II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perilaku Laju Perubahan

2.1.1 Laju Perubahan Rata-Rata

Laju perubahan rata-rata fungsi $y = f(x)$ dalam selang tertutup $[x_1, x_2]$ ialah :

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1}$$

2.1.2 Garis Singgung pada Sebuah Kurva

Andaikan $y = f(x)$ sebuah fungsi dan P: $(c, f(c))$ suatu titik pada grafik $f(x)$. Garis singgung grafik f di P: $(c, f(c))$ adalah :

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(c + \Delta x) - f(c)}{\Delta x}$$

Asalkan limitnya ada.

Persamaan garis singgung ini ialah : $y - f(c) = \{f'(c)\}.(x - c)$

2.1.3 Laju Perubahan Sesaat

Misalkan fungsi $y = f(x)$ didefinisikan di sekitar $x = c$. Laju perubahan sesaat pada $x = c$ ialah :

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(c + \Delta x) - f(c)}{\Delta x}$$

Asalkan limitnya ada.

Misalkan $x = c + \Delta x$, maka $\Delta x = x - c$. Dengan demikian, jika $\Delta x = 0$, maka $x = c$. Oleh karena itu :

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x) - f(c)}{x - c}$$

2.2 Derivatif

Misalkan fungsi $y = f(x)$, turunan fungsi f adalah f' yang nilainya di titik c dalam daerah asal f adalah :

$$f'(c) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(c + \Delta x) - f(c)}{\Delta x}$$

Asalkan limitnya ada.

Jika limitnya ada, maka f dikatakan terdiferensialkan di c. Daerah asal f' adalah himpunan bagian daerah asal f. Menentukan sebuah fungsi dinamakan pendiferensialan. Lambang lain untuk f' adalah $D_x f$; dalam hal ini x adalah peubah bebas f. Jika diandaikan $y = f(x)$, maka turunan f adalah $\frac{dy}{dx}$ dan $D_x y$. Jadi turunan fungsi $f(x)$ pada titik $x = c$ adalah :

$$f'(c) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(c + \Delta x) - f(c)}{\Delta x}$$

Turunan sebuah fungsi adalah suatu limit. Jika limit tersebut ada, maka fungsi tersebut kontinu (Purcell dan Varberg, 2003).

2.3 Diferensial

Definisi 2.2.1

Misalkan fungsi f terdefinisi pada interval buka yang memuat c. Diferensial fungsi f di titik c, ditulis dengan f', didefinisikan dengan

$$f'(c) = \lim_{x \to c} \left(\frac{f(x) - f(c)}{x - c} \right)$$

atau

$f'(c) = \lim_{h \to 0} \left(\frac{f(c+h) - f(c)}{h} \right)$ asal limit tersebut ada.

Sifat-sifat diferensial :

1. Jika $f(x) = k$, dengan k konstanta maka $f'(x) = 0$.

   Bukti :

$$f'(x) = \lim_{h \to 0} \left(\frac{f(x+h) - f(x)}{h} \right)$$

$$= \lim_{h \to 0} \left(\frac{k - k}{h} \right)$$

$$= \lim_{h \to 0} \left(\frac{0}{h} \right)$$

$$= 0$$

2. Jika $f(x) = x^n$, dengan n bilangan real, maka $f'(x) = nx^{n-1}$.

   Bukti :

$$f'(x) = \lim_{h \to 0} \left(\frac{f(x+h) - f(x)}{h} \right)$$

$$= \lim_{h \to 0} \left(\frac{(x+h)^n - x^n}{h} \right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{[(x+h)-x][(x+h)^{n-1}+(x+h)^{n-2}x+\cdots+(x+h)x^{n-2}+x^{n-1}]}{h}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}([(x+h)^{n-1}+(x+h)^{n-2}x+\cdots+(x+h)x^{n-2}+x^{n-1}])$$

$$= nx^{n-1}$$

3. Diketahui $u(x), v(x)$ dan $k \in R$.

   i. Jika $f(x) = u(x) + v(x)$, maka $f'(x) = u'(x) + v'(x)$.

   Bukti :

$$f'(x) = \lim_{h\to 0}\left(\frac{f(x+h)-f(x)}{h}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{u(x+h)+v(x+h)-u(x)-v(x)}{h}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{[u(x+h)-u(x)]+[v(x+h)-v(x)]}{h}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{u(x+h)-u(x)}{h}+\frac{v(x+h)-v(x)}{h}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{u(x+h)-u(x)}{h}\right)+\lim_{h\to 0}\left(\frac{v(x+h)-v(x)}{h}\right)$$

$$= u'(x) + v'(x)$$

   ii. Jika $f(x) = ku(x)$,maka $f'(x) = ku'(x)$.

   Bukti :

$$f'(x) = \lim_{h\to 0}\left(\frac{f(x+h)-f(x)}{h}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{k.u(x+h)-k.u(x)}{h}\right)$$

$$= \lim_{h \to 0} \left(\frac{k[u(x+h) - u(x)]}{h} \right)$$

$$= k. \lim_{h \to 0} \left(\frac{u(x+h) - u(x)}{h} \right)$$

$$= ku'(x)$$

iii. Jika $f(x) = u(x).v(x)$, maka $f'(x) = u'(x).v(x) + u(x).v'(x)$.

Bukti :

$$f'(x) = \lim_{h \to 0} \left(\frac{f(x+h) - f(x)}{h} \right)$$

$$= \lim_{h \to 0} \left(\frac{u(x+h).v(x+h) - u(x).v(x)}{h} \right)$$

$$= \lim_{h \to 0} \left(\frac{u(x+h).v(x+h) - u(x).v(x) + u(x+h).v(x) - u(x+h).v(x)}{h} \right)$$

$$= \lim_{h \to 0} \left(\frac{u(x+h).v(x+h) - u(x+h).v(x) + u(x+h).v(x) - u(x).v(x)}{h} \right)$$

$$= \lim_{h \to 0} \left(\frac{u(x+h)[v(x+h) - v(x)] + [u(x+h) - u(x)]v(x)}{h} \right)$$

$$= \lim_{h \to 0} \left(\frac{u(x+h)[v(x+h) - v(x)]}{h} \right) + \lim_{h \to 0} \left(\frac{[u(x+h) - u(x)]v(x)}{h} \right)$$

$$= \lim_{h \to 0} u(x+h) \lim_{h \to 0} \left(\frac{[v(x+h) - v(x)]}{h} \right) + \lim_{h \to 0} \left(\frac{[u(x+h) - u(x)]}{h} \right) \lim_{h \to 0} v(x)$$

$$= u'(x).v(x) + u(x).v'(x)$$

iv. Jika $f\ (x) = \frac{u(x)}{v(x)}$, maka $f'\ (x) = \frac{u'(x).v(x) - v'(x).u(x)}{v^2(x)}$

Bukti :

$$f'(x) = \lim_{h \to 0} \left(\frac{f(x+h) - f(x)}{h} \right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{\frac{u(x+h)}{v(x+h)} - \frac{u(x)}{v(x)}}{h}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{\frac{u(x+h).v(x)-u(x).v(x+h)}{v(x+h).u(x)}}{h}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{u(x+h).v(x)-u(x).v(x+h)}{h.v(x+h).v(x)}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{u(x+h).v(x)-u(x).v(x+h)-u(x).v(x)+u(x).v(x)}{h.v(x+h).v(x)}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{u(x+h).v(x)-u(x).v(x)+u(x).v(x)-u(x).v(x+h)}{h.v(x+h).v(x)}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{v(x)[u(x+h)-u(x)]-u(x)[v(x+h)-v(x)]}{h.v(x+h).v(x)}\right)$$

$$= \lim_{h\to 0}\left(\frac{v(x)\frac{u(x+h)-u(x)}{h} - u(x)\frac{v(x+h)-v(x)}{h}}{v(x+h).v(x)}\right)$$

$$= \left(\frac{\lim\limits_{h\to 0} v(x)\lim\limits_{h\to 0}\frac{u(x+h)-u(x)}{h} - \lim\limits_{h\to 0} u(x)\lim\limits_{h\to 0}\frac{v(x+h)-v(x)}{h}}{\lim\limits_{h\to 0} v(x+h).v(x)}\right)$$

$$= \frac{u'(x).v(x)-v'(x).u(x)}{v^2(x)}$$

Notasi Leibniz

Jika $y = f(x)$, maka pertambahan y pada kurva f adalah sebesar

$\Delta y = f(x+\Delta x) - f(x)$. Bila $f'(x)$ ada, maka :

$$f'(x) = \lim_{\Delta x\to 0}\left(\frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x}\right) = \lim_{\Delta x\to 0}\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{dy}{dx}$$

$\frac{dy}{dx}$ disebut dengan notasi Leibniz.

Definisi 2.2.2

i. Diferensial dari x ditulis dx dan didefinisikan dengan $dx = \Delta x$

ii. Diferensial dari y ditulis dy dan didefinisikan dengan

$$dy = f'(x)\Delta x = f'(x)dx$$

Jika $dx = \Delta x$ adalah pertambahan di x, maka $\Delta y = f(x + \Delta x) - f(x)$ dinamakan pertambahan $y = f(x)$. Jika $f(x)$ kontinu dan mempunyai turunan yang kontinu dalam interval tertentu, maka

$$\Delta y = f(x)\Delta x + \varepsilon\Delta x = f(x)dx + \varepsilon dx$$

dimana $\varepsilon \rightarrow 0$ jika $\Delta x \rightarrow 0$

Pernyataan $dy = f'(x)dx$ disebut diferensial dari y (Purcell dan Varberg, 2003).

2.4 Momen Inersia

Momen inersia adalah kelembaman suatu benda yang berotasi, yang dirotasikan terhadap sumbu tertentu. Momen Inersia (I) adalah suatu besaran yang memperlihatkan tentang usaha suatu sistem benda untuk menentang gerak rotasinya. Besaran ini dimiliki oleh semua sistem benda (khusus padat) apapun bentuknya. Oleh karena itu momen inersia didefinisikan sebagai kecenderungan suatu sistem benda untuk berputar terus atau diam sebagai reaksi terhadap gaya torsi dari luar.

Pada dasarnya menentukan momen inersia benda berwujud tertentu seperti silinder pejal, dan bola cenderung lebih mudah dibandingkan jika mencari besar momen inersia untuk bentuk benda yang tidak beraturan dengan distribusi massa yang tidak sama. Momen Inersia merupakan momen kedua dari luas penampang yang dihitung menurut kuadrat jarak antara pusat berat luasan dengan sumbu yang ditinjau, sedangkan momen inersia yang dihitung terhadap sumbu yang tegak lurus luasan tampang disebut sebagai momen inersia polar. Momen sentrifugal yang dihitung berdasarkan jarak luasan tampang terhadap sumbu x dan y dapat mengambil semua nilai real (positif, negatif maupun nol). Nilai ketiga jenis momen inersia selalu berharga positif.

Nilai momen inersia tergantung dari partikel penyusunnya, bentuk, dan dimensi bangun atau bidang. Momen inersia dibagi menjadi 3 macam:

1. **Momen Inersia Partikel**

   Konsep partikel itu berbeda dengan konsep benda tegar. Dalam gerak lurus dan gerak parabola, misalnya benda dianggap sebagai sebuah partikel, karena ketika bergerak, setiap bagian benda itu memiliki kecepatan yang sama. Ketika sebuah mobil bergerak, bagian depan dan bagian belakang mobil mempunyai kecepatan yang sama. Jadi bisa dianggap mobil seperti partikel. Ketika sebuah benda melakukan gerak rotasi, kecepatan linear setiap bagian benda berbeda-beda. Bagian benda yang ada di dekat sumbu rotasi bergerak lebih pelan (kecepatan linearnya kecil), sedangkan bagian benda yang ada di tepi bergerak lebih cepat (kecepatan linear lebih besar).

2. Momen Inersia Benda Tegar

Benda tegar tersusun dari banyak partikel yang tersebar di seluruh bagian benda itu. Setiap partikel-partikel itu punya massa dan memiliki jarak r dari sumbu rotasi. Jadi momen inersia dari setiap benda merupakan jumlah total momen inersia setiap partikel yang menyusun benda itu.

Secara umum, momen inersia setiap benda tegar bisa dinyatakan sebagai berikut :

$$I = mr^2$$

Keterangan : I = momen inersia

m = massa partikel

r =jarak partikel dari sumbu rotasi

3. Momen Inersia Benda-Benda yang Bentuknya Beraturan

Selain bergantung pada sumbu rotasi, Momen inersia (I) setiap partikel juga bergantung pada massa (m) partikel itu dan kuadrat jarak (r^2) partikel dari sumbu rotasi. Total massa semua partikel yang menyusun benda adalah sama dengan massa benda itu. Secara umum, dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^{n} I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n$$

Persoalannya, jarak setiap partikel yang menyusun benda tegar berbeda-beda jika diukur dari sumbu rotasi (Giancoli, 2001).

Berikut ini tabel momen inersia berbagai benda.

Benda	**Momen Inersia**	**Keterangan**
Batang	$I = \frac{ml^2}{12}$	l= panjang batang
Segitiga sama sisi	$I = \frac{ma^2}{12}$	a = panjang sisi segitiga
Segi empat beraturan	$I = \frac{ma^2}{6}$	a = panjang sisi segi empat
Segi enam beraturan	$I = \frac{5\ ma^2}{6}$	a = panjang sisi segi enam
Silinder bola pejal	$I = \frac{mR^2}{2}$	R = jari-jari silinder
Bola tipis	$I = \frac{2\ mR^2}{3}$	R = jari-jari bola
Bola pejal	$I = \frac{2\ mR^2}{5}$	R = jari-jari bola
Plat segi empat	$I = \frac{m(a^2 + b^2)}{2}$	a = panjang sisi segi empat a = lebar sisi segi empat

Tabel 2.1 Momen Inersia Berbagai Benda

2.5 Energi Potensial

Energi dari suatu benda adalah kemampuan suatu benda untuk melakukan suatu usaha. Satuan energi adalah joule. Dalam ilmu fisika, banyak sekali macam-macam energi, salah satunya adalah energi potensial. Energi potensial adalah energi yang dimiliki suatu benda akibat adanya pengaruh tempat atau kedudukan dari benda tersebut. Energi potensial disebut juga dengan energi diam karena benda yang dalam keadaan diam dapat memiliki energi. Jika benda tersebut bergerak, maka benda itu mengalami perubahan energi potensial menjadi energi gerak. Contohnya buah kelapa yang siap jatuh dari pohonnya, cicak di plafon rumah, dan lain sebagainya.

Rumus atau persamaan energi potensial :

$$E_p = mgh$$

Keterangan

E_p = energi potensial (Joule)

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = tinggi benda dari tanah (m)

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki suatu benda karena pengaruh gerakannya. Benda yang bergerak memiliki energi kinetik. Rumus atau persamaan energi kinetik :

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Keterangan

E_k = energi kinetik (Joule)

m = massa benda (kg)

v = kecepatan benda (m/s)

h = tinggi benda dari tanah (m)

Hukum Kekekalan Energi

" Energi tidak dapat diciptakan dan juga tidak dapat dimusnahkan, energi hanya bisa berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lain". Jadi perubahan bentuk suatu energi dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain tidak mengubah jumlah atau besar energi secara keseluruhan.

Rumus atau persamaan mekanik (berhubungan dengan hukum kekekalan energi) :

$$E_m = E_p + E_k$$

Keterangan

E_m = energi mekanik

E_p = energi kinetik

E_k = energi kinetik

(Giancoli, 2001).

2.6 Konstruksi Bangunan

Pondasi bangunan adalah kontruksi yang paling terpenting pada suatu bangunan, karena pondasi berfungsi sebagai penahan seluruh beban yang berada di atasnya dan gaya-gaya dari luar. Bentuk pondasi ditentukan oleh berat bangunan dan keadaan tanah disekitar bangunan tersebut. Sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah padat yang mendukung pondasi (Iman Subarkah, 1988).

Jenis pondasi dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang digunakan pada kedalaman 0.8 sampai 1 meter karena daya dukung tanah telah mencukupi.

Jenis-jenis pondasi dangkal :

1) Pondasi *rollag* bata

Pada awalnya pondasi *rollag* bata merupakan pondasi yang diaplikasikan untuk menopang berat beban pada bangunan. Namun, pada saat ini pondasi *rollag* bata telah lama ditinggalkan. Selain mahal, pemasangannya pun membutuhkan waktu yang lama serta tidak memiliki kekuatan yang bisa diandalkan. Akan tetapi, pondasi ini tetap digunakan untuk menahan beban ringan, misalnya pada teras.

Ukuran rollag bata dengan panjang 1 meter memiliki lebar 50 cm dan tinggi 25 cm. Sedangkan ukuran standar batu bata memiliki panjang 22 cm, lebar 11 cm dan tinggi 8 cm.

Misalkan :

p_a = panjang pondasi (cm)

l_a = lebar pondasi (cm)

t_a = tinggi pondasi (cm)

p_b = panjang bata (cm)

l_b = lebar bata (cm)

t_b = tinggi bata (cm)

y_p =jumlah bata yang dibutuhan terhadap panjang pondasi (buah)

y_l = jumlah bata yang dibutuhan terhadap lebar pondasi (buah)

y_t = jumlah bata yang dibutuhan terhadap tinggi pondasi (buah)

y = jumlah bata yang dibutuhan per meter (buah)

Maka banyaknya bata yang dibutuhkan per meter adalah :

$$y_p = \frac{p_a}{p_b}$$

$$= \frac{100}{22}$$

$= 4{,}545454 \approx 4$ buah

$$y_l = \frac{l_a}{l_b}$$

$$= \frac{50}{11}$$

$= 4{,}545454 \approx 4$ buah

$$y_t = \frac{t_a}{t_b}$$

$$= \frac{25}{8}$$

$$= 3{,}125 \approx 3 \text{ buah}$$

Maka

$$y = y_p \times y_l \times y_t = 4 \times 4 \times 3 = 48$$

Sehingga diperoleh rumus umum :

$$y = 48p$$

dimana : $y =$ jumlah bata (buah)

$p =$ panjang pondasi rollag bata (meter)

2) Pondasi batu kali

Pondasi batu kali sering ditemui pada bangunan-bangunan rumah tinggal. Pondasi ini masih digunakan, karena selain kuat, pondasi ini pun masih termasuk murah. Bentuknya yang trapesium dengan ukuran tinggi 50 cm, lebar pondasi bawah 60 cm dan lebar pondasi atas 25 cm. Setiap 1 m^3 batu kali menghasilkan 7 meter panjang pondasi. Sehingga rumus umum untuk mencari banyaknya batu kali yang dibutuhkan adalah :

$$y = \frac{1}{7}p = 0{,}15p$$

dimana : $y =$ banyaknya batu kali (kubik)

$p =$ panjang pondasi batu kali (meter)

Bahan lain yang murah sebagai alternatif pengganti pondasi batu kali adalah memanfaatkan bongkaran bekas pondasi tiang pancang (*bore pile*) atau beton bongkaran jalan.

3) Pondasi sumuran

Pondasi sumuran atau *cyclop beton* menggunakan beton berdiameter 60-80 cm dengan kedalaman 1-2 meter. Di dalamnya dicor beton yang kemudian dicampur dengan batu kali dan sedikit pembesian dibagian atasnya. Pondasi ini kurang populer sebab boros adukan beton dan untuk ukuran sloof haruslah besar. Hal tersebut membuat pondasi ini kurang diminati.

4) Pondasi plat beton lajur

Pondasi plat beton lajur sangat kuat, sebab seluruhnya terdiri dari beton bertulang. Ukuran lebar pondasi lajur ini sama dengan lebar bawah dari pondasi batu kali yaitu 70 cm. Sebab fungsi pondasi plat beton lajur adalah pengganti pondasi batu kali.

5) Pondasi bor mini / *Strausspile*

Pondasi bor mini atau *strausspile* ini digunakan pada kondisi tanah yang jelek, seperti bekas empang atau rawa yang lapisan tanah kerasnya berada jauh dari permukaan tanah. Pondasi ini bisa digunakan untuk rumah tinggal sederhana atau bangunan dua lantai. Kedalamannya 2-5 meter. Ukuran diameter pondasi mulai dari 20, 30 dan 40 cm. Pengerjaannya dengan mesin bor atau secara manual. Di atas pondasi bor mini ada blok beton (*pilecap*). *Pilecap* ini merupakan media untuk mengikat kolom dengan *sloof*.

2. Pondasi dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang kedalamannya lebih dari 2 meter dan biasa digunakan pada bangunan-bangunan bertingkat.

Jenis pondasi dalam, yaitu :

1) *Bore pile*

Bore pile adalah pondasi yang kedalamannya lebih dari 2 meter. Digunakan untuk pondasi bangunan-bangunan tinggi. Sebelum memasang *bore pile*, permukaan tanah dibor terlebih dahulu dengan menggunakan mesin bor hingga menemukan daya dukung tanah yang sangat kuat untuk menopang pondasi. Setelah itu tulang besi dimasukan kedalam permukaaan tanah yang telah dibor, kemudian dicor dengan beton. Pondasi ini berdiameter 20 cm keatas. Biasanya pondasi ini terdiri dari 2 atau lebih yang diatasnya terdapat *pile cap*.

2) Tiang pancang / Paku bumi

Tiang pancang pada dasarnya sama dengan *bore pile*, yang membedakan hanya bahan dasarnya. Tiang pancang menggunakan beton jadi yang langsung ditancapkan langsung ke tanah dengan menggunakan mesin pemancang. Karena ujung tiang pancang lancip menyerupai paku, oleh karena itu tiang pancang tidak memerlukan proses pengeboran (Rosman, 2007).

2.7 Cor Dak

Cor dak adalah suatu cara membuat benda dengan menuang cairan logam panas kedalam cetakan, lalu membiarkannya dingin hingga menjadi padat. Cara ini digunakan untuk membuat bermacam-macam benda termasuk bagian-bagian mesin, alat pertanian, juga membuat benda-benda seni.

Pengecoran pertama kali dikenal saat manusia mencetak emas dan tembaga pada cetakan batu. Bangsa Mesir mengecor perunggu pada cetakan tanah liat sejak 3500 tahun yang lalu. Pengecoran logam merupakan bagian penting dalam industri modern. Lebih dari 50 persen berat traktor dan 90 persen mesin mobil dibuat dengan mengecor logam.
Untuk mengecor, mula-mula dibuat pola cetakan benda yang akan dibuat. Pola dapat dibuat dari plastik, logam, kayu, tanah liat atau lilin. Karena bahan yang dituang adalah logam, pola dibuat lebih besar dari ukuran sebenarnya untuk mengganti penyusutan saat logam mendingin.Pola dibuat dengan berbagai cara, tergantung pada ukuran dan frekuensi cetakan yang digunakan.

Adapun bobot cor dak standar permeter persegi dengan tinggi 12 cm adalah 90 kg.

Ada tiga kategori proses pengecoran, yaitu proses pola permanen dengan cetakan sekali pakai, proses dengan pola dan cetakan sekali pakai, dan proses cetakan permanen.

1. **Pola Permanen dengan Cetakan Sekali Pakai**

    Pada proses ini, cetakan dibuat dari pasir hijau, pasir kering, pasir teras atau gips. Pasir hijau terdiri atas 93% pasir silica, 4% tanah liat dan 3% air. Setengah pola bagian bawah ditempatkan pada sebuah pembungkus pada cetakan dari logam. Pasir hijau dengan campuran perekat dimasukkan kedalam rongga kosong yang terdapat diantara pola dan pembungkus cetakan. Pola atas juga dibuat dengan cara yang sama sekaligus diberi saluran untuk tempat lewatnya cairan. Setelah kering, pola dalamnya diambil sehingga keduanya merupakan baskom kosong. Dua bagian disatukan dengan penjepit, sehingga menjadi bentuk yang berlubang. Besi dituang pada suhu 1.371°C kemudian mulai mengeras pada suhu 1.222°C. Setelah dingin, besi cor dikeluarkan dan dibersihkan dengan tiupan pasir.

    Metode pasir kering secara keseluruhan hampir sama dengan metode pasir hijau, kecuali cetakannya yang lebih dahulu dibakar pada suhu 204°C. Pada suhu tersebut, cetakan menjadi lebih halus. Cara ini mengurangi reaksi cairan logam dengan permukaan cetakan sehingga menghasilkan benda dengan permukaan yang lebih baik.

Pasir teras adalah pasir yang mengandung lebih sedikit tanah liat, dengan tambahan sedikit minyak dan resin untuk menghasilkan cetakan lebih halus sesudah dibakar pada suhu 204°C.

Proses gips menggunakan karet sebagai bahan polanya yang dapat dirancang untuk cetakan berbentuk rumit. Pola karet dicelupkan kedalam adonan gips. Setelah cetakan terbentuk dan dibakar, pola dikeluarkan dan cetakan dapat dipakai.

2. **Proses dengan Pola dan Cetakan Sekali Pakai**

   Proses dengan pola dan cetakan sekali pakai digunakan untuk menghasilkan benda cor yang membutuhkan ketelitian yang tinggi. Proses ini menggunakan pola sekali pakai yang dibuat dari lilin, raksa beku atau polistirena. Proses dengan pola lilin, banyak dipakai membuat cetakan untuk menghasilkan benda-benda budaya termasuk patung dan perhiasan. Dalam proses ini, pola lilin diletakkan pada kotak cetakan yang dilapisi keramik. Setelah itu, dituang perekat dan bahan tahan panas. Sesudah terlapisi seluruhnya dengan adonan, kotak cetakan dibakar pada suhu 982°C. pola lilin meleleh, dan terciptalah cetakan dengan ketepatan tinggi, tempat logam cair akan dituang.

3. **Proses dengan Cetakan Permanen**

   Dalam proses ini, cetakannya dari logam atau grafit yang dapat dipakai ratusan bahkan ribuan kali. Mengecor benda-benda dengan cetakan permanen dapat menggunakan metode cair mati, cor gravitasi, atau cor *sentrafugal*. Pada cor mati, logam disuntikkan dengan tekanan tinggi kedalam cetakan yang dikempa sangat rapat. Dalam cor gravitasi, cairan logam dituang kedalam saluran vertikal yang mengalir ke lubang cetakan. Pada cor *sentrafugal*, saat cairan dituang, cetakan diputar pada sumbu vertikal atau horizontal dengan kecepatan tinggi. Gaya *sentrafugal* pengaruh putaran yang cepat menyebabkan cairan hanya menempel pada dinding cetakan. Proses ini banyak digunakan untuk membuat pipa plastik, besi, dan lain-lain (Surdia dan Chijiwa, 2000).