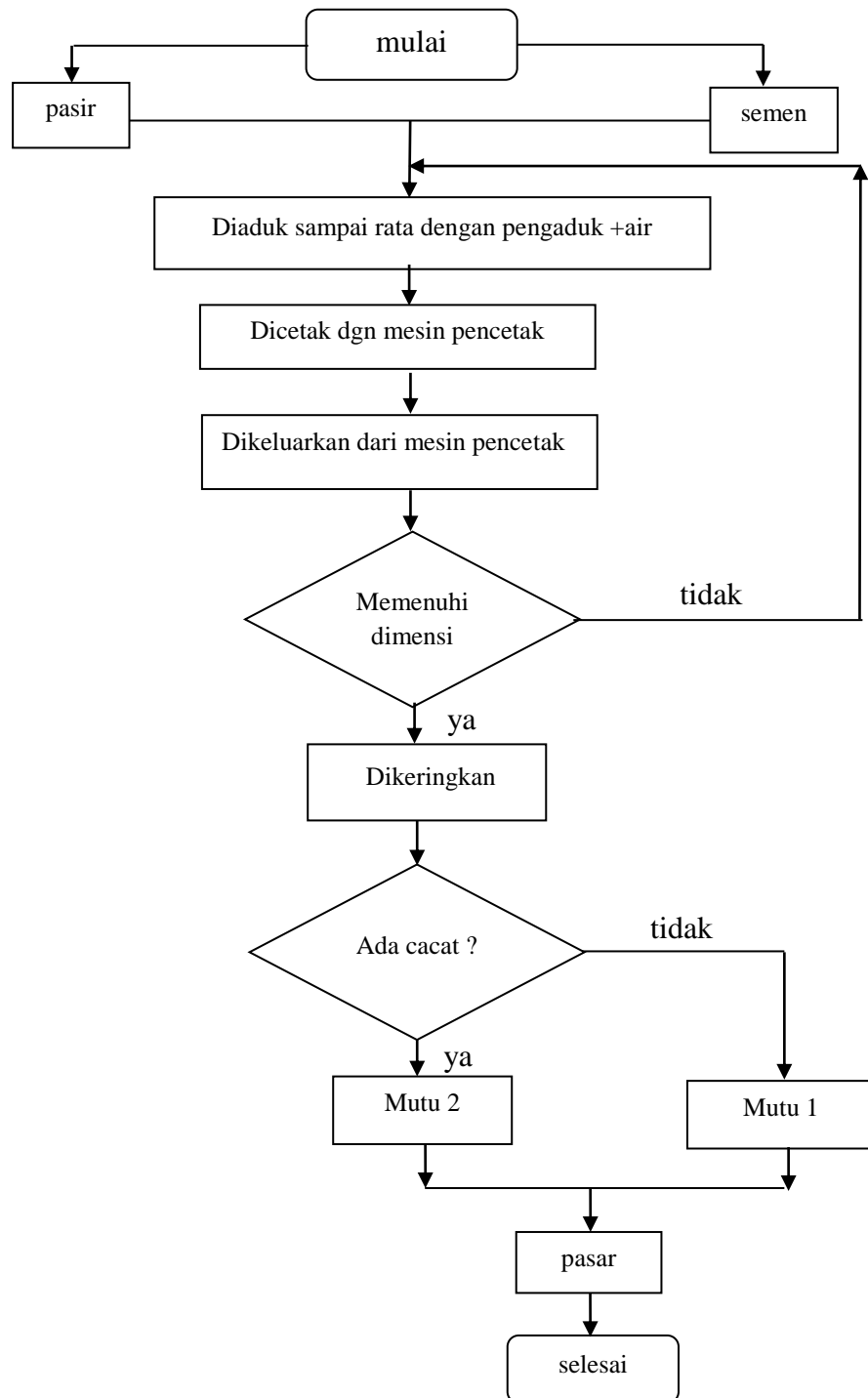


Gambar 2.3 Geometri BTPTP

Material yang digunakan tidak berbeda dengan batako pada umumnya. BTPTP ini terbuat dari campuran semen, air dan pasir. Campuran tersebut kemudian diletakan kedalam cetakan yang ada di mesin *press* batako, kemudian di *press* dengan beban dan waktu penggetaran tertentu untuk mendapatkan hasil yang optimal. Setelah digetarkan, batako tersebut dikeringkan secara alami, dengan waktu pengeringan (*ageing*) selama 40 hari.

Dalam kondisi operasi aktual dilapangan terdapat ketidak seragaman mutu karakteristik material yang diproduksi dikarenakan belum diketahui beban optimal yang dapat diterima oleh mesin *press* dalam membuat cetakan BTPTP ini.

Karakteristik material meliputi densitas (*density*), kuat tekan (*compressive strength*), *modulus young*, dan *poisson ratio*. Karakteristik ini dapat dicari dengan melakukan pengujian di laboratorium. Hasil dari pengujian dapat divariasikan tanpa harus melakukan pengujian dengan melakukan pendekatan metode elemen hingga, dalam hal ini menggunakan bantuan *software* ABAQUS 6.10-1. Diagram alir proses produksi BTPTP ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram alir proses produksi BTPTP [9]

2.2.1 Densitas (*Density*)

Pengukuran densitas dapat dihitung dengan persamaan 2.5

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.5)$$

Dimana :

ρ	= densitas (kg/m ³)
m	= massa batako (kg)
V	= volume batako (m ³)

2.2.2 Kuat tekan (*Compressive strength*)

Kuat tekan (*compressive strenght*) dapat dihitung dengan persamaan 2.6

$$Kokoh\ tekan = \frac{F}{A} \quad (2.6)$$

Dimana :

<i>kokoh tekan</i>	= kuat tekan (N/mm ²)
F	= beban yang diberikan (N)
A	= Luas penampang yang terkena penekanan gaya (mm ²)

2.2.3 Modulus young

Modulus young dapat dihitung dengan persamaan 2.7

$$E = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} \quad (2.7)$$

Dimana :

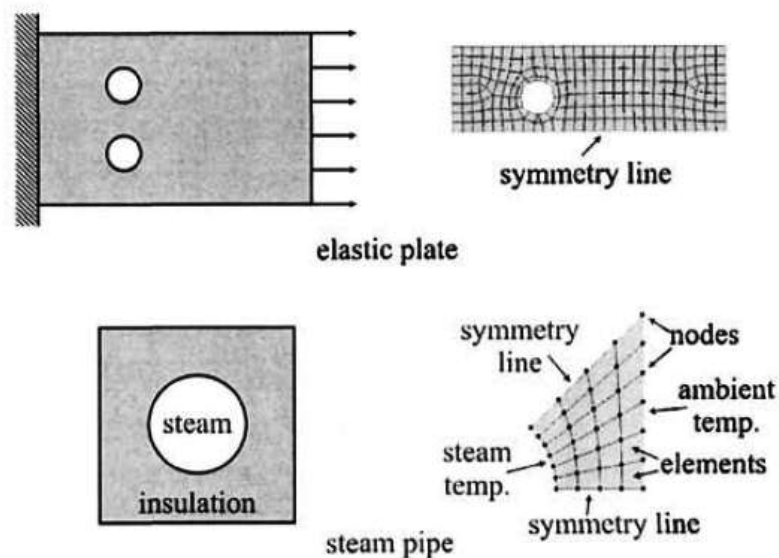
E	= <i>modulus young</i> (N/mm ²)
f_c'	= kokoh tekan x 0,83

2.2.4 Poisson ratio

Untuk *poisson ratio* diasumsikan sebesar 0,12.

2.3 Metode elemen hingga

Metode elemen hingga (MEH) diperkenalkan pertama kali pada tahun 1954 oleh Turner et al [1]. Disebut juga sebagai *finite element method (FEM)* merupakan suatu metode analisa perhitungan dengan membagi suatu obyek yang kompleks menjadi beberapa bagian (*block*) sederhana, atau dengan membagi obyek menjadi bagian yang sangat kecil dengan pengaturan secara kepingan-kepingan. Metode ini dapat berperan sebagai *research tool* dalam penyelesaian secara numerik pada berbagai penelitian yang berkembang saat ini. Aplikasi MEH ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Aplikasi MEH dalam bidang teknik [1]

2.3.1 Konsep dasar MEH

Konsep Dasar Metode Elemen Hingga adalah sebagai berikut [6]:

- Menjadikan elemen-elemen diskrit untuk memperoleh simpangan-simpangan dan gaya-gaya anggota dari suatu struktur.
- Menggunakan elemen-elemen kontinu untuk memperoleh solusi pendekatan terhadap permasalahan-permasalahan perpindahan panas, mekanika fluida dan mekanika solid.

Secara umum prosedur analisa struktur adalah sebagai berikut [6]:

- a. Membagi struktur menjadi kepingan-kepingan (*elements* dengan *nodes*).
- b. Memberikan sifat-sifat fisik pada tiap elemen.
- c. Hubungkan elemen-elemen pada tiap nodal untuk membentuk sebuah sistem perkiraan dari persamaan untuk struktur tersebut.
- d. Menyelesaikan sistem persamaan tersebut yang disertai dengan jumlah yang tidak dikenal di titik simpul (contoh: perpindahan).
- e. Menghitung jumlah yang diinginkan (contoh: *strains* dan *stresses*).

2.3.2 Jenis elemen pada MEH

- a. Elemen satu dimensi (garis)

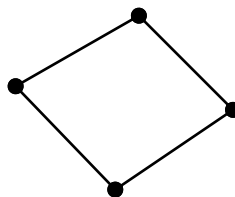
Jenis elemen ini meliputi pegas (*spring*), *truss*, *beam*, *pipe* dan lain sebagainya, ditunjukkan pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Elemen garis

- b. Elemen dua dimensi (bidang)

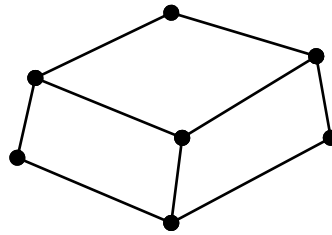
Jenis elemen ini meliputi membran, *plate*, *shell* dan lain sebagainya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Elemen bidang

- c. Elemen tiga dimensi (*volume*)

Jenis elemen ini meliputi (*3-D Fields-temperature, displacement, stress, flow velocity*), ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Elemen volume

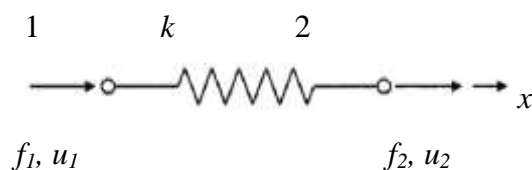
2.3.3 Sistem persamaan

Salah satu metode analisis elemen hingga yang mendasar adalah menggunakan pendekatan langsung. Pendekatan ini digambarkan oleh sistem pegas linier.

2.3.4 Pegas linier

Pegas linier mempunyai kekakuan k dan mempunyai dua titik. Setiap titik diberikan sebuah beban aksial sebesar f_1 pada titik 1 dan f_2 pada titik 2. Beban tersebut menghasilkan displacement sebesar u_1 dan u_2 pada masing-masing titik. Karena beban yang diberikan kepada dua titik, resultan dari displacement ditunjukkan pada persamaan 2.8 dan diagram benda bebas dari elemen pegas linier ditunjukkan pada Gambar 2.9 menjadi:

$$u = u_1 - u_2 \quad (2.8)$$



Gambar 2.9 Diagram benda bebas dari elemen pegas linier

Gaya pada sistem ditunjukkan pada persamaan 2.6.

$$f_1 = ku = k(u_1 - u_2) \quad (2.9)$$

Sedangkan kesetimbangan gaya pada sistem ditunjukkan pada persamaan 2.10 dan 2.11.

$$f_2 = -f_1 \quad (2.10)$$

Maka,

$$f_2 = k(u_2 - u_1) \quad (2.11)$$

Penggabungan antara persamaan 2.9 dan 2.11 dalam matriks ditunjukkan pada persamaan 2.12 dan 2.13.

$$\begin{bmatrix} k & -k \\ -k & k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

Atau

$$k^{(e)}u^{(e)} = f^{(e)} \quad (2.13)$$

Dimana $u^{(e)}$ adalah vektor titik displacement yang belum diketahui nilainya. Sedangkan $k^{(e)}$ adalah vektor kekakuan dan $f^{(e)}$ adalah vektor beban dan kondisi batas. $^{(e)}$ merepresentasikan sebagai nomer elemen.

2.3.5 Persamaan umum

Pemodelan masalah teknik menggunakan metode elemen hingga membutuhkan penggabungan matriks karakteristik elemen (kekakuan) dan vektor gaya, ditunjukkan pada persamaan 2.14.

$$Ku = F \quad (2.14)$$

Nilai K dan F dapat dijabarkan berturut-turut pada persamaan 2.15 dan 2.16.

$$K = \sum_{e=1}^n k^{(e)} \quad (2.15)$$

Dan

$$F = \sum_{e=1}^n f^{(e)} \quad (2.16)$$