



## MODUL PERKULIAHAN

# REKAYASA FONDASI 1

## Penurunan Tanah pada Fondasi Dangkal

**Fakultas**

Teknik Perencanaan  
dan Desain

**Program Studi**

Teknik  
Sipil

**Tatap Muka**

**10**

**Kode MK**

A41117AB

**Disusun Oleh**

Edwin Laurencis, ST., MT.

### Abstract

Modul ini berisi beberapa contoh kasus perencanaan dan perhitungan penurunan fondasi dangkal pada tanah tertentu, serta berisi solusi mengenai langkah penyelesaiannya.

### Kompetensi

Mahasiswa memperoleh gambaran mengenai berbagai kasus sederhana dan mendapatkan pemahaman tentang prosedur perencanaan fondasi dangkal.

# Penurunan Konsolidasi

Pada bagian sebelumnya, telah dijelaskan bahwa besarnya tekanan akibat beban luar ( $\Delta p$ ) yang bekerja di bawah fondasi akan berbeda besarnya pada tiap kedalaman yang ditinjau, akibat terjadinya distribusi tegangan pada material tanah. Hal ini menyebabkan adanya perbedaan besarnya penurunan konsolidasi yang terjadi pada tiap lapisan tanah yang ditinjau. Secara sederhana, distribusi tegangan dapat ditentukan berdasarkan metode 2:1 (Lihat modul sebelumnya).

Untuk menentukan secara lebih detail mengenai besarnya distribusi tegangan akibat beban luar yang terjadi pada suatu kedalaman tertentu, dapat digunakan persamaan matematis. Pendekatan yang digunakan dapat diaplikasikan pada beban terpusat, beban terbagi rata pada fondasi dangkal berbentuk lingkaran, serta pada fondasi berbentuk empat persegi panjang. Sebagai batasan, pendekatan ini hanya digunakan pada lapisan tanah yang homogen saja.

## Tekanan Akibat Beban Luar Terpusat

Besarnya tegangan pada suatu titik pada kedalaman tertentu di bawah fondasi akibat beban terpusat  $P$  yang berada di permukaan, dapat dituliskan pada persamaan yang diusulkan oleh Boussinesq (1885) berikut:

$$\Delta p = \frac{3P}{2\pi z^2 \left[ 1 + \left( \frac{r}{z} \right)^2 \right]^{5/2}}$$

Dengan:

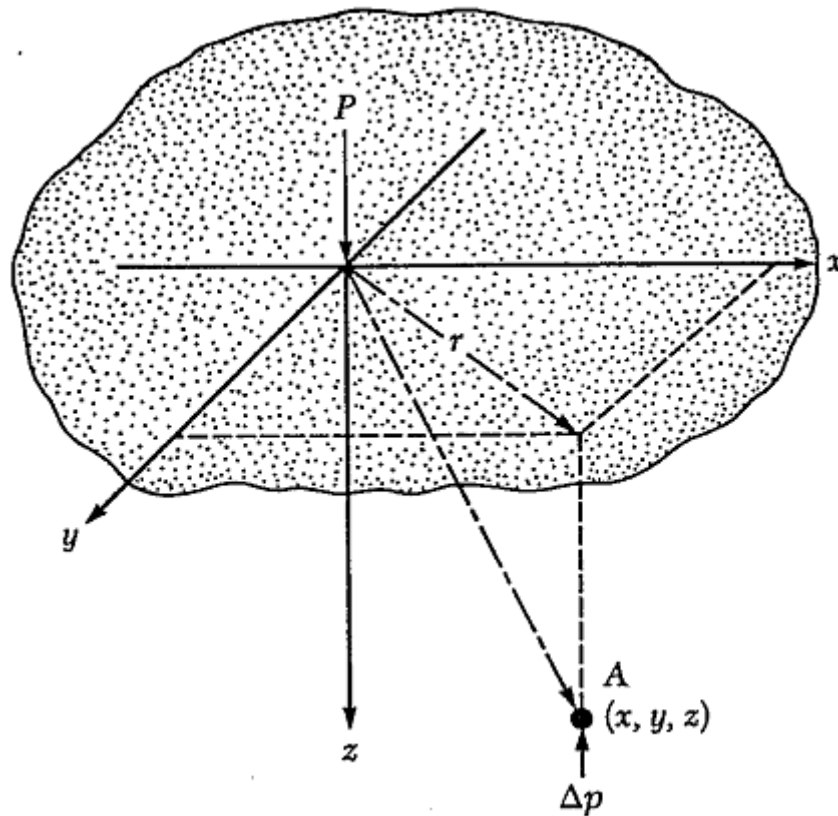
$P$  = beban luar

$z$  = kedalaman (m)

$r$  =  $\sqrt{x^2 + y^2}$

$x, y, z$  = koordinat dari titik yang ditinjau

Sebagai catatan adalah bahwa persamaan ini tidak berkaitan dengan nilai parameter tanah (modulus elastisitas dan angka Poisson). Sketsa untuk menentukan tegangan diilustrasikan pada Gambar 1.



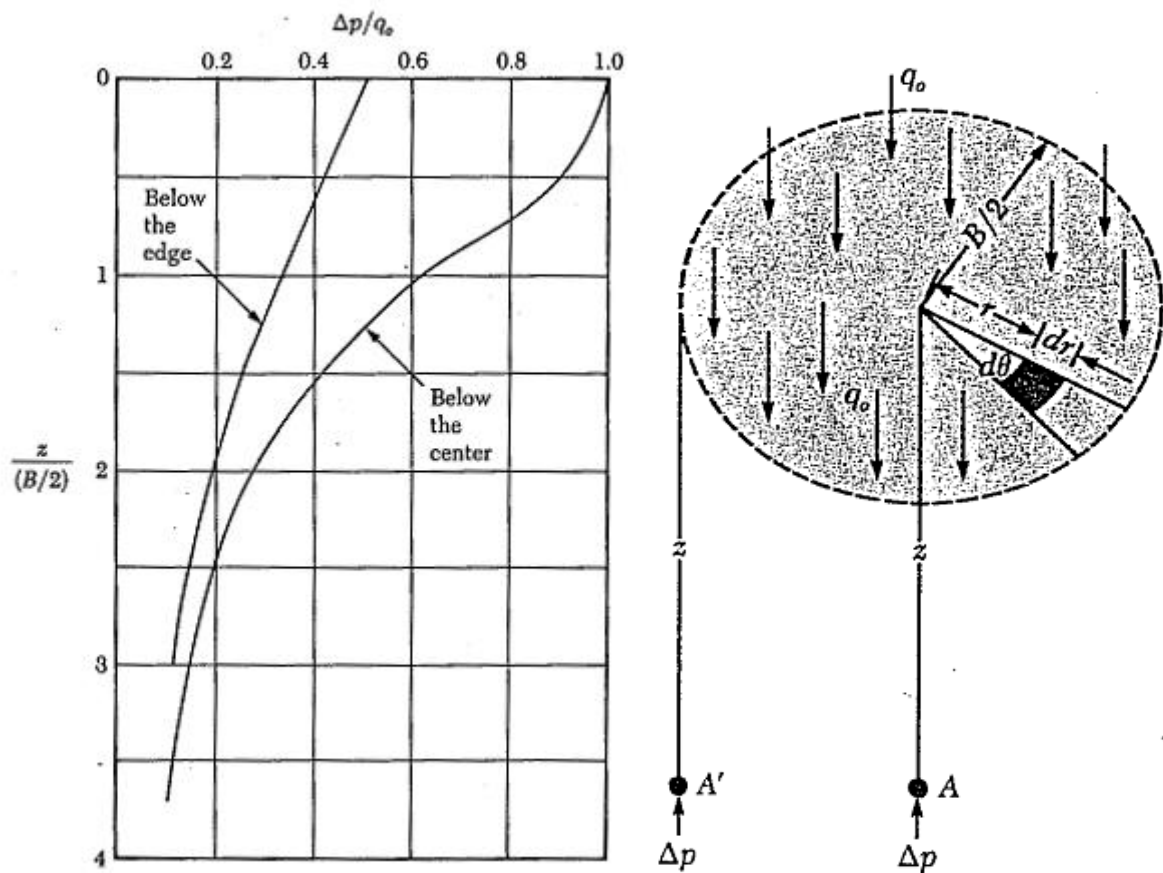
**Gambar 1** Tegangan vertikal akibat pembebanan terpusat pada suatu titik di bawah fondasi

### Tekanan Akibat Beban Luar Terbagi Rata pada Fondasi Lingkaran

Persamaan Boussinesq juga dapat diterapkan untuk memperhitungkan tegangan yang terjadi akibat beban terbagi rata  $q_0$  yang bekerja pada fondasi lingkaran dengan diameter  $B$ . Untuk menentukan besarnya tegangan pada titik yang ditinjau pada kedalaman  $z$  di bawah sumbu fondasi, persamaan berikut dapat digunakan:

$$\Delta p = q_0 \left\{ 1 - \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{B}{2z} \right)^2 \right]^{3/2}} \right\}$$

Besarnya  $\Delta p$  juga dapat diperoleh menggunakan grafik hubungan antara  $[z/(B/2)]$  dan  $[\Delta p/q_0]$  pada Gambar 2 di bawah ini:



**Gambar 2** Grafik untuk menentukan tegangan vertikal akibat beban merata pada fondasi lingkaran

## Tekanan Akibat Beban Luar Terbagi Rata pada Fondasi Segi Empat

Persamaan matematis Boussinesq juga dapat digunakan pada fondasi telapak dengan penampang berbentuk segi empat. Persamaan dituliskan secara umum sebagai:

$$\Delta p = q_0 I$$

Dengan:

$$I = \text{faktor pengaruh}$$

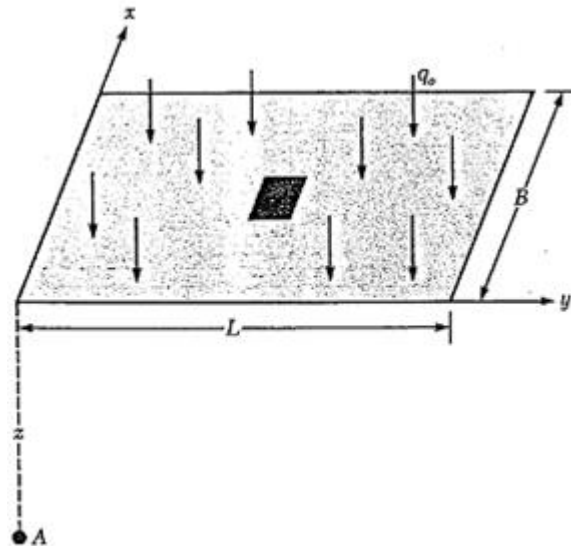
Untuk kasus di mana penurunan ditinjau pada kedalaman tanah di bawah sudut fondasi, nilai faktor pengaruh  $I$  ditentukan dengan persamaan:

$$I = \frac{1}{4\pi} \left( \frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 + m^2n^2 + 1} \cdot \frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} + \tan^{-1} \frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 - m^2n^2 + 1} \right)$$

Dengan:

$$m = B/z$$

$$n = L/z$$



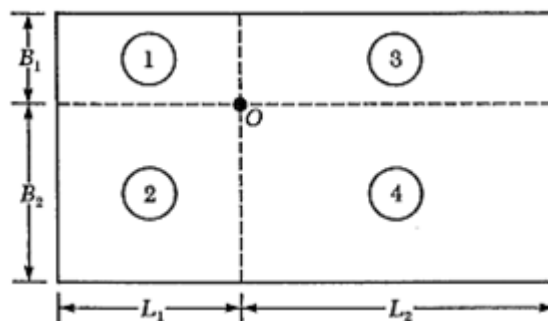
**Gambar 3** Tegangan vertikal akibat beban merata pada fondasi segi empat ditinjau pada bagian sudut fondasi

Besarnya nilai faktor pengaruh  $I$  untuk berbagai variasi nilai  $B$  dan  $L$  (atau  $m$  dan  $n$ ), dapat juga ditentukan melalui Gambar 5 atau Tabel 1.

Sedangkan untuk kasus di mana tegangan ditinjau pada bagian tengah fondasi, maka nilai  $I$  ditentukan sebagai berikut:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

Nilai  $I$  ditentukan untuk tiap segmen, dihitung berdasarkan persamaan umum sesuai dengan langkah untuk menghitung nilai  $I$  di atas.



**Gambar 4** Tegangan vertikal akibat beban merata pada fondasi segi empat ditinjau pada bagian tengah fondasi

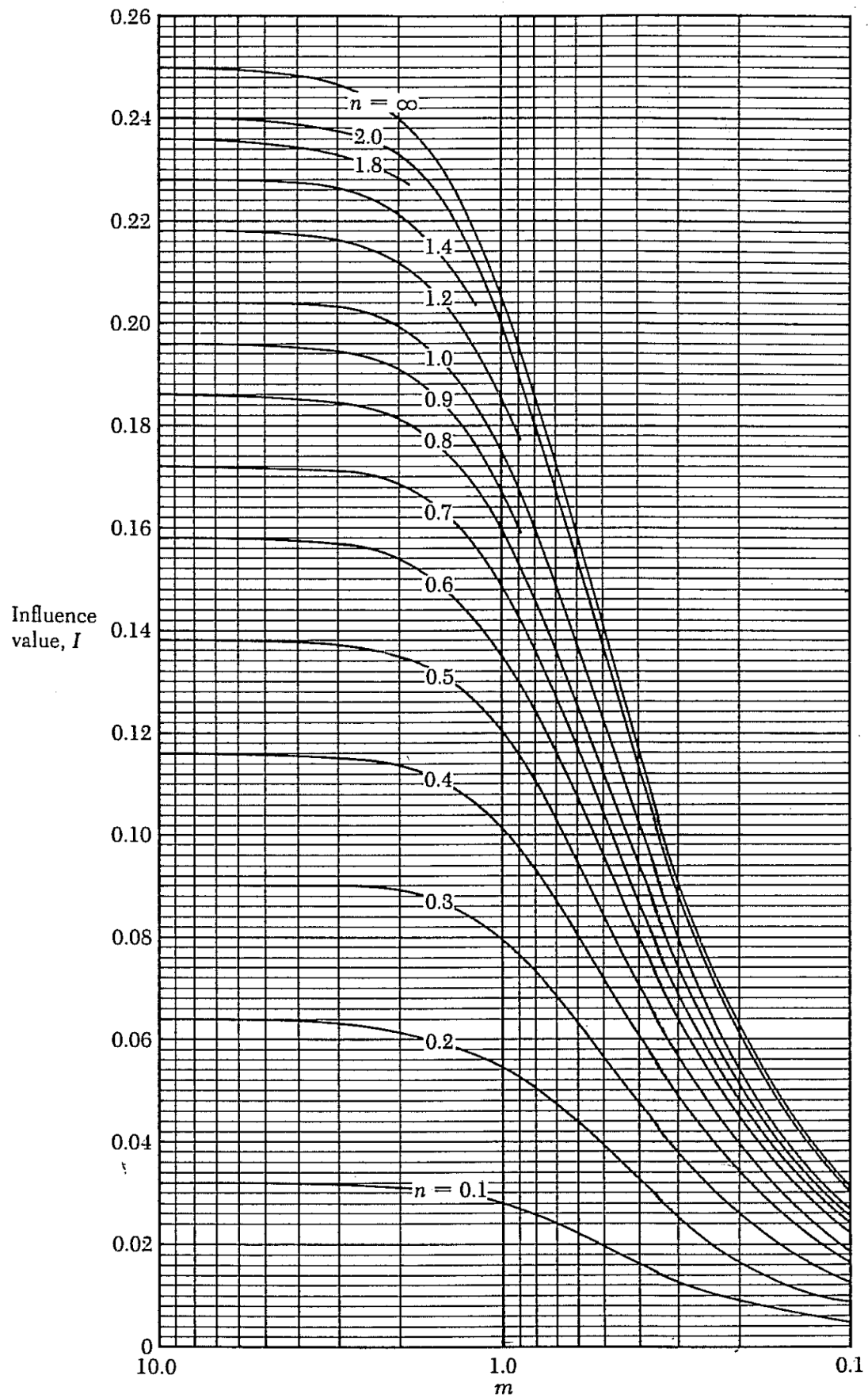
**Tabel 1** Nilai faktor pengaruh untuk variasi nilai m dan n

m	n											
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4
0.1	0.00470	0.00917	0.01323	0.01678	0.01978	0.02223	0.02420	0.02576	0.02698	0.02794	0.02926	0.03007
0.2	0.00917	0.01790	0.02585	0.03280	0.03866	0.04348	0.04735	0.05042	0.05283	0.05471	0.05733	0.05894
0.3	0.01323	0.02585	0.03735	0.04742	0.05593	0.06294	0.06858	0.07308	0.07661	0.07938	0.08323	0.08561
0.4	0.01678	0.03280	0.04742	0.06024	0.07111	0.08009	0.08734	0.09314	0.09770	0.10129	0.10631	0.10941
0.5	0.01978	0.03866	0.05593	0.07111	0.08403	0.09473	0.10340	0.11035	0.11584	0.12018	0.12626	0.13003
0.6	0.02223	0.04348	0.06294	0.08009	0.09473	0.10688	0.11679	0.12474	0.13105	0.13605	0.14309	0.14749
0.7	0.02420	0.04735	0.06858	0.08734	0.10340	0.11679	0.12772	0.13653	0.14356	0.14914	0.15703	0.16199
0.8	0.02576	0.05042	0.07308	0.09314	0.11035	0.12474	0.13653	0.14607	0.15371	0.15978	0.16843	0.17389
0.9	0.02698	0.05283	0.07661	0.09770	0.11584	0.13105	0.14356	0.15371	0.16185	0.16835	0.17766	0.18357
1.0	0.02794	0.05471	0.07938	0.10129	0.12018	0.13605	0.14914	0.15978	0.16835	0.17522	0.18508	0.19139
1.2	0.02926	0.05733	0.08323	0.10631	0.12626	0.14309	0.15703	0.16843	0.17766	0.18508	0.19584	0.20278
1.4	0.03007	0.05894	0.08561	0.10941	0.13003	0.14749	0.16199	0.17389	0.18357	0.19139	0.20278	0.21020
1.6	0.03058	0.05994	0.08709	0.11135	0.13241	0.15028	0.16515	0.17739	0.18737	0.19546	0.20731	0.21510
1.8	0.03090	0.06058	0.08804	0.11260	0.13395	0.15207	0.16720	0.17967	0.18986	0.19814	0.21032	0.21836
2.0	0.03111	0.06100	0.08867	0.11342	0.13496	0.15326	0.16856	0.18119	0.19152	0.19994	0.21235	0.22058
2.5	0.03138	0.06155	0.08948	0.11450	0.13628	0.15483	0.17036	0.18321	0.19375	0.20236	0.21512	0.22364
3.0	0.03150	0.06178	0.08982	0.11495	0.13684	0.15550	0.17113	0.18407	0.19470	0.20341	0.21633	0.22499
4.0	0.03158	0.06194	0.09007	0.11527	0.13724	0.15598	0.17168	0.18469	0.19540	0.20417	0.21722	0.22600
5.0	0.03160	0.06199	0.09014	0.11537	0.13737	0.15612	0.17185	0.18488	0.19561	0.20440	0.21749	0.22632
6.0	0.03161	0.06201	0.09017	0.11541	0.13741	0.15617	0.17191	0.18496	0.19569	0.20449	0.21760	0.22644
8.0	0.03162	0.06202	0.09018	0.11543	0.13744	0.15621	0.17195	0.18500	0.19574	0.20455	0.21767	0.22652
10.0	0.03162	0.06202	0.09019	0.11544	0.13745	0.15622	0.17196	0.18502	0.19576	0.20457	0.21769	0.22654
∞	0.03162	0.06202	0.09019	0.11544	0.13745	0.15623	0.17197	0.18502	0.19577	0.20458	0.21770	0.22656

m	n										
	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	∞
0.1	0.03058	0.03090	0.03111	0.03138	0.03150	0.03158	0.03160	0.03161	0.03162	0.03162	0.03162
0.2	0.05994	0.06058	0.06100	0.06155	0.06178	0.06194	0.06199	0.06201	0.06202	0.06202	0.06202
0.3	0.08709	0.08804	0.08867	0.08948	0.08982	0.09007	0.09014	0.09017	0.09018	0.09019	0.09019
0.4	0.11135	0.11260	0.11342	0.11450	0.11495	0.11527	0.11537	0.11541	0.11543	0.11544	0.11544
0.5	0.13241	0.13395	0.13496	0.13628	0.13684	0.13724	0.13737	0.13741	0.13744	0.13745	0.13745
0.6	0.15028	0.15207	0.15326	0.15483	0.15550	0.15598	0.15612	0.15617	0.15621	0.15622	0.15623
0.7	0.16515	0.16720	0.16856	0.17036	0.17113	0.17168	0.17185	0.17191	0.17195	0.17196	0.17197
0.8	0.17739	0.17967	0.18119	0.18321	0.18407	0.18469	0.18488	0.18496	0.18500	0.18502	0.18502
0.9	0.18737	0.18986	0.19152	0.19375	0.19470	0.19540	0.19561	0.19569	0.19574	0.19576	0.19577
1.0	0.19546	0.19814	0.19994	0.20236	0.20341	0.20417	0.20440	0.20449	0.20455	0.20457	0.20458
1.2	0.20731	0.21032	0.21235	0.21512	0.21633	0.21722	0.21749	0.21760	0.21767	0.21769	0.21770
1.4	0.21510	0.21836	0.22058	0.22364	0.22499	0.22600	0.22632	0.22644	0.22652	0.22654	0.22656
1.6	0.22025	0.22372	0.22610	0.22940	0.23088	0.23200	0.23236	0.23249	0.23258	0.23261	0.23263
1.8	0.22372	0.22736	0.22986	0.23334	0.23495	0.23617	0.23656	0.23671	0.23681	0.23684	0.23686
2.0	0.22610	0.22986	0.23247	0.23614	0.23782	0.23912	0.23954	0.23970	0.23981	0.23985	0.23987
2.5	0.22940	0.23334	0.23614	0.24010	0.24196	0.24344	0.24392	0.24412	0.24425	0.24429	0.24432
3.0	0.23088	0.23495	0.23782	0.24196	0.24394	0.24554	0.24608	0.24630	0.24646	0.24650	0.24654
4.0	0.23200	0.23617	0.23912	0.24344	0.24554	0.24729	0.24791	0.24817	0.24836	0.24842	0.24846
5.0	0.23236	0.23656	0.23954	0.24392	0.24608	0.24791	0.24857	0.24885	0.24907	0.24914	0.24919
6.0	0.23249	0.23671	0.23970	0.24412	0.24630	0.24817	0.24885	0.24916	0.24939	0.24946	0.24952
8.0	0.23258	0.23681	0.23981	0.24425	0.24646	0.24836	0.24907	0.24939	0.24964	0.24973	0.24980
10.0	0.23261	0.23684	0.23985	0.24429	0.24650	0.24842	0.24914	0.24946	0.24973	0.24981	0.24989
∞	0.23263	0.23686	0.23987	0.24432	0.24654	0.24846	0.24919	0.24952	0.24980	0.24989	0.25000

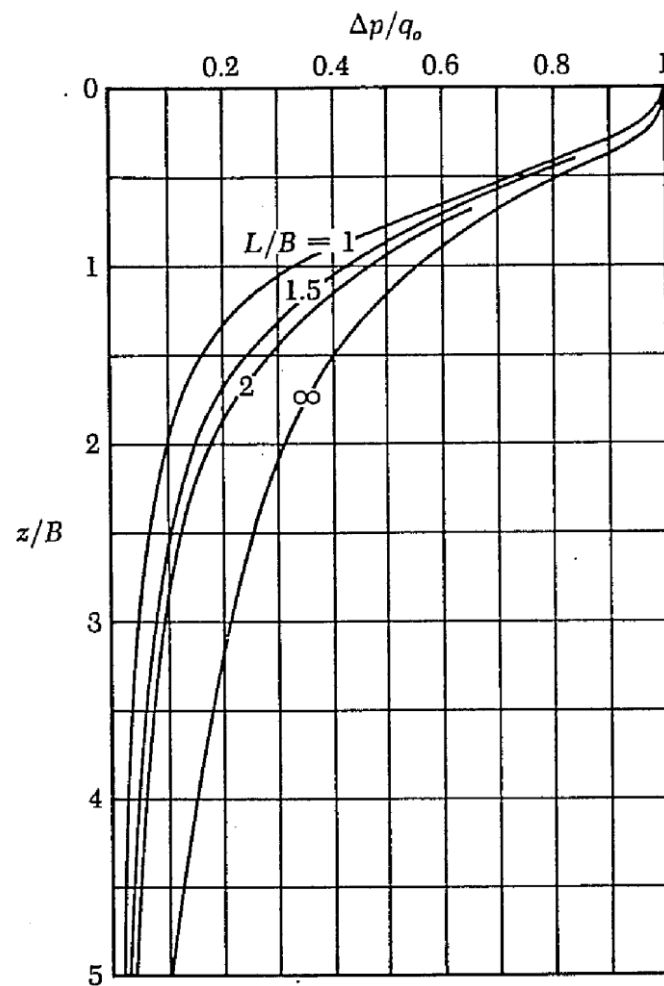
(Sumber: Newmark, 1935)





**Gambar 5** Grafik untuk menentukan nilai  $I$  berdasarkan variasi nilai  $m$  dan  $n$

Seperti pada kasus fondasi lingkaran sebelumnya, nilai  $\Delta p$  dapat ditentukan melalui grafik hubungan antara  $z/B$  dan  $[\Delta p/q_0]$ , seperti pada Gambar 6 berikut ini:



**Gambar 6** Grafik untuk menentukan tegangan vertikal akibat beban merata pada fondasi segi empat



# Daftar Pustaka

1. Braja M. Das, **Principles of Foundation Engineering**, Brooks/Cole Engineering Division, 1984.
2. Donald P. Coduto, **Foundation Design Principles and Practises**, 2nd Edition, Prentice-Hall, 2001.
3. Joseph E. Bowles, **Foundation Analysis and Design**, McGraw Hill, 1984.
4. Hardiyatmo, Hari Christady, **Teknik Fondasi I**, Edisi Kedua, Beta Offset, Yogyakarta, 2003.
5. Braja M. Das, Noor Endah, Indrasurya B. Mochtar, **Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)**, Jilid 1, Erlangga.