TUGAS AKHIR

STUDI PUSTAKA
ANALISIS DESAIN PLAT BETON BERTULANG DENGAN "YIELD LINE METHODE"

Disusun Oleh :

YAZID MUTOHAR

No. Mhs. : 89 310 012

NIRM : 890051013114120013

FAUZAN MARU'F

No. Mhs. : 89 310 016

NIRM : 890051013114120017

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

1994

HADIAH
TGL. TER. :
NO. URUT : 080/K/TA/96
NO. INDUK : 960080

TUGAS AKHIR

STUDI PUSTAKA
ANALISIS DESAIN PLAT BETON BERTULANG DENGAN "YIELD LINE METHODE"

Diajukan Guna Melengkapi Persyaratan
Untuk Memperoleh Derajat Sarjana
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta

PERPUSTAKAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UII YOGYA

Disusun Oleh:

YAZID MUTOHAR
No. Mhs. : 89 310 012
NIRM : 890051013114120013

FAUZAN MARU'F
No. Mhs. : 89 310 016
NIRM : 890051013114120017

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

1994

Motto : "Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan"

"Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah sungguh-sungguh (urusan) yang lain."

(Q.S. Al Insyirah (94) : 6 - 7)



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan hidayahNya, sehingga Tugas Akhir ini telah dapat diselesaikan.

Tugas Akhir ini merupakan kewajiban bagi mahasiswa sebagai syarat dalam rangka memperoleh derajat sarjana di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dasar dari penyusunan Tugas Ahir ini adalah kajian dari beberapa buku maupun teori yang didapat dari bangku kuliah.

Pada kesempatan ini penyusun dengan kerendahan hati mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. Susastrawan MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono MSCE, selaku ketua jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku asisten dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga amal baiknya diterima disisi Allah SWT.

Akhir kata, mudah-mudahan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penyusun dan umumnya bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Kritik dan saran yang membangun senantiasa diharapkan demi kelengkapan Tugas Akhir ini.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogykarta, September 1994

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL..... i

HALAMAN PENGESAHAN..... ii

KATA PENGANTAR..... iii

DAFTAR ISI..... v

BAB I. PENDAHULUAN..... 1

1.1. Latar Belakang..... 1

1.2. Rumusan Masalah..... 2

1.3. Tujuan Studi..... 2

1.4. Batasan Masalah..... 3

1.5. Metodologi 4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA..... 5

2.1. Konsep Dasar Plat..... 5

2.1.1. Plat Satu Arah..... 5

2.1.2. Plat Dua Arah..... 6

2.2. Tinjauan Tentang Teori Garis Luluh.... 7

2.2.1. Lokasi Garis Luluh..... 8

2.2.2. Anggapan Dasar..... 9

2.3. Metode Analisis Momen..... 10

2.3.1. Tinjauan Umum..... 10

2.3.2. Analisis Dengan Metode Keseimbangan..... 11

2.3.3. Analisis Dengan Metode Kerja Virtuil..... 15

2.4. Penulangan Plat..... 20
2.4.1. Hitungan Penulangan..... 20
2.4.2. Syarat-syarat Penulangan 21
BAB III. ANALISIS DAN PERHITUNGAN..... 23
3.1. Umum..... 23
3.2. Analisis dan Perhitungan..... 24
BAB IV. APLIKASI DAN PEMBAHASAN..... 52
4.1. Pembuatan Tabel..... 52
4.2. Penulangan Plat..... 57
4.3. Pembahasan..... 70
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN..... 72
5.1. Kesimpulan..... 72
5.2. Saran..... 72
PENUTUP..... 73
DAFTAR PUSTAKA..... 74
LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini sangat mendukung berkembangnya berbagai disiplin ilmu antara lain dibidang teknik sipil. Hal ini dapat dilihat dengan semakin berkembangnya pengetahuan tentang analisa srtuktur.

Salah satu ilmu yang dipelajari dibidang teknik sipil adalah analisis dan desain beton bertulang. Dewasa ini semakin beragam struktur beton bertulang yang digunakan sebagai elemen utama pembentuk struktur bangunan terutama untuk konstruksi bangunan bertingkat.

Plat merupakan salah satu elemen struktur dari bangunan gedung. Plat adalah struktur bangunan yang berfungsi menahan beban mati dan beban hidup. Karena tuntutan arsitektur banyak dijumpai berbagai macam bentuk plat, antara lain segi empat, segi tiga, lingkaran, trapesium, dan bentuk-bentuk yang lain.

Mengingat dalam PBI 1971 tabel 13.3.1 dan tabel 13.3.2 hanya terdapat bentuk plat persegi dengan perletakan yang sudah tertentu, sedang untuk plat yang sebagian sisinya tidak ditumpu (tepi bebas) tidak diatur atau dicantumkan. Oleh sebab itu kami mencoba menganalisa plat untuk bentuk lain yang tidak terdapat dalam PBI 1971.

Metode analisis momen untuk struktur beton bertulang didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan dengan memperhatikan secara langsung kondisi-kondisi yang dialami oleh

struktur sesaat sebelum terjadinya keruntuhan. Pada struktur plat, analisis struktur mengenai teori keruntuhan dikenal dengan "Yield Line Methode" (teori garis lurus) yang pertama-tama diusulkan oleh "K.W. Johansen". Teori ini merupakan suatu alat analisis yang sangat praktis, karena dapat memungkinkan kita menentukan momen keruntuhan pada plat-plat yang bentuknya beragam seperti bentuk-bentuk di atas, pada berbagai kondisi perletakan dan pembebanan, yang merupakan keuntungan dari teori garis luluh ini.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menganalisa momen pada plat yang tidak diatur dalam PBI 1971 dengan teori garis luluh.
2. Bagaimana menentukan penulangan pada plat dengan bentuk tertentu dari hasil analisis momen dengan teori garis luluh.
3. Sejauh mana pengaruh lubang pada plat terhadap cara perhitungan momen dan penulangannya.

1.3. Tujuan Studi

Tujuan studi dari topik pembahasan tugas akhir ini adalah :

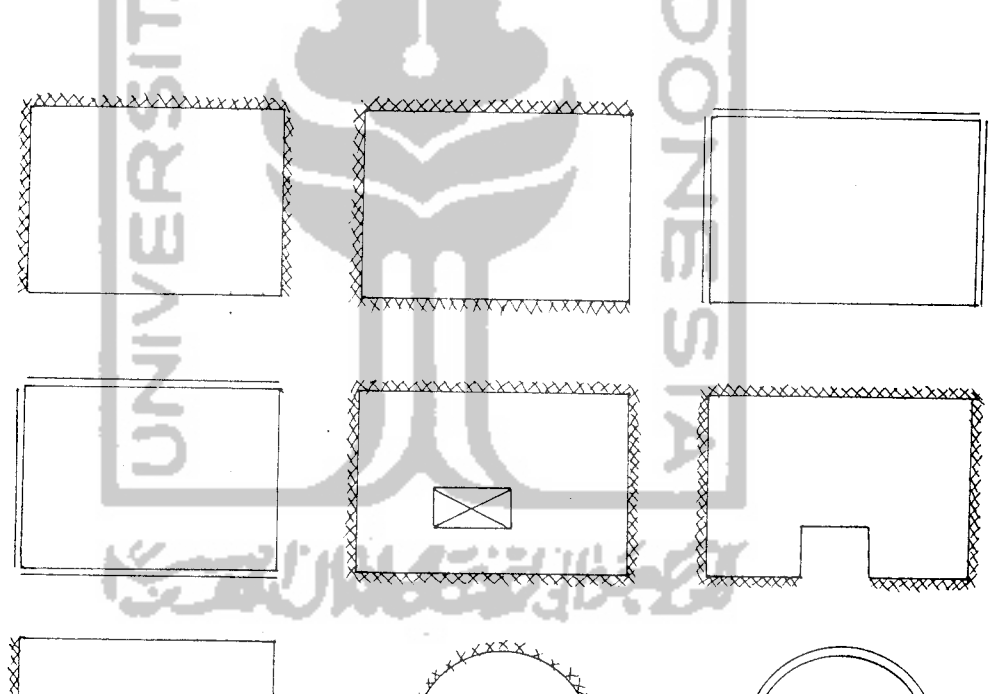
1. Untuk mengetahui letak atau lokasi garis keruntuhan pada plat.

2. Menentukan besar momen maksimum yang terjadi pada plat.
3. Menentukan tulangan yang dibutuhkan untuk menahan momen yang terjadi.

1.4. Batasan Masalah

Agar masalah yang diteliti lebih terarah, maka dibuat suatu batasan-batasan sebagai berikut :

1. Bentuk plat yang dianalisa seperti pada gambar 1.1



Gambar 1.1

Keterangan : ——— tepi bebas

═══ terletak bebas

xxxxxxxx terjepit penuh

2. Sebuah plat yang ditinjau mempunyai ketebalan yang sama.
3. Beban yang bekerja pada plat adalah beban terbagi merata.
4. Plat direncanakan dengan tulangan sebelah.

1.5. Metodologi

Prinsip perhitungan yang dipakai berdasarkan teori yang diperoleh dari bangku kuliah serta literatur yang diperlukan. Analisis plat menggunakan teori garis luluh dengan rumusan sebagai berikut :

1. Perhitungan momen didasarkan cara keseimbangan momen atau cara virtuil (energi).
2. Perhitungan penulangan plat berdasarkan cara ultimit.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Dasar Plat

Didalam konstruksi beton bertulang plat dipakai untuk mendapatkan permukaan datar yang berguna. Sebuah plat beton bertulang merupakan sebuah bidang datar yang lebar, biasanya mempunyai arah horizontal, dengan permukaan atas dan bawahnya sejajar atau mendekati sejajar. Plat biasanya ditumpu oleh gelagar atau balok beton bertulang (dan biasanya plat dicor menjadi satu kesatuan dengan gelagar tersebut), oleh dinding pasangan batu atau dinding beton bertulang, oleh batang-batang struktur baja, secara langsung oleh kolom-kolom atau tertumpu secara menerus oleh tanah.

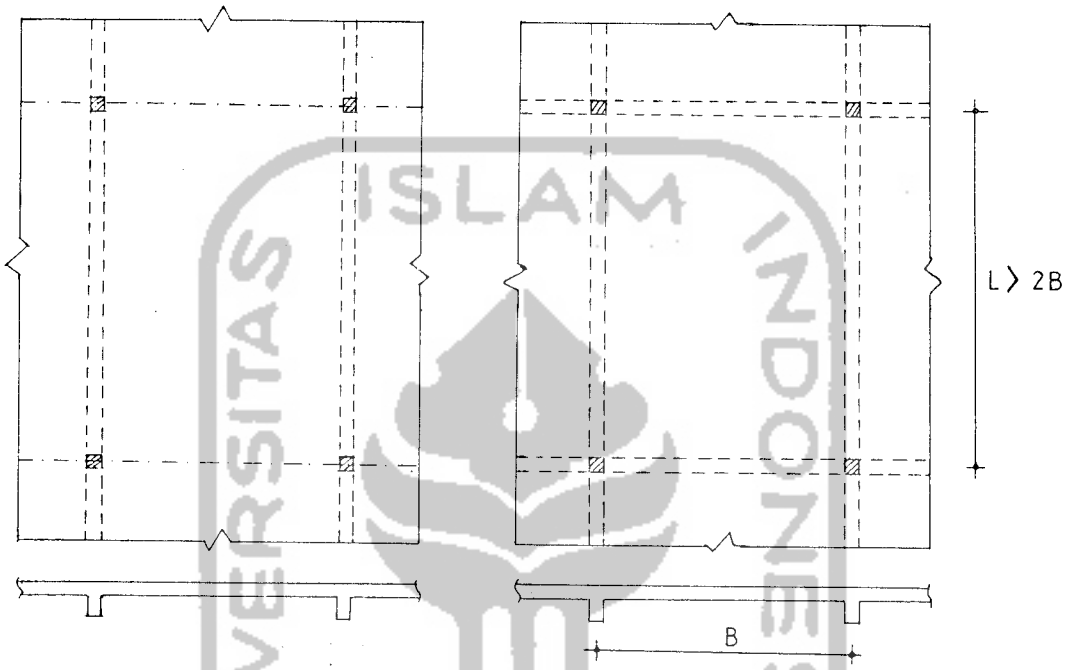
Menurut letak tumpuan secara umum plat dibagi menjadi dua yaitu : plat satu arah (one way slab) dan plat dua arah (two way slab)

2.1.1. Plat Satu Arah

Plat dapat tertumpu hanya pada kedua sisi yang berlawanan saja, dimana pada keadaan ini aksi struktural (momen) dari plat tersebut hanya bersifat satu arah dan beban-beban ditahan oleh plat dalam arah yang tegak lurus terhadap gelagar-gelagar penunjang (George Winter - 1993)

Apabila panjang suatu plat lantai lebih besar dari dua kali lebarnya pada umumnya plat direncanakan sebagai suatu plat satu arah yang menerus melalui balok-balok, karena hampir semua beban lantai menuju balok pada sisi

panjangnya dan hanya sebagian kecil yang menyalur ke balok pada sisi lebar. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.1

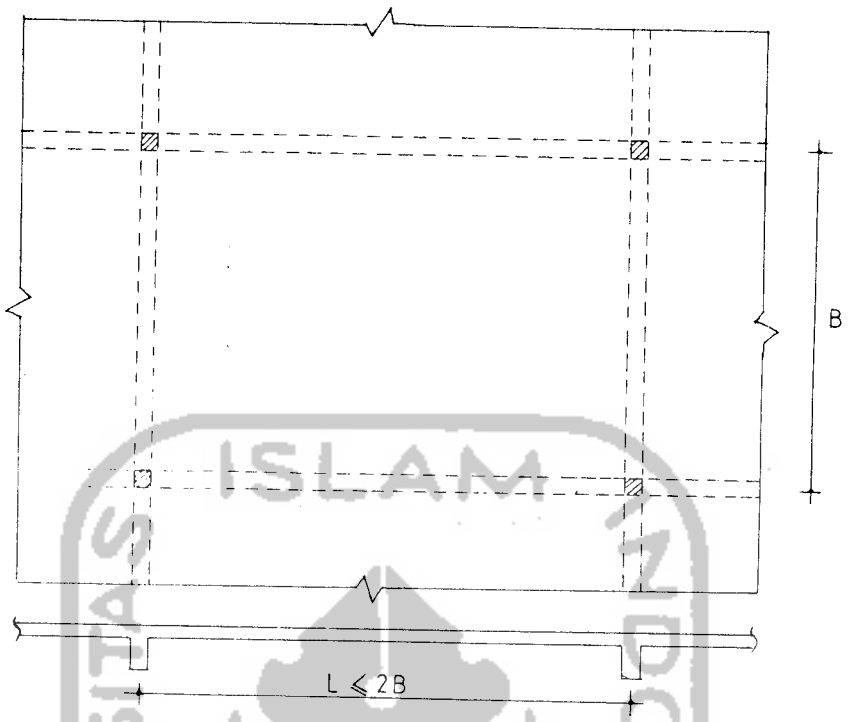


Gambar 2.1. Plat satu arah

2.1.2. Plat Dua Arah

Pada umumnya plat ditumpu pada keempat sisinya , maka, berarti plat tersebut secara efektif mempunyai bentang dalam dua arah dan sering kali lebih ekonomis untuk merencanakan plat dengan prinsip tersebut. Besarnya momen pada masing-masing arah akan tergantung pada perbandingan dari kedua arah bentang dan kondisi masing-masing tumpuan. (W.H. Mosley dan JH Bungey 1982).

Apabila perbandingan panjang terhadap lebar lebih kecil atau samadengan dua, beban lantai dipikul kedua arah oleh keempat tumpuan dan plat direncanakan sebagai plat dua arah (two way slab), lihat gambar 2.2.



Gambar 2.2. Plat dua arah

2.2. Tinjauan Tentang Teori Garis Luluh

Suatu plat yang mengalami pertambahan beban, retak dan luluhnya tulangan akan terjadi pertama-tama pada daerah kritis. Tempat ini kemudian akan bertindak sebagai suatu sendi plastis karena beban-beban berikutnya dibagikan ke daerah-daerah lain dari plat. Retak-retak akan timbul untuk membentuk suatu pola dari garis-garis luluh sampai berbentuk suatu mekanisme dan keruntuhan ditandai oleh peningkatan lendutan pada beban konstan. Dianggap bahwa suatu pola garis-garis luluh dapat ditempatkan di atas plat yang akan menyebabkan mekanisme keruntuhan, dan bahwa daerah-daerah diantara garis-garis luluh tetap tegar dan tidak retak. (W.H. Mosley dan J.H. Bungey 1982).

Garis luluh merupakan garis yang menghubungkan sendi-sendi plastis pada plat, yang terjadi pada suatu mekanisme

kehancuran.

Dalam teori ini kekuatan dari suatu plat dimisalkan ditentukan oleh lentur saja. Pengaruh-pengaruh lain seperti geser dan lendutan tidak ditinjau. (Chu - kia Wang & Charles G Salmon, 1989)

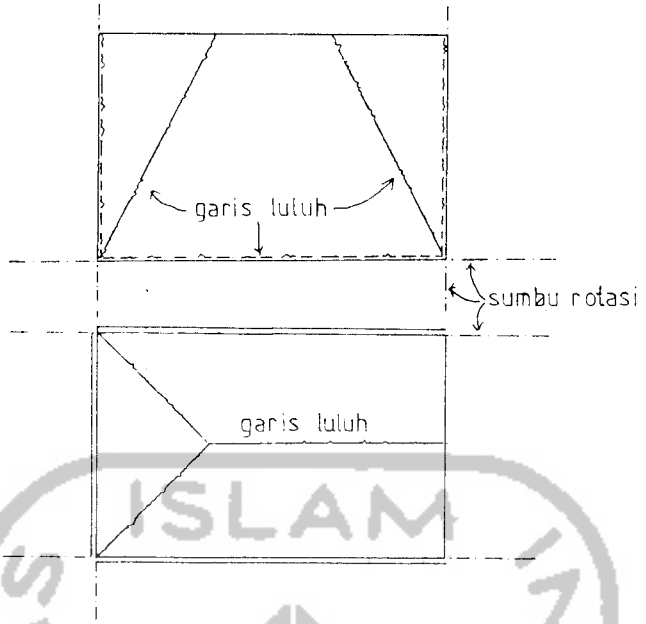
2.2.1. Lokasi Garis Luluh

Segmen-Segmen plat dapat dianggap berotasi sebagaimana rotasi yang terjadi pada benda-benda kaku terhadap sumbu-sumbu rotasi. Garis leleh yang terletak diantara dua segmen plat yang berdekatan merupakan garis lurus, yang merupakan garis potong dari segmen plat. Jadi garis luluh tersebut harus melalui titik potong dari sumbu-sumbu rotasi kedua segmen plat yang berdekatan.

Untuk menentukan sumbu rotasi dan garis luluh dipakai petunjuk atau rumusan sebagai berikut :

1. Garis luluh biasanya berbentuk garis lurus.
2. Sumbu rotasi biasanya terletak disepanjang garis perletakan.
3. Sumbu rotasi melalui semua kolom atau memotong tepi yang tidak ditumpu.
4. Sebuah garis luluh melalui perpotongan sumbu-sumbu rotasi dari segmen-segmen plat yang berdekatan.

Aplikasi dari petunjuk-petunjuk di atas untuk menentukan lokasi garis luluh dan mekanisme keruntuhan dari sejumlah plat dengan berbagai perletakan, illustrasinya diperlihatkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pola garis luluh untuk plat yang dibebani beban terbagi merata.

2.2.2. Anggapan Dasar

Dalam pemakaian garis luluh untuk analisa beban batas dari plat beton bertulang diambil anggapan-anggapan dasar sebagai berikut :

1. Tulangan sepenuhnya meleleh sepanjang garis-garis luluh pada saat keruntuhan.
2. Plat berdeformasi secara plastis pada keruntuhan dan plat terbagi menjadi segmen-segmen oleh garis-garis luluh.
3. Momen lentur terdistribusi secara merata sepanjang garis luluh dan merupakan harga-harga maksimum.
4. Deformasi elastis dapat diabaikan dibandingkan dengan deformasi plastis, dengan demikian bagian plat berputar sebagai bidang datar pada saat keruntuhan. (Chu - kia Wang & Charles G Salmon 1989).

2.3. Metode Analisis Momen

2.3.1. Tinjauan Umum

Ada dua metode dalam analisa garis leleh dari plat: metode keseimbangan dan metode kerja virtuil. Berdasarkan anggapan-anggapan dasar yang sama, kedua metode seharusnya memberikan hasil yang sama. Didalam kedua metode, suatu pola garis luluh pertama-tama harus dimisalkan sehingga dihasilkan suatu mekanisme runtuh. Untuk mekanisme ini, pergerakan benda kaku dari segmen-segmen plat di-mungkinkan oleh putaran sepanjang garis luluh. Boleh jadi ada lebih dari satu pola garis luluh yang mungkin, penyelesaian untuk semua pola yang mungkin harus dicari dan salah satu yang memberikan hasil momen terbesar digunakan dalam perencanaan.

Untuk mempermudah hitungan ditentukan suatu faktor pembanding dalam perhitungan momen.

a. Faktor pembanding antara momen tumpuan (Mt) dan momen lapangan (Ml), Dalam perhitungan Mt dan Ml diambil faktor pembanding (i), dirumuskan sebagai berikut :

   1. Plat terletak bebas

      Mt = i Ml

      dimana i = 0 , maka Mt = 0

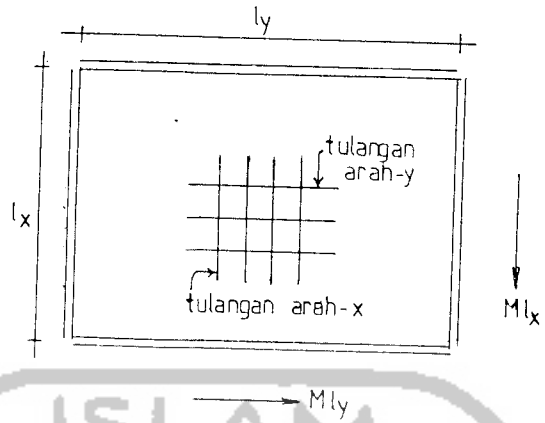
   2. Plat terjepit penuh

      Mt = i Ml

      dimana i = 1 , maka Mt = Ml

      (Edward G Nawi - 1990)

b. Faktor pembanding antara momen lapangan arah x (Ml_x) dengan momen lapangan arah y (Ml_y).



Gambar 2.4. Plat dengan tulangan arah x dan arah y

1. Penulangan bersifat isotropis :

   Penulangan bersifat Isotropis jika tulangan arah x sama dengan tulangan arah y. (dalam perencanaan).

   $Ml_y = \mu\ Ml_x$

   μ = faktor pembanding

   Untuk tulangan isotropis $\mu = 1$,

   maka $Ml_y = Ml_x = Ml$

2. Penulangan bersifat orthotropis.

   Penulangan orthotropis jika tulangan arah x tidak sama dengan tulangan arah y.

   $Ml_y = \mu\ .\ Ml_x$

   Untuk tulangan orthotropis $\mu < 1$

   Dalam perhitungan dipakai $\mu = 0,5$, sehingga

   $Ml_y = 0,5\ Ml_x$

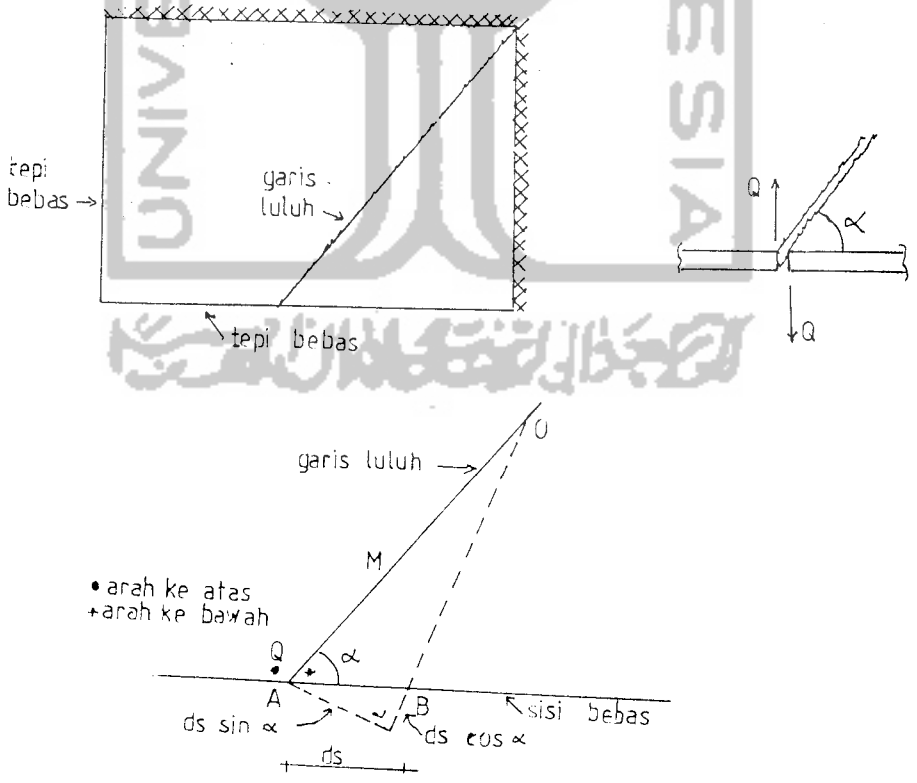
   (V.K. Manicka Selvam-1991)

2.3.2. Analisis Dengan Metode Keseimbangan

Tiap-tiap segmen dari plat yang ditinjau sebagai sebuah "free body", harus berada dalam keadaan seimbang di

bawah pengaruh beban-beban yang bekerja. Pada cara ini keseimbangan masing-masing segmen-segmen plat akibat momen lentur saja, sedangkan momen puntir, dan gaya geser pada lokasi keruntuhan dianggap sama dengan nol. (Winter & Arthur H. Nilson 1993)

Jika suatu garis luluh memotong sisi bebas tidak tegak lurus, maka diperlukan gaya-gaya koreksi/gaya-gaya tepi untuk penyelesaian secara keseimbangan momen. Gaya-gaya ini sebagai ganti puntiran pada garis luluh dan sebagai ganti gaya lintang pada garis luluh momen negatif. Gaya-gaya koreksi itu dipakai pada sudut dari segmen-segmen tegak lurus pada bidang plat , yang besarnya Q = M.cotg α seperti ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Gaya koreksi untuk garis luluh yang memotong tepi bebas tidak tegak lurus

Besarnya Q dapat ditentukan dengan meninjau keseimbangan dari segitiga AOB yang sangat kecil yang ditunjukan pada gambar 2.5. yang mana $\overline{AO}$ ialah panjang yang terbatas. Dengan mengabaikan deferensial dari tingkat yang lebih tinggi, momen pada tampang $\overline{OB}$ pasti sama dengan M pada garis luluh OA, karena M merupakan nilai maksimum. Karena momen lentur sama dengan nol sepanjang AB = ds maka momen total yang bekerja pada segitiga AOB diperoleh dengan cara vektor.

$$M \cdot \overline{AO} + M \cdot \overline{OB} = M \cdot \overline{AB} = M \cdot ds$$

Σ M terhadap OB = 0, maka:

$$M.ds \cos\alpha = Q \cdot ds. \sin\alpha$$

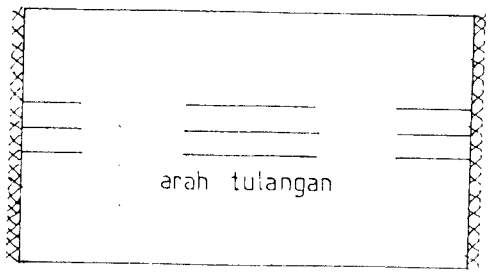
$$Q = M \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$$

$$= M.ctg\alpha$$

Dalam hal ini Q, bekerja ke arah atas pada sudut tumpul dengan tanda (•) dan bekerja ke arah bawah pada sudut lancip dengan tanda (+).
(Phil M. Ferguson - 1986).

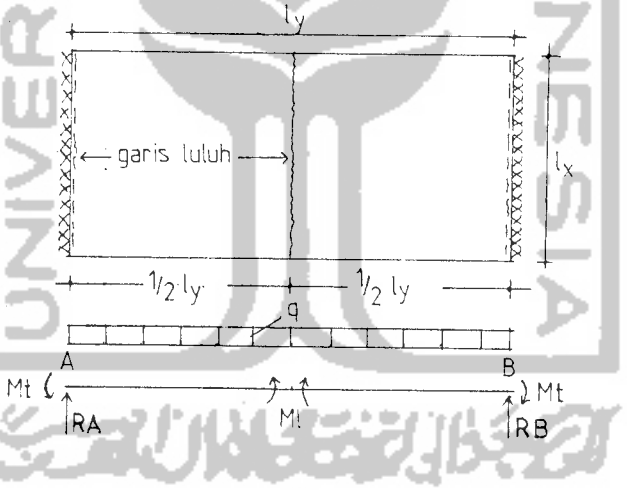
Penyelesaian hitungan momen dengan analisis garis luluh menggunakan metode keseimbangan adalah sebagai berikut:

Plat satu arah (gambar 2.6.)



Gambar: 2.6. Plat dengan tulangan satu arah

Dimisalkan garis luluh berada di tengah-tengah bentang (gambar 2.7.)



Gambar : 2.7. Lokasi garis luluh dan arah momen

Ditinjau setengah bentang

$\Sigma MA = \Sigma MB = 0$

$$(Mt + Ml).\ l_x = \frac{1}{2}\ q\ \left(\frac{1}{2} l_y\right)^2\ .\ l_x$$

$$= 1/8\ \ q\ \ l_y^{\,2}$$

ditentukan untuk tumpuan terjepit.

$Mt = i\ Ml$ dengan $i = 1$ maka $Mt = Ml$

$$2\ Ml = 1/8\ q\ l_y^{\,2}$$

$$Ml = 1/16\ q\ l_y^{\,2}$$

$Mt = Ml$

$= 1/16\ q\ l_y^2$

Mt = momen tumpuan (kg m/m)

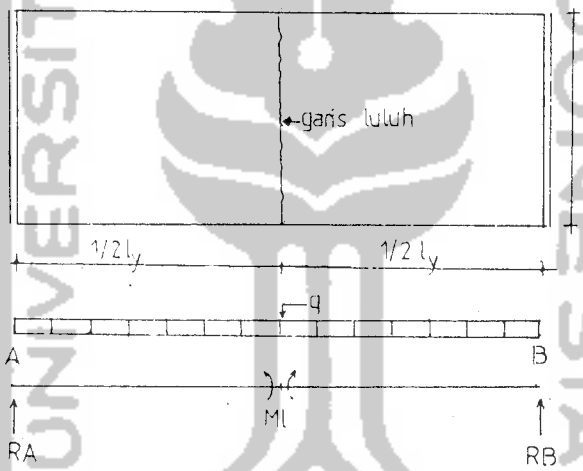
Ml = momen lapangan (kg m/m)

q = beban merata (kg/m^2)

l_x = panjang sisi pendek (m)

l_y = panjang sisi panjang (m)

Untuk plat satu arah dengan tumpuan terletak bebas (gambar 2.8.) adalah sebagai berikut:



Gambar: 2.8. Lokasi garis luluh dan arah momen

Ditinjau setengah bentang

$\Sigma MA = \Sigma MB = 0$

$$Ml \cdot l_x = \frac{1}{2} q \left(\frac{1}{2} l_y\right)^2 \cdot l_x$$

$$= 1/8\ q\ l_y^2$$

ditentukan untuk tumpuan terletak bebas

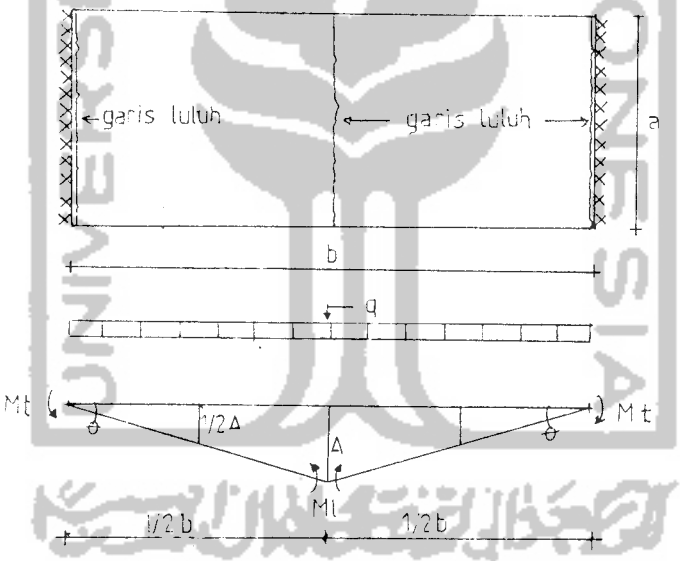
Mt = 0

2.3.3. Analisis Dengan Metode Kerja Virtuil

Setelah terbentuknya pola garis luluh, momen dan beban berada dalam keadaan seimbang, maka apabila

diberikan sedikit saja tambahan beban akan menyebabkan struktur tersebut mengalami lendutan. Kerja luar yang dilakukan oleh beban sehingga menyebabkan terjadinya lendutan virtuil sembarang yang kecil harus sama besarnya dengan kerja dalam yang terjadi akibat berotasinya plat pada garis-garis luluh untuk menyeimbangkan lendutan tersebut. (George Winter & Arthur H. Nilson, 1993).

Untuk lebih jelasnya dijelaskan pada uraian di bawah ini:



Gambar : 2.9. Mekanisme keruntuhan pada plat satu arah

Plat mengalami lendutan yang kecil sebesar Δ (biasanya diambil 1 satuan).

Besarnya sudut rotasi (θ) akibat terjadinya lendutan adalah :

$$tg\ \theta = \frac{\Delta}{\frac{1}{2}\ b}$$

Dalam hal ini θ sangat kecil, sehingga:

$$\theta = \frac{\Delta}{\frac{1}{2} b}$$

Energi luar (We) : akibat bebas luar dikalikan titik berat beban terhadap tumpuan.

Energi dalam (Wi) : akibat momen perlawanan (momen dalam) dikalikan θ.

Berdasarkan gambar 2.9. besarnya We dan Wi adalah sebagai berikut:

$$We = (q \cdot \frac{1}{2} \cdot b \cdot a) \frac{1}{2} \Delta$$

$$= \frac{1}{4} \cdot q\ a.b.\Delta$$

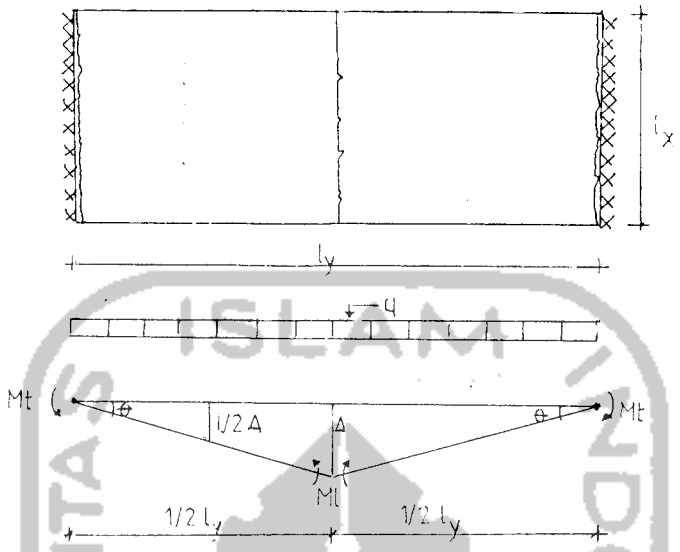
$$Wi = (Mt + Ml)\ a.\theta$$

$$= (Mt + Ml)\ a \cdot \frac{\Delta}{\frac{1}{2} b}$$

$$= 2\ (Mt + Ml)\ a \cdot \frac{\Delta}{b}$$

Syarat keseimbangan energi, energi luar harus sama dengan energi dalam (We = Wi). Dari persamaan ini akan diperoleh besarnya Ml dan Mt.

Hitungan momen dengan analisi garis luluh menggunakan metode kerja virtuil.



Gambar : 2.10. Plat satu arah dengan tumpuan terjepit penuh

Karena plat terbagi menjadi dua segmen plat yang simetris (gambar 2.10.) maka dapat ditinjau setengah bentang.

Energi luar : $We = \left(\frac{1}{2} \cdot l_y \cdot l_x \cdot q\right) \cdot \frac{1}{2}\Delta$

$$= \frac{1}{4} \cdot l_y \cdot l_x \cdot q \cdot \Delta$$

Energi dalam: $Wi = (Ml + Mt) \cdot l_x \cdot \theta$

$$= (Ml + Mt) \cdot l_x \cdot \frac{\Delta}{\frac{1}{2} l_y}$$

$$= 2\,(Ml + Mt) \cdot \frac{l_x}{l_y} \cdot \Delta$$

Syarat keseimbangan energi: $Wi = We$

$$2\,(Ml + Mt) \cdot \frac{l_x}{l_y} \cdot \Delta = \frac{1}{4} l_y \cdot lx \cdot q \cdot \Delta$$

$$Ml + Mt = 1/8 \cdot q \cdot l_y^2$$

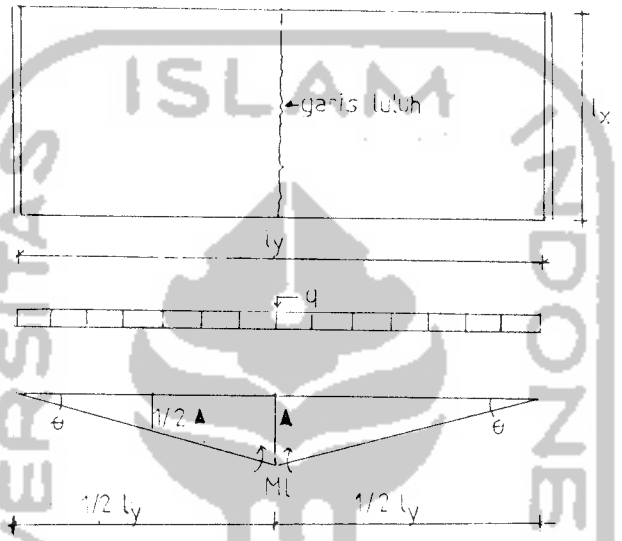
Untuk plat yang terjepit penuh $Mt = i \cdot Ml$, dimana $i = 1$, maka $Mt = Ml$, sehingga:

$2\ Ml = 1/8 . q . l_y^2$

$Ml = 1/16 . q . l_y^2$

$Mt = Ml = 1/16 . q . ly^2$

Pada plat dengan tumpuan sendi atau terletak bebas (gambar 2.11.) perhitungan momen pada plat adalah sebagai berikut:



Gambar: 2.11. Plat satu arah yang terletak bebas

Karena plat terletak bebas pada tumpuan maka

$Mt = i\ Ml$, $i=0$ sehingga $Mt = 0$

$We = \left(\frac{1}{2} \quad l_y . l_x . q\right) . \frac{1}{2} \Delta$

$Wi = Ml . l_x . \theta$

$= Ml . l_x . \frac{\Delta}{\frac{1}{2} l_y}$

$= 2\ Ml . \frac{l_x}{l_y} . \Delta$

Syarat keseimbangan = Wi = We

$2\ Ml \frac{l_x}{l_y} \Delta = \frac{1}{4} q\ l_y . l_x . \Delta$

$Ml = 1/8\ q\ l_y^2$

2.4. Penulangan Plat

Pada suatu struktur beton bertulang harus disyaratkan mempunyai kekakuan yang cukup tegar, agar dapat menahan deformasi akibat lendutan tanpa menimbulkan kerusakan.

Dalam SK SNI T15 - 1991 hanya diatur plat yang tertumpu dua sisinya (plat satu arah) dan keempat sisinya (plat dua arah), sedangkan yang tertumpu hanya tiga sisinya tidak diatur, maka untuk menentukan tebal plat (ht) minimum diambil :

ht = 90 mm untuk plat yang terjepit sempurna

ht = 120 mm untuk plat yang terletak bebas

2.4.1. Hitungan Penulangan

Untuk perhitungan kebutuhan tulangan dipakai tabel Wiratman. Cara ini berdasarkan analisis teori ultimate dengan formula-formula sebagai berikut :

$$Cu = \frac{h}{\sqrt{\frac{Mu}{2\ Ko.\sigma'bk.b}}}$$

dimana Ko = 0,5 untuk beban tetap dan

Ko = 0,6 untuk beban sementara

dengan diketahui nilai perbandingan luas tulangan desak dan luas tulangan tarik ($\delta = A'/A$), karena plat direncanakan dengan tulangan sebelah maka $\delta = 0$, dari tabel diperoleh nilai φ' dan nilai ξu dengan syarat :

$\varphi' > \varphi'$ min

$< \varphi'$ max

$\xi u < \xi u$ max

dimana

$$\varphi' \text{ min} = \frac{6}{Ko.\sigma' bk} \quad \text{atau} \quad \varphi' \text{ min} = \frac{0,0417}{1 - 317 \frac{\delta}{\sigma^{*}au}}$$

$$\varphi' \text{ max} = \frac{2205}{(1 - \delta)\ (7350 + \sigma^{*}au)}$$

$$\xi u \text{ max} = 0,958 - 18,45 \frac{\delta}{\sigma^{*}au}$$

Luas tulangan

$$As = \varphi' \frac{2\ Ko\ \sigma' bk}{\sigma^{*}au} bh \quad \text{atau} \quad As = \frac{Mu}{\sigma^{*}au\ \xi u\ h}$$

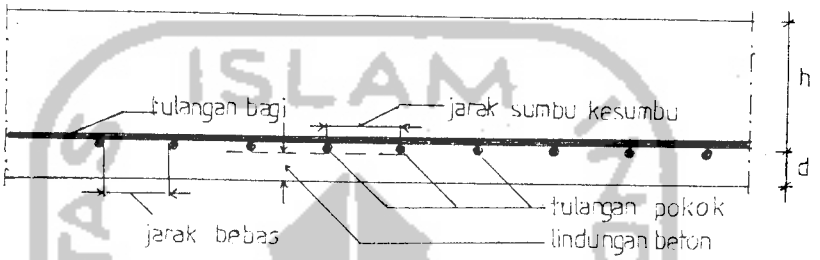
Dari kedua nilai As diambil yang besar, dan harus lebih besar dari $A_{min} = (12/\sigma^{*}au)\ bh$.

2.4.2. Syarat-syarat Penulangan

1. Jarak bebas datar antar tulangan-tulangan baja pokok harus ≥ 2,5 cm
2. Jarak sumbu ke sumbu tulangan baja pokok di tempat-tempat momen tumpuan maksimum dan momen lapangan maksimum harus ≤ 20 Cm, atau ≤ 2 kali tebal plat apabila tulangan plat dikurangi karena momennya berkurang, jarak sumbu ke sumbu harus ≤ 40 cm.
3. Pada plat-plat tempat tulangan pokoknya satu arah, maka tegak lurus tulangan pokok harus dipasang tulangan bagi. Bila tulangan bagi terdiri dari baja yang mutunya sama dengan tulangan pokok, maka luas tulangan bagi harus ≥ 20% dari luas tulangan pokok dengan jarak maksimum sumbu ke sumbu (p.k.p.) 25 cm.

4. Pada plat-plat yang dicor ditempat, garis tengah tulangan pokok ≥ 6 mm dari jenis baja sedang ≤ U-24, dan tulangan pokok ≥ 5 mm dan tulangan bagi ≥ 4 mm dari jenis baja keras.

Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.12.



Gambar 2.12.

BAB III

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

3.1. Umum

Dalam tugas akhir ini akan dianalisa bentuk plat segi empat dan lingkaran dengan variasi dukungan sesuai dengan batasan sebelumnya.

Pada beberapa kasus khususnya pada kasus-kasus dimana garis luluh ditentukan dengan melalui beberapa dimensi yang tidak diketahui, penyelesaian langsung dengan metode kerja virtuil akan sangat menyulitkan dan harus memakai cara coba-coba. Oleh karena itu dalam penyelesaian kasus ini dipakai metode keseimbangan momen (G. Winter, 1993).

Sedangkan khusus untuk plat berlubang dipakai metode kerja virtuil karena bila memakai metode keseimbangan, momen yang diperoleh tidak dapat mewakili momen pada keseluruhan plat.

Dalam analisa ini ditentukan pola keruntuhan pada plat terlebih dahulu dengan konsep dan rumusan seperti pada pasal terdahulu.

Untuk memudahkan perhitungan dipakai pemisalan dan notasi sebagai berikut:

l_x = bentang plat arah pendek

l_y = bentang plat arah panjang

Ml_x = Momen lentur plat persatuan panjang dilapangan searah bentang l_x

Ml_y = Momen lentur plat persatuan panjang dilapangan searah bentang l_y

Mt_x = Momen lentur plat persatuan panjang ditumpuan searah bentang l_x

Mt_y = Momen lentur plat persatuan panjang ditumpuan searah bentang l_y.

q = beban total terbagi rata.

Pemisalan :

$Ml_x = M$

$Ml_y = \mu\ Ml_x = \mu\ M$

$Mt_x = i\ Ml_x = i\ M$

$Mt_y = i\ Ml_y = i\ \mu\ M$

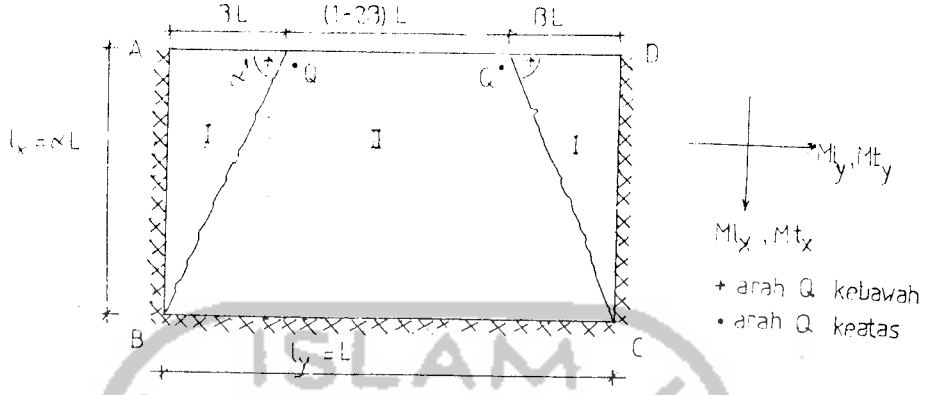
$\frac{l_y}{l_x} = c$

$ly = c\ lx$

Perlu diperhatikan bahwa karena momen luluh merupakan momen utama, sepanjang garis-garis luluh besarnya momen puntir adalah nol dan pada kebanyakan kasus besarnya gaya geser juga sama dengan nol. Untuk itu dalam penulisan persamaan-persamaan keseimbangan yang diperhitungkan hanya momen lentur (M).

3.2. Analisis Dan Perhitungan

3.2.1. Bentuk plat empat persegi panjang dengan tiga isinya terjepit penuh dan satu sisi panjangnya bebas, yang dibebani beban terbagi merata (gambar 3.1.)



Gambar 3.1.

$l_x = \alpha L$

$ly = L$

$$\frac{ly}{l_x} = \frac{L}{\alpha L} = c$$

$\alpha = 1/c$

$L = ly = c\ l_x$

Gaya koreksi pada tepi bebas

$$Q = M.\text{ctg}\ \alpha = M\ \frac{\beta L}{\alpha L} = \frac{M\beta}{\alpha}$$

Ditinjau segmen I

Σ momen terhadap sisi AB = 0

$$(Ml_y + Mt_y)\ \alpha\ L = \frac{1}{2}.\alpha L.\beta L.q.\frac{1}{3}\beta L + \frac{M\beta}{\alpha}.\beta L$$

$$(\mu M + i\mu M)\alpha L = \frac{1}{6}\ q\ L^3\alpha\beta^2 + 1/\alpha\ M.L\beta^2$$

$$M\ (\mu\alpha L + iu\alpha L - 1/\alpha\ L\beta^2) = \frac{1}{6}.qL^3\alpha\beta^2$$

$$M\ L/\alpha\ (\mu\alpha^2 + iv\alpha^2 - \beta^2) = 1/6\ qL^3\alpha\beta^2$$

$$M = \frac{q\ \alpha^2 L^2 \beta^2}{6(\mu\alpha^2 + i\mu\alpha^2 - \beta^2)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (1)$$

Ditinjau segmen II

Σ momen terhadap sisi BC = 0

$$Ml_x \,.\, 2\beta L + Mt_x \,.\, L = 2.\frac{1}{2}.\beta L.\alpha L.q.\frac{1}{3}.\alpha L + \alpha L(1-2\beta)L.q.\frac{1}{2}\alpha L - 2.\frac{M\beta}{\alpha}\,\alpha L$$

$$2L\beta M + LM = \frac{1}{3}\alpha^2 L^3 q\beta + \frac{1}{2}\alpha^2 L^3 q - \alpha^2 L^3 q\,\beta - 2ML\beta$$

$$ML(2\beta + 1 + 2\beta) = \frac{1}{2}\alpha^2 L^3 q - \frac{2}{3}\alpha^2 L^3 q\,\beta$$

$$M = \frac{\alpha^2 L^3\, q\,(\frac{1}{2} - \frac{2}{3}\beta)}{L\,(1 + 4\beta)}$$

$$M = \frac{\alpha^2 L^2\, q\,(\frac{1}{2} - \frac{2}{3}\beta)}{L\,(1 + 4\beta)}$$

$$M = \frac{q\,\alpha^2 L^3\,(3 - 4\beta)}{6\,(1 + 4\beta)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Persamaan (1) = persamaan (2)

$$\frac{q\alpha^2 L^2\beta^2}{6(\mu\alpha^2 + i\mu\alpha^2 - \beta^2)} = \frac{q\alpha^2 L^2(3 - 4\beta)}{6\,(1 + 4\beta)}$$

$$\beta^2(1 + 4\beta) = (3 - 4\beta)(\mu\alpha^2 + i\mu\alpha^2 - \beta^2)$$

$$4\beta^2 + 4\mu\alpha^2(1 + i)\beta - 3\mu\alpha^2(1 + i) = 0$$

Diambil akar positif

$$\beta = \frac{-4\mu\alpha^2(1 + i) + \sqrt{(4\mu\alpha^2(1 + i))^2 + 4.4.3\mu\alpha^2(1 + i)}}{2.4}$$

$$\beta = -\frac{1}{2}\mu\alpha^2(1 + i) + \frac{1}{8}\sqrt{16\alpha^2(\alpha^2\mu^2(1 + i)^2 + 3\,\mu\,(1 + i)}$$

$$\beta = -\frac{1}{2}\mu\alpha^2(1 + i) + \frac{1}{2}\,\alpha\sqrt{\mu(1 - i)\,(\alpha^2\mu\,(1 + i) + 3)}$$

Jika $A = \sqrt{\mu\,(1 + i)\,(\alpha^2\mu\,(1 + i) + 3)}$

$$A = \sqrt{\mu\ (1 + i)\ (\mu/c^2(1 + i) + 3)}$$

Maka $\beta = \frac{1}{2}\ \alpha\ (A - \mu\alpha(1 + i))$

$$= \frac{1}{2c}(A - \frac{\mu}{c}\ (1 + i)) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (3)$$

Persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (2)

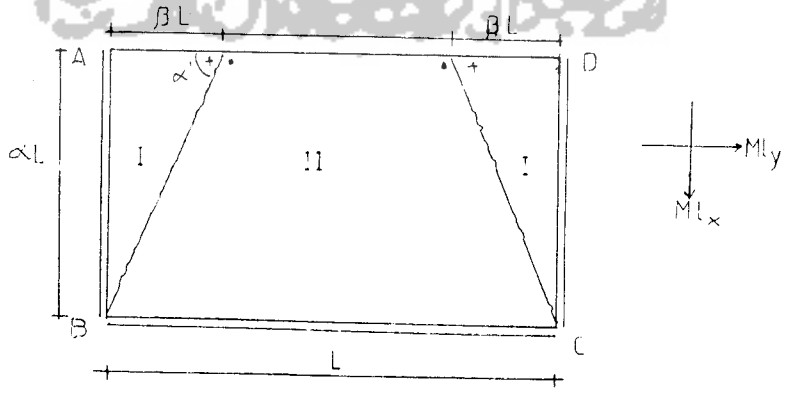
$$M = \frac{q\ \alpha^2 L^2\ (3\ -\ 4\beta)}{6\ (1 + 4\beta)}$$

$$M = \frac{1/c^2\ \{3 - 2/c\ (A - u/c\ (1 + i))\}}{6\{1 + 2/c(A - \mu/c(1 + i))\}}\ .qlx^2$$

$$M = \frac{1/c^2\ \{3 - 2/c\ (A - \upsilon/c\ (1 + i))\}}{6/c^2\{c^2 + 2(cA - \mu(1 + i))\}}\ .qlx^2$$

$$M = \frac{3\ c^2 - 2\ (cA - \mu(1 + i))}{c^2 + 2(cA - \mu(1 + i))\}}\ .qlx^2$$

3.2.2. Plat segi empat dengan tiga sisinya terletak bebas dan satu sisi panjangnya bebas. yang dibebani beban terbagi merata (gambar 3.2).



Gambar 3.2.

Gaya Koreksi $Q = M \text{ ctg } \alpha' = M\ \beta L/\alpha L = M\beta/\alpha$

Ditinjau dari Segmen I

Σ Momen terhadap sisi AB = 0

$$M1_y . \alpha L = \frac{1}{2}\ \alpha L . \beta L . q . \frac{1}{3}\beta L + M\frac{\beta}{\alpha} . \beta L$$

$$\mu M . \alpha L - \tfrac{1}{2}\beta L = \tfrac{1}{6}\ qL^3\alpha\beta^2$$

$$M\ \frac{L}{\alpha}\ (\mu\alpha^2 - \beta^2) = \tfrac{1}{6}\ L^2\alpha\beta^2$$

$$M = \frac{q\ \alpha^2 L^2 \beta^2}{6\ (\mu\alpha^2 - \beta^2)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Ditinjau dari segmen II

Σ momen terhadap sisi BC = 0

$$M1_x . 2\beta L = 2 . \frac{1}{2}\ \beta L . \alpha L . q . \frac{1}{3}\alpha L + \alpha L(1 - 2\beta)L . q . \frac{1}{2}\alpha L$$

$$-2\ M\beta/\alpha . \alpha L$$

$$M . 2\beta L + 2M\beta L = \tfrac{1}{3}\ \alpha^2\ L^3 q\beta + \tfrac{1}{2}\ \alpha^2 L^3 q - \alpha^3 L^3 q\beta$$

$$4\beta LM = \tfrac{1}{2}\ \alpha^2 L^3 q - \tfrac{2}{3}\ \alpha^2 L^3 q\beta$$

$$M = \frac{q\alpha^2 L^2 (3 - 4\beta)}{24\beta} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Persamaan (1) = persamaan (2)

$$\frac{q\alpha^2 L^2 \beta^2}{6(\mu\alpha^2 - \beta^2)} = \frac{2\alpha^2 L^2 (3 - 4\beta)}{24\beta}$$

$$4\beta^3 = (\mu\alpha^2 - \beta^2)\ (3 - 4\beta)$$

$$4\beta^3 = 3\mu\alpha^2 - 4\ \mu\alpha^2\beta - 3\beta^2 + 4\beta^3$$

$$3\beta^2 + 4\mu\alpha^2\beta - 3\mu\alpha^2 = 0$$

Diambil akar positif

$$\beta = \frac{-4\mu\alpha \; \mu\alpha^2 + \sqrt{16\mu^2\alpha^4 + 4.3.3\mu\alpha^2}}{2.3}$$

$$\beta = -\frac{2}{3}\mu\alpha^2 + \frac{1}{3}\sqrt{4\alpha^2(4\mu^2\alpha^2 + 9\mu}$$

$$\beta = -\frac{2}{3}\mu\alpha^2 + \frac{1}{3}\alpha\sqrt{\mu(4\mu\alpha^2\alpha + 9)}$$

misal : $A = \sqrt{\mu\ (4\mu\alpha^2 + 9)}$

Diketahui $\alpha = \frac{1}{c}$

$$L = c\ lx$$

$$A = \sqrt{\mu\ (4\mu/c^2 + 9)}$$

$$= \frac{1}{c}\sqrt{\mu\ (4\mu + 9c^2)}$$

maka $\beta = \frac{1}{3}\ c^2\ (cA - 2\mu)$ ..... (3)

Persamaan (3) disubstisusikan ke persamaan (2)

$$M = \frac{q\ 1/c^2(clx)^2\ (3 - 4\ 1/3c^2\ (cA - 2\mu))}{24.\frac{1}{3}\ c^2\ (CcA - 2\mu)}$$

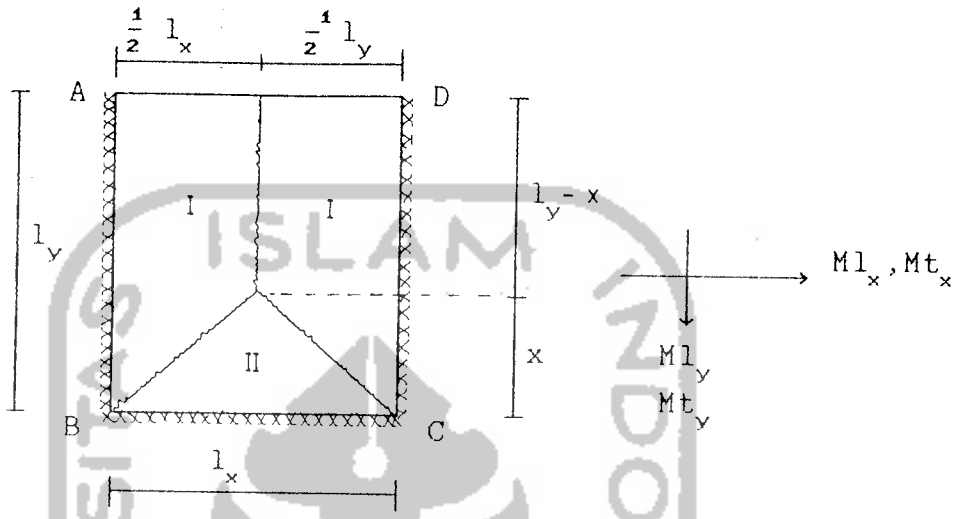
$$M = \frac{\frac{1}{3}\ c^2\ (9c^2 - 4(cA - 2\mu))}{\frac{1}{3}\ c^2.24(cA - 2\mu)} = ql_x^2$$

$$M = \left[\frac{9c^2 - 4\ (cA - 2\mu)}{24(cA - 2\mu)}\right]\ ql_x^2$$

Asumsi keluluhan diatas hanya dipakai jika :

$$\beta L \leq \frac{1}{2}\ L = \frac{1}{2}\ clx$$

3.2.3. Plat segi empat dengan tiga sisinya terjepit penuh dan satu sisi pendeknya bebas, yang dibebani beban terbagi merata (gambar 3.3).



Gambar 3.3

Ditinjau segmen I

Σ Momen terhadap sisi AB = 0

$$(Mt_x + Ml_x)\ l_y = (l_y - x).\frac{1}{2} l_x.q.\frac{1}{4} l_x + \frac{1}{2}.x.\frac{1}{2} l_x.q.\frac{1}{6} l_x$$

$$(i\ Ml_x + Ml_x)\ l_y = \frac{1}{8} l_x^2\ l_y\ q - \frac{1}{8} l_x^2\ qx + \frac{1}{24} l_x^2 q.x.$$

$$(i\ M + M)\ l_y = \frac{1}{8} l_x^2\ l_y\ q - \frac{1}{12} l_x^2\ qx$$

$$(i+1)M\ l_y = \frac{1}{8} l_x^2\ l_y\ q - \frac{1}{12} l_x^2\ qx$$

$$(i+1)M = \frac{1}{8} l_x^2\ l_y\ q - \frac{1}{12}\left[\frac{l_x}{l_y}\right] l_x.qx$$

$$(i+1)M = \frac{1}{8} l_x^2\ l_y\ q - \frac{1}{12c} l_x\ qx$$

$$M = \frac{1}{(i+1)}\left(\frac{1}{8} l_x^2\ q - \frac{1}{12} l_x.qx\right)...(1)$$

Di tinjau segmen II

Σ Momen terhadap sisi BC = 0

$$(Mt_y + Ml_x)\quad l_y = \frac{1}{2}\, l_x \,.\, \varkappa \,.\, q \,.\, \frac{1}{3}\varkappa$$

$$(i\ Ml_x + Ml_x)\ l_y = \frac{1}{6}\, q\, \varkappa^2\, l_x$$

$$(i\ \mu M + \mu M) = \frac{1}{6}\, q\, \varkappa^2$$

$$M(i\mu + \mu) = \frac{1}{6}\, q\, \varkappa^2$$

$$M = \frac{1}{\mu(i+1)} \left(\frac{1}{6}\, q\, \varkappa^2\right) \ldots\ (2)$$

Persamaan (1) = persamaan (2)

$$\frac{1}{(i+1)} \left(\frac{1}{8}\, l_x^{\,2} q - \frac{1}{12c}\, l_x\, q\, \varkappa\right) = \frac{1}{\mu(i+1)} \cdot \frac{1}{6}\, q\, \varkappa^2$$

$$\left(\frac{1}{6\mu}\, q\right)\varkappa^2 + \left(\frac{1}{12c}\, l_x\, q\right) \varkappa - \frac{1}{8}\, l_x^{\,2} q = 0$$

$$\left(\frac{1}{6\mu}\right)\varkappa^2 + \left(\frac{1}{12c}\, l_x\right) \varkappa - \left(\frac{1}{8}\, \varkappa^2\right) = 0$$

diambil akar yang positif

$$\varkappa = \frac{\left(-\frac{1}{12c}\, l_x\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{12c}\, l_x\right)^2 - 4\left(\frac{1}{6\mu}\right)\left(-\frac{1}{8}\, l_x^{\,2}\right)}}{2 \cdot \frac{1}{6\mu}}$$

$$\varkappa = -\frac{\mu}{4c}\, l_x + 3\mu \sqrt{\left(\frac{1}{144c^2} + \frac{1}{12\mu}\right) l_x^{\,2}}$$

$$\varkappa = -\frac{\mu}{4c}\, l_x + 3\mu\, l_x \sqrt{\left(\frac{12c + \mu}{144\mu c^2}\right)}$$

$$\varkappa = -\frac{\mu}{4c}\, l_x + \frac{3\mu\, l_x}{12c} \sqrt{\left(\frac{12c + \mu}{\mu}\right)}$$

$$\varkappa = -\frac{\mu}{4c}\, l_x + \frac{\mu}{4c}\, l_x \sqrt{\left(\frac{12c}{\mu} + 1\right)}$$

$$\varkappa = \frac{\mu}{4c}\, l_x \left[\sqrt{\left(\frac{12c}{\mu} + 1\right)} - 1\right]$$

misal $A = \sqrt{\left(\frac{12c}{\mu} + 1\right)} - 1$

maka $\varkappa = \frac{\mu}{4c}\, l_x \,.\, A$ ..... (3)

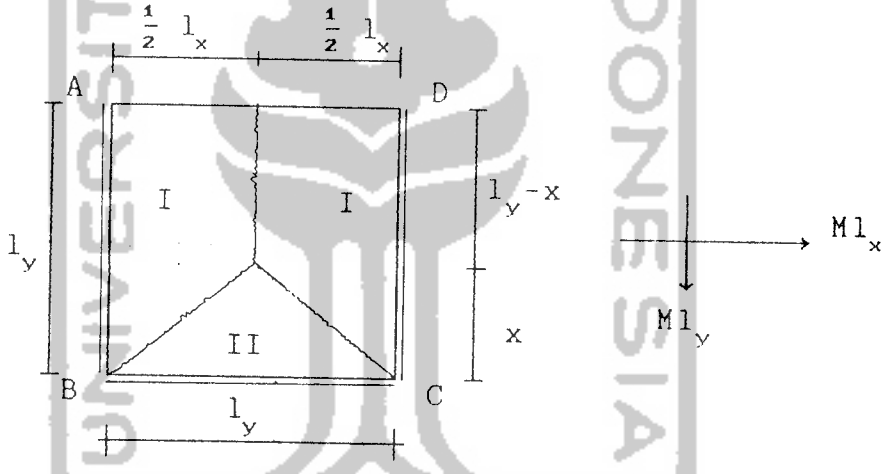
Persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (2)

$$M = \frac{1}{6\mu(i+1)} q \left(\frac{\mu}{4c} l_x . A\right)^2$$

$$M = \frac{1}{6\mu(i+1)} q \frac{\mu^2}{16c^2} l_x^2 . A^2$$

$$M = \frac{\mu A^2}{96c^2(i+1)} q \, l_x^2$$

3.2.4. Plat segi empat dengan tiga sisinya terletak bebas dan satu sisi pendeknya bebas, yang dibebani beban terbagi merata (gambar 3.4).



Gambar 3.4

Ditinjau segmen I

Σ Momen terhadap sisi AB = 0

$$Ml_x . Ml_y = (l_y - x) . \frac{1}{2} l_x . q \frac{1}{4} l_x + \frac{1}{2} x \frac{1}{2} l_x \, q . \frac{1}{6} l_x$$

$$M . l_y = \frac{1}{8} l_y \, l_x^2 q - \frac{1}{8} l_x^2 qx + \frac{1}{24} l_x^2 qx$$

$$M . l_y = \frac{1}{8} l_y \, l_x^2 q - \frac{1}{12} l_x^2 qx$$

$$M = \frac{1}{8} l_y \, l_x^2 q - \frac{1}{12} \left[\frac{l_x}{l_y} \right] l_y \, qx$$

$$= \frac{1}{8} l_y \; l_x^2 q - \frac{1}{12c} . l_x \; q . x \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

Ditinjau segmen I

Σ Momen terhadap sisi BC = 0

$$M l_y . l_x = \frac{1}{2} \; l_x . x . q . \frac{1}{3} \; x$$

$$\mu M = \frac{1}{6} \; q \; x^2$$

$$M = \frac{1}{6\mu} \; q^2 x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Persamaan (1) = persamaan (2)

$$\frac{1}{8} \; l_x^2 q - \frac{1}{12c} \; l_x \; q \; x = \frac{1}{6\mu} \; q \; x^2$$

$$\frac{1}{6\mu} \; q \; x^2 + \frac{1}{12c} \; l_x \; q \; x - \frac{1}{8} \; l_x^2 \; q = 0$$

$$\frac{1}{6\mu} \; x^2 + \frac{1}{12c} \; l_x \; x - \frac{1}{8} \; l_x^2 = 0$$

$$x^2 + \frac{\mu}{2c} \; l_x \; x - \frac{3\mu}{4} \; l_x^2 = 0$$

Diambil akar positif

$$x = \frac{- \frac{\mu}{2c} \; l_x + \sqrt{(\frac{x}{2c} l_x)^2 + 4 . \frac{3\mu}{4} . l_x^2}}{2.1}$$

$$x = - \frac{\mu}{4c} \; l_x + \frac{1}{2} \; l_x \sqrt{\frac{\mu^2}{4c^2} + 3 \; \mu}$$

$$x = \frac{1}{2} \; l_x \left[\sqrt{\frac{\mu^2}{4c^2} + 3 \; \mu} - \frac{\mu}{2c} \right]$$

Misal $A = \left[\sqrt{\frac{\mu^2}{4c^2} + 3 \; \mu} - \frac{\mu}{2c} \right]$

Jadi $x = \frac{1}{2} \; l_x \; A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$

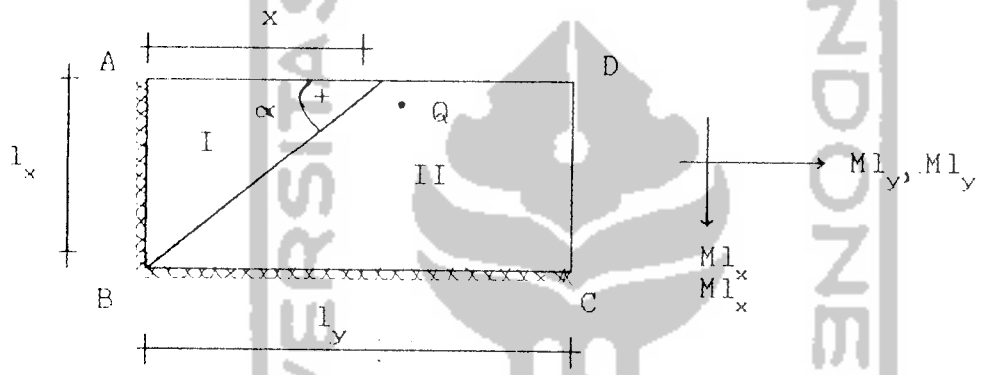
Persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (2)

$$M = \frac{1}{6} q \left(\frac{1}{2} l_x A\right)^2$$

$$M = \frac{1}{24} A^2 q l_x$$

3.2.5. Plat segi empat yang kedua sisinya terjepit penutuppada sisi pendek dan panjangnya dan sisi yang lain bebas,yang dibebani beban terbagi merata.

a. Asumsi keluluhan pertama (gambar 3.5).



Gambar 3.5

Gaya Koreksi : $Q = M \operatorname{ctg} \alpha$

$$Q = M \frac{x}{l_x}$$

Ditinjau segmen I

Σ Momen terhadap sisi AB = 0

$$(Ml_x + Ml_y) l_x = \frac{1}{2} l_x . x . q \frac{1}{3} x + (M \frac{x}{l_x}) x$$

$$(\mu M + i\mu M) l_x - M \frac{x^2}{l_x} = \frac{1}{6} l_x q x^2$$

$$M \left[\frac{1}{l_x} (\mu l_x^2 + i\mu l_x^2 - x^2) \right] = \frac{1}{6} l_x q x^2$$

$$M = \frac{q . l_x^2 . x^2}{6(\mu l_x^2 + i\mu l_x^2 - x^2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Ditinjau dari segmen II

Σ Momen terhadap sisi BC = 0

$$Ml_x \cdot x + Mt_x \cdot l_y = \frac{1}{2} l_x \cdot x \cdot q \cdot \frac{1}{3} l_x + (l_x - x) l_x \cdot \frac{1}{2} l_x \cdot q - (M \frac{x}{l_x}) l_x$$

$$M \cdot x + iM \cdot c \cdot l_x = \frac{1}{6} l_x^2 qx + \frac{1}{2} l_y l_x^2 q - \frac{1}{2} l_x^2 qx - M_x$$

$$M(2x + i \cdot c \cdot l_x) = \frac{1}{2} c \cdot l_x^3 q - \frac{1}{2} l_x^2 \cdot q \cdot x$$

$$M = \frac{q \cdot l_x^2 (\frac{1}{2} cl_x - \frac{1}{3} x)}{(2x + i \cdot c \cdot l_x)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Persamaan (1) = persamaan (2)

$$\frac{q\, l_x^2 \cdot x^2}{6(\mu l_x^2 + i\mu l_x^2 - x^2)} = \frac{q\, l_x^2 (\frac{1}{2} cl_x - \frac{1}{3} x)}{(2x + ic \cdot l_x)}$$

$$6(\mu l_x^2 + i\mu l_x^2 - x)(\frac{1}{2} cl_x - \frac{1}{3} x) = x^2 (2x + ic \cdot l_x)$$

$$3\mu l_x^3 - 2\mu l_x^2 x + 3i \cdot \mu \cdot cl_x^3 - 2i\mu l_x^2 x - 3cl_x \cdot x^2 + 2x^3$$

$$- 2x^3 + icl_x \cdot x^2 = 0$$

$$-(3cl_x + icl_x) x^2 - (2\mu l_x^2 + 2 \cdot i\mu l_x^2) x$$

$$+ (3\mu c l_x^3) = 0$$

Diambil akar yang positif :

$$x = \frac{2l_x^2 \mu(1+i) + \sqrt{2l_x^2 \mu(1+i)^2 + [(3cl_x + icl_x)(3\mu c l_x^3)]}}{-2\,(3cl_x + icl_x)}$$

$$x = \frac{2l_x^2 \mu(1+i)}{2l_x\, c(3+1)} + \frac{\sqrt{4l_x^4 \mu^2 (1+i) + 36c^2 \mu l_x^4 (3+i)}}{2cl_x (3+i)}$$

$$x = \frac{l_x^2 \mu(1+i)}{l_x\, c(3+1)} + \frac{2l_x^2 \sqrt{\mu^2 (1+i)^2 + 9c^2 \mu (3+i)}}{2cl_x (3+i)}$$

misal : $A = \sqrt{\mu^2(1+i)+9c^2\mu(3+1)}$

Jadi :

$$x = \frac{l_x}{c(3+i)} (A - \mu(1+i))$$

$$x = \frac{l_x \, B}{c(3+i)}$$

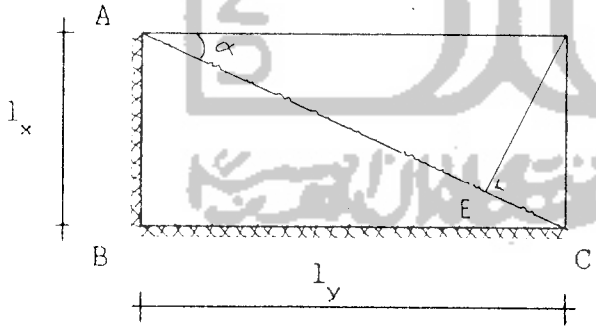
$$x = B = A - \mu(1+i) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Persamaan (3) disubtitusikan ke persamaan (2)

$$M = \frac{q.l_x^2 \left[\frac{1}{2}cl_x - \frac{Bl_x}{c(3+1)} \right]}{\frac{2.B\ l_x}{c(3+1)} + i.c.l_x}$$

$$M = \left[\frac{\frac{1}{2}.c^2(3+i) - \frac{1}{3}B}{2.B + i.c} \right] q\ l_x^2$$

b. Asumsi keluluhan kedua (gambar 3.6).



Gambar 3.6

$\overline{AC} = l_x / \sin \alpha$

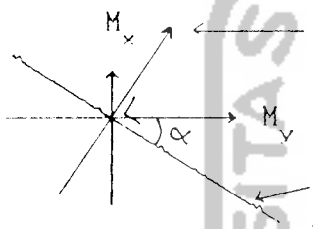
$$\sin \alpha = \frac{l_x}{\overline{AC}} = \frac{l_x}{\sqrt{l_x^2+l_y^2}} = \frac{l_x}{\sqrt{l_x^2+c^2 l_y^2}}$$

$$= \frac{l_x}{l_x \sqrt{1+c^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1+c^2}}$$

$$\cos \alpha = \frac{c\, l_x}{l_x \sqrt{1+c^2}} = \frac{c}{\sqrt{1+c^2}}$$

Σ Momen terhadap AC = 0



$M_y / \cos(90-\alpha) + M_x / \cos \alpha$

$$\left[\frac{Ml_y + Mt_y}{\cos(90-\alpha)} + \frac{Ml_x + Mt_x}{\cos \alpha} \right] \overline{AC} = \frac{1}{2}\, l_x . l_y . q . \frac{1}{3}\, \overline{DE}$$

$$\left[\frac{\mu M + i\mu M}{\sin \alpha} - \frac{M + iM}{\cos \alpha} \right] \frac{l_x}{\sin \alpha} = \frac{1}{6}\, l_x . cl_x . q . cl_x \sin \alpha$$

$$\left[\frac{\mu(1+1)\cos\alpha + (1+i)\sin\alpha}{\sin \alpha . \cos \alpha} \right] M = \frac{1}{6}\, c^2 \sin^2 \alpha\, q\, l_x^2$$

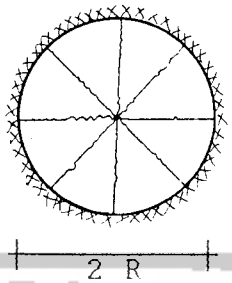
$$M = \frac{c^2 \sin^2 \alpha\, q\, l_x^2 \sin \alpha \cos \alpha}{6(1+i)(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$M = \frac{c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1+c^2}}\right)^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1+c^2}}\right) \left(\frac{1}{\sqrt{1+c^2}}\right)}{6(1+i)\left[\mu \frac{c}{\sqrt{1+c^2}} + \frac{1}{\sqrt{1+c^2}}\right]} q l_x^2$$

$$M = \frac{c^2 \left(\frac{1}{1+c^2}\right) \left(\frac{c}{1+c^2}\right)}{6(1+i)\left[\frac{\mu c \sqrt{1+c^2} + \sqrt{1+c^2}}{(1+c^2)}\right]} q l_x^2$$

$$M = \frac{c^2\, q\, l_x^2}{6(1+i)(1+c^2)(\mu c+1)\sqrt{1+c^2}}$$

3.2.6. Plat lingkaran yang semua sisinya terjepit penuh, yang dibebani beban terbagi rata (gambar 3.7).

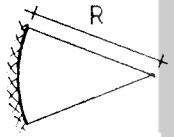


$Ml_x = Ml_y$

Gambar 3.7

Plat terbagi menjadi n segmen

diambil satu segmen



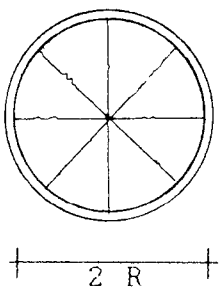
Σ Momen terhadap sisi AB = 0

$$(Mt + Ml).\frac{2\pi R}{n} = \frac{\pi R^2}{n}.q.\frac{1}{3}R$$

$$M(1 + i) = \frac{1}{6} q R^2$$

$$M = \frac{1}{6(1+i)}.q.R^2$$

3.2.7. Plat lingkaran yang semua sisinya terletak bebas, yang dibebani beban terbagi merata.

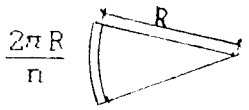


$Ml_x = Ml_y$

Gambar 3.8

Plat terbagi menjadi n segmen

Diambil satu segmen :



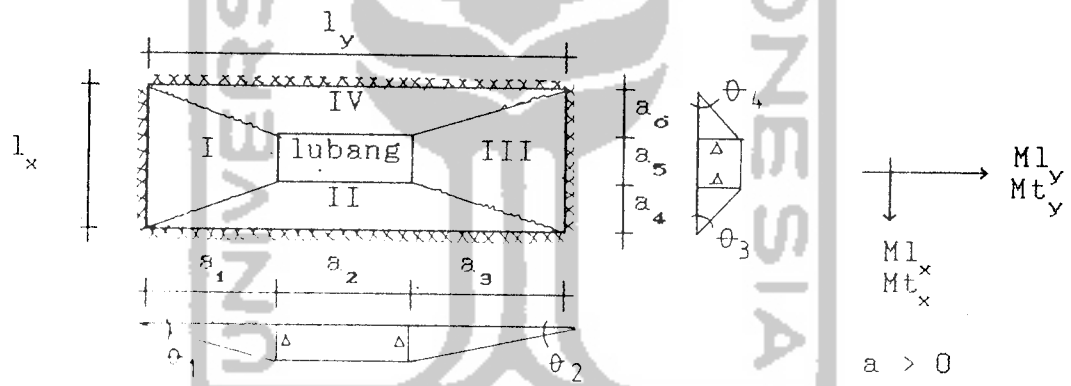
$\frac{2\pi R}{n}$ $\qquad Ml_x = Ml_y$

Σ Momen terhadap sisi AB = 0

$$Ml \frac{2\pi R}{n} = \frac{\pi R^2}{n} . q . \frac{1}{3} . R$$

$$M = \frac{1}{6} . q . R^2$$

3.2.8. Plat segi empat berlubang yang semua tepinya terjepit (gambar 3.9).



Gambar 3.9

Lendutan virtuil : $\Delta = 1$

- Rotasi masing-masing segmen plat

$$\theta_1 = \frac{\Delta}{a_1} = \frac{1}{a_1} \quad ; \quad \theta_3 = \frac{\Delta}{a_4} = \frac{1}{a_4}$$

$$\theta_2 = \frac{\Delta}{a_3} = \frac{1}{a_3} \quad ; \quad \theta_4 = \frac{\Delta}{a_6} = \frac{1}{a_6}$$

1. Kerja dalam total = Σ Wi

I. $Wi_1 = (Ml_y (a_4 + a_6) + Mt_y . l_x) \theta_1$

$= M(\mu (a_4 + a_6) + \mu i \; l_x) \frac{1}{a_1}$

II. $Wi_2 = (Ml_x(a_1+a_3)+ Mt_x.l_y)\theta_3$

$= M((a_1+a_3)+ i\, l_y)\frac{1}{a_4}$

III. $Wi_3 = (Ml_y(a_4+a_6)+ Mt_y.l_x)\theta_2$

$= M(\mu(a_4+a_6)+ \mu i\, l_x)\frac{1}{a_3}$

IV. $Wi_4 = (Ml_x(a_1+a_3)+ Mt_x.l_y)\theta_4$

$= M((a_1+a_3)+ i\, l_y)\frac{1}{a_6}$

$\Sigma Wi = Wi_1 + Wi_2 + Wi_3 + Wi_4$

$= M\left[(a_1+a_3)+il_y)(\frac{1}{a_4}+\frac{1}{a_6})+ \mu(a_4+a_6)+ il)(\frac{1}{a_3}+\frac{1}{a_6})\right]$

2. Kerja luar total = ΣWe

I. $We_1 = a_1a_5q\,\frac{1}{2}\,\Delta + \frac{1}{2}\,a_1a_4q.\frac{1}{3}\,\Delta + \frac{1}{2}\,a_1a_6q\,\frac{1}{3}\,\Delta$

$= \frac{1}{6}\,q(3a_1a_5+ a_1a_4+ a_1a_6)$

II. $We_2 = a_2a_4q\,\frac{1}{2}\,\Delta + \frac{1}{2}\,a_1a_4q.\frac{1}{3}\,\Delta + \frac{1}{2}\,a_3a_4q\,\frac{1}{3}\,\Delta$

$= \frac{1}{6}\,q(3a_2a_4+ a_1a_4+ a_3a_4)$

III. $We_3 = a_3a_5q\,\frac{1}{2}\,\Delta + \frac{1}{2}\,a_3a_4q.\frac{1}{3}\,\Delta + \frac{1}{2}\,a_3a_6q\,\frac{1}{3}\,\Delta$

$= \frac{1}{6}\,q(3a_3a_5+ a_3a_4+ a_3a_6)$

IV. $We_4 = a_2a_6q\,\frac{1}{2}\,\Delta + \frac{1}{2}\,a_1a_6q.\frac{1}{3}\,\Delta + \frac{1}{2}\,a_3a_6q\,\frac{1}{3}\,\Delta$

$= \frac{1}{6}\,q(3a_2a_6+ a_1a_6+ a_3a_6)$

$\Sigma We = We_1 + We_2 + We_3 + We_4$

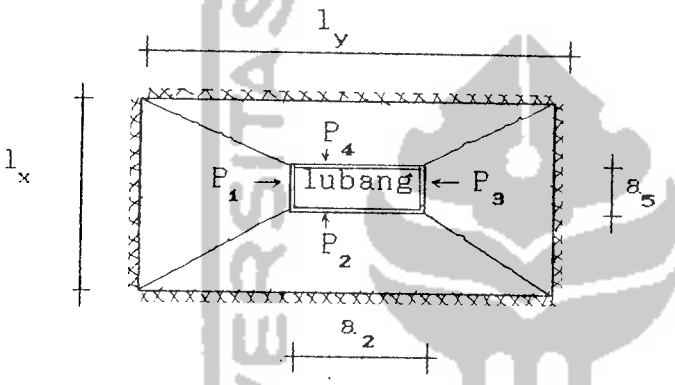
$= \frac{1}{6}\,q(3a_1a_5+2a_1a_4+2a_1a_6+3a_2a_4+2a_3a_4+3a_3a_5+2a_3a_6)$

Prinsip kerja virtuil

Σ Wi = Σ We

$$M = \frac{1}{6} q . \frac{3(a_1a_5+a_2a_4+a_3a_5)+2(a_1a_4+a_1a_6+a_3a_4+a_3a_6)}{((a_1+a_3)+il_y)(\frac{1}{a_4}+\frac{1}{a_6})+\mu(a_4+a_6)+il_x)(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_6})}$$

Bila dipinggir lobang terdapat beban garis (gambar 3.9a), maka :



Gambar 3.9a.

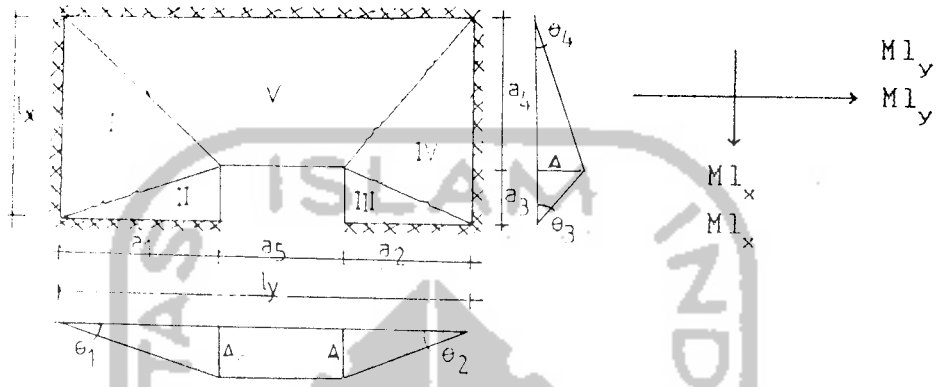
P total = $(P_1+P_3)a_5\Delta + (P_2+P_4)a_2\Delta$

= $(P_1+P_3)a_5 + (P_2+P_4)a_2$

$$M = \frac{\frac{1}{6} q[3(a_1a_5+a_2a_4+a_3a_5)+2(a_1a_4+a_1a_6+a_3a_4+a_3a_6)]}{(a_1+a_3)+il_y)(\frac{1}{a_4}+\frac{1}{a_6})+\mu(a_4+a_6)+il_x)(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_6})}$$

$$+ \frac{(P_1+P_3)a_5 + (P_2+P_4)a_2}{(a_1+a_3)+il_y)(\frac{1}{a_4}+\frac{1}{a_6})+\mu(a_4+a_6)+il_x)(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_6})}$$

3.2.9. Plat segiempat dengan lubang di tepi yang semua sisinya terjepit penuh dan dibebani beban terbagi merata (gambar 3.10.)



Gambar 3.10.

Lendutan virtual = 1

Rotasi pada masing-masing segmen plat :

$$\emptyset_1 = \frac{\Delta}{a_1} = \frac{1}{a_1}$$

$$\emptyset_2 = \frac{\Delta}{a_2} = \frac{1}{a_2}$$

$$\emptyset_3 = \frac{\Delta}{a_3} = \frac{1}{a_3}$$

$$\emptyset_4 = \frac{\Delta}{a_4} = \frac{1}{a_4}$$

1. Energi dalam = ΣWi

I. $Wi_1 = (Ml_y + Mt_y)\, l_x . \emptyset_1$

$= M(\mu+\mu i) l_x \frac{1}{a_1}$

II. $Wi_2 = (Ml_x + Mt_x)\, a_1 . \emptyset_3$

$M(\mu+\mu i) a_1 \frac{1}{a_3}$

III. $Wi_3 = (Ml_x + Mt_x)\, a_2 . \emptyset_3$

$= M(\mu+\mu i)a_2 \frac{1}{a_3}$

IV. $Wi_4 = \left(Ml_y + Mt_y\right) l_x . \emptyset_2$

$= M(\mu+\mu i)l_x \frac{1}{a_2}$

V. $Wi_5 = \left(Ml_x \left[a_1+a_2\right] + Mt_x\, l_y\right) \emptyset_4$

$= M((a_1+a_2)+ i\ ly) \frac{1}{a_4}$

$\Sigma Wi = Wi_1+Wi_2+Wi_3+Wi_4+Wi_5$

$= M\mu(1+i)\frac{lx}{a_1} + M\mu(1+i)\frac{1}{a_3} + M\mu(1+i)\frac{a_2}{a_3}$

$+ M\mu(1+i)\frac{lx}{a_2} + M+\frac{(a_1+a_2)}{a_4} + M\frac{i\ ly}{a_4}$

$= M \left\{\mu(+i)\frac{lx}{a_1} + \mu\ (1+i)\frac{lx}{a_2} + \frac{i\ ly}{a_4} +(1+i)\ \frac{1}{a_3}a\right.$

$\left. +(1+i)\frac{a_2}{a_3} + \frac{\left(a_1+a_2\right)}{a_4} \right\}$

$= M \left\{\mu(1+i)\left\{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}\right\} l_x + \frac{i\ ly}{a_4} +\frac{1}{a_3}\ (1+i)\right.$

$\left. (a_1+a_2)+\left\{\frac{a_1+a_2}{a_4}\right\}\right\}$

$= M \left\{\left\{\mu(1+i)\left\{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}\right\}\ l_x + \frac{i\ c}{a_4}\right\}+ l_x\right.$

$\left. + \left\{\frac{1}{a_3}\ (1+i)+ \frac{1}{a_4}\right\}\ \left[a_1+a_2\right]\right\}$

2. Energi Luar : ΣWe

I. $We_1 = \frac{1}{2} . a_1 . l_x . q . \frac{1}{3} \Delta$

$= \frac{1}{6}\ q\ a_1\ l_x$

$$II.\ We_2 = \frac{1}{2}.a_1.a_3.q.\frac{1}{3}\Delta$$

$$= \frac{1}{6}.q.a_1.a_3$$

$$III.\ We_3 = \frac{1}{2}.a_2.a_3.q.\frac{1}{3}\Delta$$

$$= \frac{1}{6}.q.a_2.a_3$$

$$IV.\ We_4 = \frac{1}{2}.a_1.l_x.q.\frac{1}{3}\Delta$$

$$\frac{1}{6}.q.a_2.l_x$$

$$V.\ We_5 = a_4.a_5.q.\frac{1}{2}\Delta+\frac{1}{2}\Delta.a_1.a_4.q.\frac{1}{3}\Delta+\frac{1}{2}\Delta.a_2.a_4.q.\frac{1}{3}\Delta$$

$$= \frac{1}{2}.q.a_4.a_5.\frac{1}{6}.q(a_2+a_2)a_4$$

$$\Sigma We = Wi_1 + Wi_2 + Wi_3 + Wi_4 + Wi_5$$

$$\Sigma We = \frac{1}{6}q\left(a_1.l_x+a_1.a_3+a_2.l_x+(a_1.a_2).a_4\right)+\frac{1}{2}q.a_4.a_5$$

$$= \frac{1}{6}q\left\{(a_1+a_2)l_x+a_1+a_3+(a_1+a_2)a_4+3a_4a_5\right\}$$

$$= \frac{1}{6}q\left\{(l_x+a_4)(a_1+a_2)+a_1+a_3+3a_4a_5\right\}$$

Syarat kesetimbangan energi $\Sigma Wi = \Sigma We$

$$M = \frac{1}{6}q\left\{\left(\mu(1+i)\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)\frac{ic}{a_4}\right)l_x+\left(\frac{1}{a_3}(1-i)+\frac{1}{a_4}\right)(a_1+a_2)\right\}$$

$$= \frac{1}{6}q\left\{(l_x+a_4)(a_1+a_2)+a_1a_3+3a_4a_5\right\}$$

$$M = \frac{1}{6}q\ \frac{(l_x+a_4)(a_1+a_2)+a_1a_3+3a_4a_5}{\mu(1+i)\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)l_x+\frac{i\,l_y}{a_4}+\left(\frac{1}{a_3}(1-i)+\frac{1}{a_4}\right)(a_1+a_2)}$$

Diketahui bahwa $l_x = (a_3 + a_4)$, maka

$$M = \frac{1}{6}q\ \frac{(a_1+a_2)(a_3+2a_4)+(a_1a_3)+(3a_4a_5)}{\mu(1+i)\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)(a_3a_4)+\frac{1}{a_4}(a_1+a_2+a_5)+\left(\frac{1}{a_3}(1-i)+\frac{1}{a_4}\right)(a_1+a_2)}$$

Diketahui bahwa $l_x = (a_3+a_4)$, maka :

$$M = \frac{1}{6}\, q\, \frac{(a_1+a_2)\,(a_3+2a_4)+(a_1a_3)+(3a_4a_5)}{\mu(1+i)\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)(a_3a_4)+\frac{1}{a_4}(a_1+a_2+a_5)+\left[\frac{1}{a_3}(1+i)+\frac{1}{a_4}\right](a_1+a_2)}$$

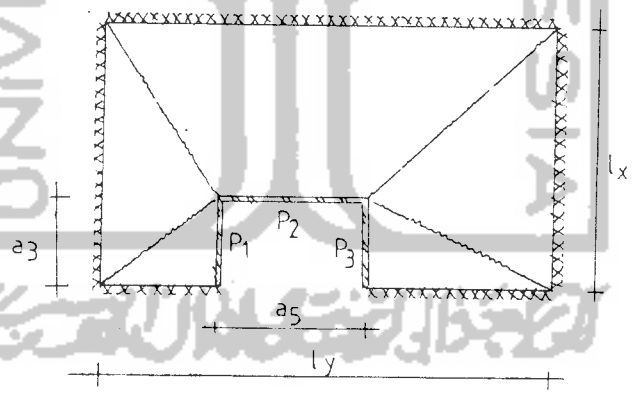
misal :

$$A = (a_1+a_2)(a_3+2a_4)+(a_1a_3)+(3a_4a_5)$$

$$B = \left[\mu(1+i)\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)(a_3+a_4)+\frac{i}{a_4}(a_1+a_2+a_5)+\left[\frac{1}{a_3}(1+i)+\frac{1}{a_4}\right](a_1+a_2)\right]$$

Maka : $M = \frac{1}{6}\, q\, \frac{A}{B}$

Bila dipinggir lubang terdapat beban garis (gambar 3.10a), maka :



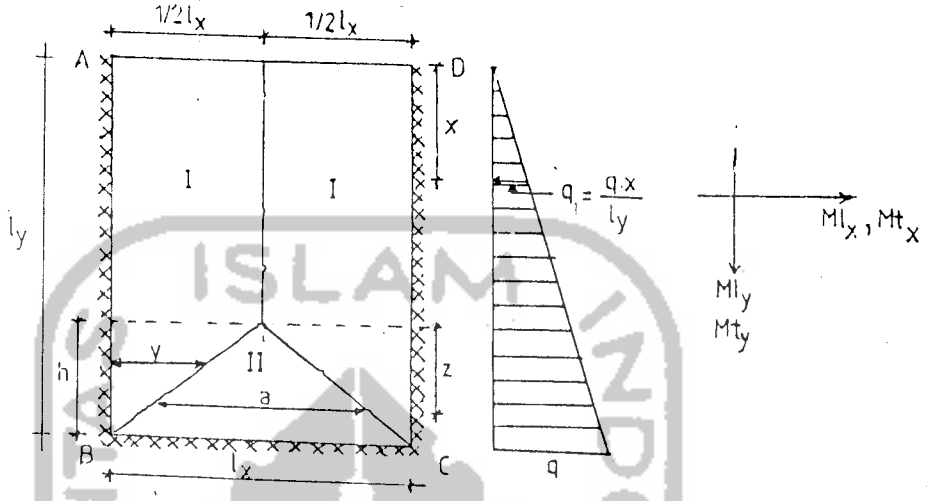
Gambar 3.10a

$$P\ total = (P_1+P_3).a_3.\Delta+P_2.a_5.\Delta$$

$$= (P_1+P_3).a_3+P_2.a_5$$

$$M = \frac{1}{6}.q.\frac{A}{B}+\frac{P\ total}{B}$$

3.2.10. Plast segi empat yang ketiga sisinya terjepit sempurna satu sisiny,yang dibebani beban segi tiga (gambar 3.11).



Gambar 3.11.

(i) $y = \frac{1}{2}\left(\frac{l_y - x}{h}\right) l_x$

(ii) $z = (h - l_y) + x$

$a = z.\frac{l_x}{h} = (h - l_y)\frac{l_x}{h}$

Ditinjau segmen plat I

Σ momen terhadap sisi AB = 0

$$(Ml_x + Mt_x).l_y = \int_0^{(l_y-h)} q_1 . \frac{l_x}{2} . \frac{1}{2} . \frac{l_x}{2} dx + \int_{(l_y-h)}^{y} q_1 . y . \frac{1}{2} y \, dx$$

$$M(1+i)l_y = \frac{1}{8}\int_0^{(l_y-h)} \frac{q_x}{l_x} l_x^2 \, dx + \frac{1}{8}\int_{(l_y-h)}^{l_y} \frac{q-x}{l_y}\left(\frac{l_y-x}{h} . l_x\right)^2 dx$$

$$= \frac{ql_x^2}{8l_y}\int_0^{(l_y-h)} x\,dx + \frac{ql_x^2}{8l_y.h^2}\int_{(l_y-h)}^{l_y} x(l_y-x)dx$$

$$= \frac{ql_x^2}{8l_y}\left[\frac{1}{2}x^2\right]_0^{(l_y-h)} + \frac{1}{h^2}\left(\frac{1}{2}x^2-\frac{1}{3}x^3\right)_{(l_y-h)}^{l_y}$$

$$= \frac{ql_x^2}{8l_y}\left\{\frac{1}{2}(l_y-h)^2+\frac{1}{h^2}\left\{\frac{1}{2}l_y\left[l_y^2-(l_y-h)^2\right]-\frac{1}{3}\left[l_y^3-(l_y-h)^3\right]\right\}\right\}$$

$$= \frac{ql_x^2}{8l_y}\left\{\frac{1}{2}l_y-l_yh^2+\frac{1}{2}h^2+\frac{1}{h^2}\left\{\frac{1}{2}l_y\left[l_y^2-l_y^2+l_y.h-h^2\right]\right.\right.$$

$$\left.\left.-\frac{1}{3}\left[l_y^3-l_yh^3+l_y^2h-3l_yh^2+h^3\right]\right\}\right\}$$

$$= \frac{ql_x^2}{8l_y}\left\{\frac{1}{2}l_y^2-l_yh+\frac{1}{2}h^2-\frac{3}{2}l_y+\frac{1}{3}h\right\}$$

$$M = \frac{1}{(1+i)}\cdot\frac{ql_x^2}{8.l_y^2}\left(\frac{1}{2}h^2+(\frac{1}{3}l_y)h+(\frac{1}{2}l_y^2-\frac{3}{2}l_y)\right)$$

$$l_y = cl_x$$

$$M = \frac{q}{8c^2(1+i)}\left(\frac{1}{2}h^2+(\frac{1}{3}-cl_x)h+(\frac{1}{2}c^2l_x^2-\frac{3}{2}l_y)\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Ditinjau segemen plat II

Σ momen terhadap sisi BC = 0

$$(Ml_y + Mt_y)l_x = \int_{(l_y-h)}^{l_y} q_1 . a . (l_y - x)dx$$

$$M(\mu(1+i))l_x = \int_{l_y-h)}^{l_y} \frac{q.x}{l_y}.(h-l_y+x)\frac{l_x}{h}(a-x)dx$$

$$= \frac{q}{h.l_y} \int_{(l_y-h)}^{l_y} x(h-l_y+x)(l_y-x)dx$$

$$= \frac{q}{h.l_y} \int_{(l_y-h)}^{l_y} (h.l_y x - hx^2 - l_y^2.x + l_y.x^2 + l_y x^2 - x^3)dx$$

$$= \frac{q}{h.l_y} \left[\frac{1}{2}(h.l_y - l_y^2)x^2 + \frac{1}{3}(2l_y - h)x^3 - \frac{1}{4}x^4\right]_{(l_y-h)}^{l_y}$$

$$= \frac{q}{h.l_y} \left\{\frac{1}{2}(h.l_y - l_y^2)\left[l_y^2 - (l_y-h)^2\right]\right.$$

$$\left. + \frac{1}{3}(2l_y - h)\left[l_y^3 - (l_y-h)^3\right] - \frac{1}{4}\left[l_y^4 - (l_y-h)^4\right]\right\}$$

$$= \frac{q}{h.l_y}\left\{ \frac{1}{2}(h\,l_y - l_y^2)\,(l_y^2 - l_y^2 + 2l_y h - h^2) + \frac{1}{3}(2\,l_y - h)\right.$$

$$\left.\left(l_y^3 - l_y^3 + 3\,l_y^2 h - 3\,ly\,h^2 + h^3\right) - \frac{1}{4}\left(l_y^4 - l_y^4 + l_y^3 h\right.\right.$$

$$\left.\left. - ly^2 h^2 + ly\,h^3 - h^4\right)\right\}$$

$$= \frac{q}{h.l_y}\left\{ \frac{1}{2}(h\,l_y - l_y^2)\,(2l_y h - h^2) + \frac{1}{3}(2\,l_y - h)\right.$$

$$\left.\left(3\,l_y^2 h - 3\,l_y\,h^2 + h^3\right) - \frac{1}{4}(l_y^3 h - l_y^2 h^2 + l_y\,h^3 - h^4)\right\}$$

$$= \frac{q}{h.l_y}\left\{ ly^2 h^2 - \frac{1}{2}\,l_y h^3 - l_y^3 - \frac{1}{2}\,ly^3 h^2 + 2\,l_y^3 h - 2l_y^2 h^2\right.$$

$$+\frac{2}{3}l_y\,h^3 - l_y^2 h^2 + l_y\,h^3 - \frac{1}{3}\,h^4 - \frac{1}{4}\,l_y^2 h^2 - \frac{1}{4}\,l_y\,h^3$$

$$\left. + \frac{1}{4}\,h^4\right\}$$

$$= \frac{q}{h.l_y}\left\{ \frac{1}{12}h^4 + \left(-\frac{1}{2}\,l_y + \frac{2}{3}\,l_y + l_y - \frac{1}{4}\,ly\right)h^3\right.$$

$$+ (ly^2 + \frac{1}{2}\,l_y^3 - 2\,l_y^2 - l_y^2 + \frac{1}{4}\,l_y^2)h^2 + (-l_y^3 + 2\,l_y^3$$

$$\left. - \frac{1}{4}\,l_y^3)h\right\}$$

$$M = \frac{q}{l_y}\left\{ \frac{1}{12}h^3 + \left(\frac{17}{12}\,l_y\right)h^2 + \left(\frac{1}{2}\,l_y^3 - \frac{7}{4}\,l_y^2\right)h\right.$$

$$\left. + \left(\frac{3}{4}\,l_y^3\right)\right\}$$

$$l_y = c\,l_x$$

$$M = \frac{q}{\mu(1+i)}\left\{ -\frac{1}{12\,c\,l_x}\,h^3 + \frac{17}{12}\,h^2 + \left(\frac{1}{2}\,c^2 l_x^2 - \frac{7}{4}\,c\,l_x\right)\right.$$

$$\left. h + \frac{3}{4}\,c^2 l_x^2\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

Persamaan (1) = Persamaan (2)

$$\frac{q}{8c^2(1+i)}\left[\frac{1}{2}h^2+\left(\frac{1}{3}-c\,l_x\right)h+\left(\frac{1}{2}c^2\,l_x^2-\frac{2}{3}c\,l_x\right)\right]$$

$$=\frac{q}{\mu(1+i)}\left[-\frac{1}{12\,c\,l_x}h^3+\frac{17}{12}h^2-\frac{7}{4}c\,l_x\right)h+\frac{3}{4}c^2l_x^2$$

$$\frac{1}{16\,c^2}h^2+\frac{1}{8c^2}\left(\frac{1}{3}-c\,l_x\right)h+\frac{1}{8c^2}\left(\frac{1}{2}c^2\,l_x^2-\frac{2}{3}c\,l_x\right)$$

$$+\frac{1}{\mu 12\,c\,l_x}h^3-\frac{17}{12\mu}h^2-\frac{1}{\mu}\left(\frac{1}{2}c^2l_x^2-\frac{7}{4}c\,l_x\right)h$$

$$-\frac{3}{4\mu}c^2\,l_x^2=0$$

$$\frac{1}{12\,\mu c l_x}h^3+\left(\frac{1}{16\,c^2}-\frac{17}{12\,\mu}\right)h^2+\left(\frac{1}{24\,c^2}-\frac{1}{8\,c}l_x\right.$$

$$\left.-\frac{1}{2\,\mu}c^2\,l_x^2+\frac{7}{4\mu}c\,l_x\right)h+\frac{1}{8\,c}\left(\frac{1}{2}c\,l_x^2+\frac{3}{2}l_x\right.$$

$$\left.-\frac{3}{4\,\mu}c^2l_x^2=0\right)$$

$$\frac{df}{dh}=0$$

$$\frac{1}{4\,\mu c l_x}h^2+\left(\frac{1}{8c^2}-\frac{17}{6\,\mu}\right)h+\left(\frac{1}{24\,c^2}-\frac{1}{8\,c}l_x\right.$$

$$\left.-\frac{1}{2\,\mu}c^2\,l_x^2+\frac{7}{4\mu}l_x\right)=0$$

akar positif

$$h=\frac{1}{8\mu\,c\,l_x}\left[\left(\frac{17}{64}-\frac{1}{8\,c}\right)^2\right.$$

$$\left.+\sqrt{\left(\frac{1}{8c^2}-\frac{17}{6\mu}\right)^2-\frac{1}{4\mu\,c\,l_x}\left[\frac{1}{24c^2}-\left(\frac{1}{8\,c}+\frac{7}{4\,\mu}-\frac{c\,l_x^2}{2\mu}\right)l_x\right]}\right]$$

Misal :

$$A = \sqrt{\left(\frac{1}{8c^2} - \frac{17}{6\mu}\right)^2 - \frac{1}{24\mu c^3 l_x}\left(\frac{1}{2\mu C} - \left(\frac{1}{4c} + \frac{7}{2\mu} - \frac{c^2 l_x}{\mu}\right)\right)}$$

Maka :

$$h = \frac{1}{8\mu c l_x}\left(\frac{17}{6\mu} - \frac{1}{8c^2} + A\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Persamaan (3) disubtitusikan ke persamaan (1) diperoleh besarnya nilai M.

BAB IV

APLIKASI DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan Tabel

Dari hasil perhitungan momen yang telah dilakukan dimuka, dapat dibuat tabel dengan variasi perbandingan sisi panjang dengan sisi pendek dari plat, kecuali plat berbentuk lingkaran dan plat berlubang. Karena plat berbentuk lingkaran tidak ada sisi panjang dan sisi pendek, sedangkan pada plat berlubang latak lubang dapat berubah-ubah, sangat banyak variasinya.

Contoh pembuatan tabel untuk plat segi empat yang tiga sisinya terjepit penuh dan satu sisi panjangnya bebas.

Dari analisa diperoleh :

$$M = \frac{3c^2 - 2(cA - \mu(1+i)}{c^2 + 2(cA - \mu(1+i))} q l_x^2$$

dimana :

$$A = \sqrt{\mu(1+i)\left(\frac{\mu}{c^2}(1+i) + 3\right.}$$

$$c = \frac{\text{sisi panjang}}{\text{sisi pendek}} = \frac{l_y}{l_x}$$

diketahui : $\mu = 0,5$

$i = 1$

dengan memasukkan nilai c yang bervariasi mulai dari : 1 ; 1,1 ; 1,2 ; dan seterusnya, dengan memisalkan nilai q dan l_x^2 sama dengan satu, diperoleh nilai momen (M). Nilai "c" diperolehdari pembagain nilai M dengan 0,001.

Misal e = 1,0 ,maka

$$M = 0{,}0555\ q l_x^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$M = 0{,}001\ q l_x^2 . e \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

persamaan (1) dan persamaan (2)

diperoleh e = 55,5 , dibulatkan keatas e = 56

$$Ml_x = + 0{,}001\ q\ l_x^2\ el_x$$

$$el_x = 56$$

$$Ml_y = \mu\ Ml_x = + 0{,}001\ q\ l_x^2\ el_y$$

$$el_x = 0{,}5 . 56 = 28$$

$$Mt_x = i\ Ml_x = - 0{,}001\ q\ l_x^2\ et_x$$

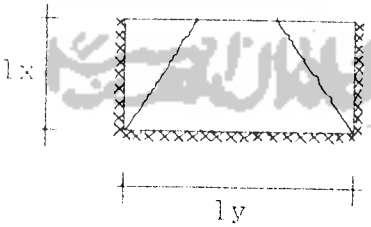
$$et_y = -56$$

$$Mt_y = i\ Ml_y = - 0{,}001\ q\ l_x^2\ et_y$$

$$et_y = 28$$

Dengan cara yang sama nilai "e" akan diperoleh untuk "e" yang lain dan disajikan dalam tabel.

4.1.1. Momen di dalam plat segiempat yang tiga sisinya terjepit penuh dan satu sisi panjangnya bebas, akibat beban terbagi merata(gambar 4.1).



$\mu = 0{,}5$

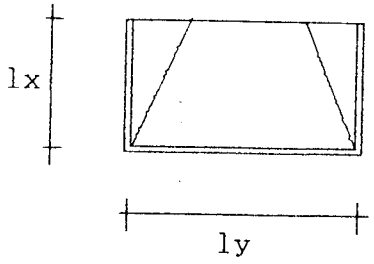
$i = 1$

Gambar 4.1.

Tabel 4.1.1.

$e = l_y/l_x$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
$Ml_x = +0{,}001 q l_x^2$	56	63	70	77	84	91	98	104	111	117	123	129	134	140	145	151
$Ml_y = +0{,}001 q l_x^2$	28	32	35	39	42	46	49	52	56	59	62	65	67	70	73	76
$Mt_x = -0{,}001 q l_x^2$	56	63	70	77	84	91	98	104	111	117	123	129	134	140	145	151
$Mt_y = -0{,}001 q l_x^2$	28	32	35	39	42	46	49	52	56	59	62	65	67	70	73	76

4.1.2. Momen di dalam plat segiempat yang tiga sisinya terletak bebas dan satu sisi panjangnya bebas, akibat beban terbagi merata (gambar 4.2).

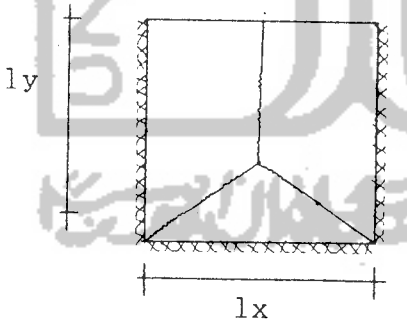


Gambar 4.2.

Tabel 4.1.2.

c = ly/lx	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
$Ml_x = +0,001qlx^2$	112	149	186	225	265	306	348	392	436	481	527	574	622	671	720	771
$Ml_y = +0,001qlx^2$	56	75	93	113	133	153	174	196	218	241	264	287	311	336	360	386
$Mt_x = 0$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$Mt_y = 0$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.3. Momen di dalam plat segiempat yang tiga sisinya terjepit penuh dan satu sisi pendeknya bebas, akibat beban terbagi merata (gambar 4.3).

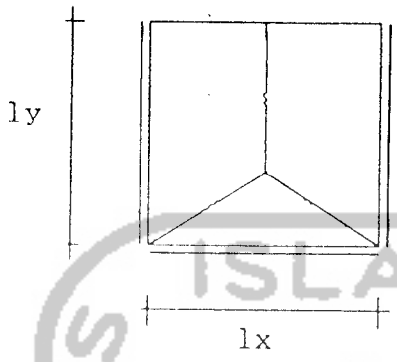


Gambar 4.3.

Tabel 4.1.3.

c = ly/lx	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
$Ml_x = +0,001qlx^2$	42	39	36	34	32	30	28	27	26	24	23	22	22	21	20	19
$Ml_y = +0,001qlx^2$	21	20	18	17	16	15	14	14	13	12	12	11	11	11	10	10
$Mt_x = -0,001qlx^2$	42	39	36	34	32	30	28	27	26	24	23	22	22	21	20	19
$Mt_y = -0,001qlx^2$	21	20	18	17	16	15	14	14	13	12	12	11	11	11	10	10

4.1.4. Momen di dalam plat segiempat yang tiga sisinya terletak bebas dan satu sisi pendeknya bebas, akibat beban terbagi merata (gambar 4.4).

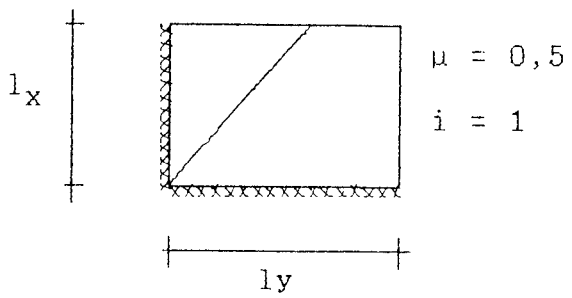


Gambar 4.4.

Tabel 4.1.4.

c = ly/lx	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
$Ml_x = +0,001 q lx^2$	42	44	45	46	47	48	49	49	50	51	51	52	52	53	53	53
$Ml_y = +0,001 q lx^2$	21	22	23	23	24	24	25	25	25	26	26	26	26	27	27	27
$Mt_x = 0$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$Mt_x = 0$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

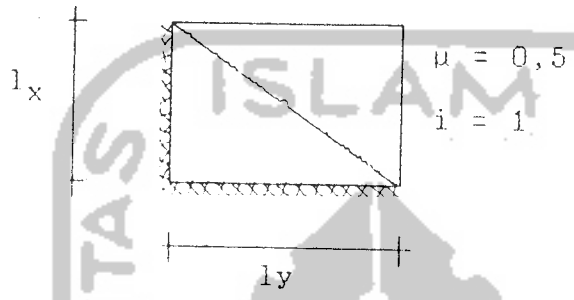
4.1.5. Momen di dalam plat segiempat yang kedua sisinya terjepit penuh pada sisi pendek dan panjangnya, akibat beban terbagi merata (gambar 4.5 dan gambar 4.6).



Gambar 4.5.

Tabel 4.1.5.a.

c = ly/lx	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
$Ml_x = +0,001qlx^2$	82	94	105	116	126	135	144	153	161	169	176	184	190	197	203	209
$Ml_y = +0,001qlx^2$	41	47	53	58	63	68	72	77	81	85	88	92	95	99	102	105
$Mt_x = -0,001qlx^2$	82	94	105	116	126	135	144	153	161	169	176	184	190	197	203	209
$Mt_y = -0,001qlx^2$	41	47	53	58	63	68	72	77	81	85	88	92	95	99	102	105



Gambar 4.6.

Tabel 4.1.5.b.

c = ly/lx	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
$Ml_x = -0,001qlx^2$	20	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	13	12	12
$Ml_y = -0,001qlx^2$	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	8	7	7	7	6	6
$Mt_x = -0,001qlx^2$	20	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	13	12	12
$Mt_y = -0,001qlx^2$	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	8	7	7	7	6	6

Dari tabel 4.1.5.a. dan 4.1.5.b. untuk momen tumpuan dipilih nilai "e" yang terbesar yaitu dari tabel 4.1.5.a. Sedangkan untuk momen lapangan harus ditinjau dari kedua tabel dan diperhitungkan dalam penulangan.

4.2. Penulangan Plat

Spesifikasi :

a. Mutu beton K 300, σ'_{bk} = 300 kg/cm^2

b. Mutu baja U 24, σ^*_{au} = 0,87.2400 = 2080 kg/cm^2

c. Pembebanan tetap Ko = 0,5

d. Tebal plat ht = 12 cm, penutup beton = 1,5 cm

e. Diameter tulangan pokok = 12 mm, A = 1,131 cm^2

Diameter tulangan pembagi = 8 mm, A = 1,5027 cm^2

f. Beban mati : (q_D)

- Beban plat = 0,12.2400 = 288 kg/m^2
- Beban pasir = 0,05.1600 = 80 kg/m^2
- Beban spesi = 0,02.2100 = 42 kg/m^2
- Beban tegel = 0,02.2400 = 48 kg/m^2 +

q_D = 458 kg/m^2

g. Beban hidup (untuk hotel) q_L = 250 kg/m^2

Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.2.1

$q_u = 1,2\ q_D + 1,6\ q_L$

$q_u = 1,2.458 + 1,6.250$

$= 949,6$ kg/m^2

h. $q'_{min} = \dfrac{6}{Ko.\sigma'_{bk}}$

$= \dfrac{6}{0,5.300} = 0,04$, atau

$q'_{min} = \dfrac{0,0417}{1-317\ \frac{\delta}{2080}}$

$= \dfrac{0,0417}{1-317\ \frac{0}{2080}} = 0,0417$

diambil $q'_{min} = 0,0417$

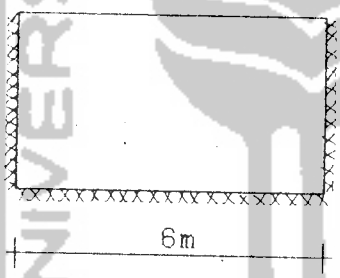
$$\xi u_{max} = \frac{2205}{(1-s)\ (7350 + \sigma *_{au})}$$

$$= \frac{2205}{(1-0)\ (7350 + 2080)} = 0,04 \text{ , atau}$$

$$\xi u_{max} = 0,958 - 18,45 \frac{\delta}{\sigma *_{au}}$$

$$= 0,958 - 18,45 \frac{0}{2080} = 0,958$$

1. Plat segiempat dengan ketiga sisinya terjepit penuh,seperti gambar 4.7.



$l_x = 5$ m

$l_y = 6$ m

$\frac{l_y}{l_x} = 1,2$

Gambar 4.7.

dari tabel 4.1.1. diperoleh :

elx = 70 etx = 70

ely = 35 ety = 35

$Mu = 0,001\ q_u\ l_x^2.e$

$Ml_x = Mt_x = 0,001.949,6.5^2.70 = 1661,8$ kg m

$Ml_y = Mt_y = 0,001.949,6.5^2.35 = 830,9$ kg m

a. Penulangan arah l_x (Ml_x dan Mt_x)

Mu = 1661,8 kg m

b = 100 cm

ht = 12 cm

$d = pb + \frac{1}{2} \phi$ tulangan x

$= 1,5 + 0,5.1,2 = 2,1$ cm

$h = ht - d = 9,9$ cm

$$Cu = \frac{h}{\sqrt{\frac{Mu}{2.Ko.\sigma'_{bk}.b}}}$$

$$Cu = \frac{9,9}{\sqrt{\frac{1661,80}{2.0,5.300.1}}} = 4,21$$

$\delta = 0$

Dari tabel Wiratman didapat, $q' = 0,060$

$\xi u = 0,940$

Syarat : $q' = 0,060 > q'_{min} = 0,0417$

$< q'_{max} = 0,2338$

$\xi u = 0,940 < \xi u_{max} = 0,958$

$$As_1 = q' \frac{2.Ko.\sigma'_{bk}}{\sigma^*_{au}} bh$$

$$= 0,060 \frac{2.0,5.300}{2080} 100.9,9 = 8,5673 \text{ cm}^2$$

$$As_2 = \frac{Mu}{\sigma^*_{au}.\xi_u h}$$

$$= \frac{166180}{2080.0,940.9,9} = 8,5852 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{12}{\sigma^*_{au}} bh$$

$$= \frac{12}{2080} 100.9,9 = 5,7115 \text{ cm}^2$$

Diambil $As = 8,5852 \text{ cm}^2 > As_{min} = 5,7115 \text{ cm}^2$

$As = 8,5852 \text{ cm}^2$, dipakai ϕ12-10= 11,310 $\text{cm}^2 > As$

b. Penulangan arah l_y, (Ml_y dan Mt_y)

Mu = 830,9 kg m

b = 100 cm

ht = 12 cm

d = pb + ϕ tulangan x + $\frac{1}{2}$ ϕ tulangan y

= 1,5 + 1,2 + 0,6 = 3,3 cm

h = ht - d = 8,7 cm

$$Cu = \frac{8,7}{\sqrt{\frac{830,9}{2.0,5.300.1}}} = 5,23$$

δ = 0, dari tabel Wiratman diperoleh q´= 0,038

dan ξu = 0,9613

q´ = 0,038 < q'_{min} = 0,0417, dipakai q´ = 0,0417

ξu = 0,9613 < ξu_{max} = 0,958, dipakai ξu = 0,958

$$As_1 = 0,417 \frac{2.0,5.300}{2080} 100.8,7 = 5,2325 \text{ cm}^2$$

$$As_2 = \frac{83090}{2080.0,958.8,7} = 4,7929 \text{ cm}^2$$

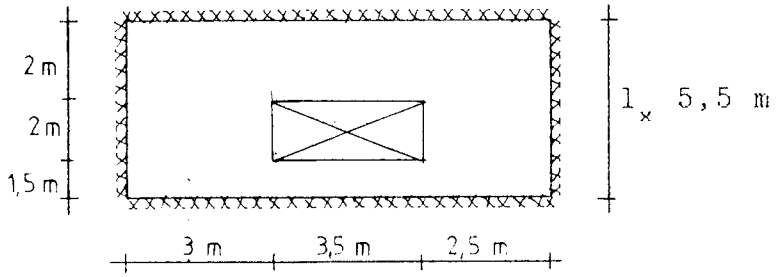
$$As_{min} = \frac{12}{2080} .100.8,7 = 5,0192$$

Diambil As = 5,2325 cm^2,dipakai Ø12 - 20

= 5,655 cm^2 > As

Gambar penulangan lihat lampiran 1.

2. Plat segiempat berlubang, seperti gambar 4.8.



Gambar 4.8.

a_1 = 3,5 m

a_2 = 3,5 m

a_3 = 2,5 m

a_4 = 1,5 m

a_5 = 2 m

a_6 = 2 m

q = 949,6 kg/m^2

Mu = 668,166 Kg m (dari rumus didepan)

$Ml_x = Mt_x$ = 668,166 kg m

$Ml_y = Mt_y$ = 334,083 kg m

a. Penulangan arah l_x (Ml_x dan Mt_x)

Mu = 668,166 kg m

b = 100 cm

ht = 12 cm

d = pb + $\frac{1}{2}$ ϕ tulangan x

= 1,5 + 0,5.1,2 = 2,1 cm

h = ht - d = 9,9 cm

$$Cu = \frac{9,9}{\sqrt{\frac{668,166}{2.0,5.300}}}$$

δ = 0

Diluar tabel Wiratman dipakai q´= 0,0417

$\xi u = 0,958$

$$As_1 = 0,0417 \frac{2.0,5.300}{2080} .100.9,9$$

$$= 5,9542 \text{ cm}^2$$

$$As_2 = \frac{66816,6}{2080.0,958.9,9} = 3,387 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{12}{2080} .100.9,9 = 5,7115$$

Diambil As = 5,9542 cm^2 > A_{min}

As=5,9542cm^2, dipakai ϕ12-12,5 =9,048 cm^2 > As

b. Penulangan arah l_y (Ml_y dan Mt_y)

Mu = 334,083 kg m

b = 100 cm

ht = 12 cm

d = 1,5 + 1 + 0,5 = 3,3 cm

h = ht - d = 8,7 cm

$$Cu = \frac{8,7}{\sqrt{\frac{334,083}{2.0,5.300.1}}} = 8,244$$

$\delta = 0$

Diluar tabel Wiratman didapat, q´ = 0,0417

$\xi u_{max} = 0,958$

Syarat : q´ = 0,060 > q´min = 0,0417

< q´max = 0,2338

$\xi u = 0,940 < \xi u \text{ max} = 0,958$

$As_1 = 0,0417 \frac{2.0,5.300}{2080} 100.8,7 = 5,2325\ cm^2$

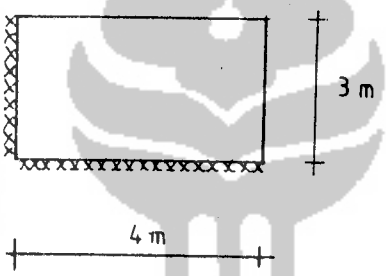
$As_2 = \frac{33408,3}{2080.0,958.8,7} = 1,927\ cm^2$

Diambil As = 5,7115 cm2

As = 5,7115 cm^2, dipakai ϕ12-12,5 = 9,048 cm^2 > As

Gambar penulangan lihat lampiran 2.

3. Plat segi empat kedua sisinya terjepit penuh, seperti gambar 4.9.



$l_x = 3$ m

$l_y = 4$ m

$\frac{l_y}{l_x} = 1,7$

Gambar 4.9.

dari tabel 4.1.5.a. diperoleh :

$el_x = 153$ $et_x = 153$

$el_y = 77$ $et_y = 77$

$Mu = 0,001\ q\ lx^2\ e$

$Ml_x = Mt_x = 0,001.949,6.3^2.153 = 1307,5992$ kg m

$Ml_y = Mt_y = 0,001.949,6.3^2.77 = 680,0728$ kg m

Untuk momen lapangan ditinjau momen negatif, dari tabel 4.1.5.b diperoleh :

$e\ l_x = 17$

$e\ l_y = 9$

$Ml_x = -0,001.949,6.3^2.17 = -145,1888$ kg m

$Ml_y = -0,001.949,6.3^2.9 = -76,7176$ kg m

a. Penulangan arah l_x (Ml_x, Mt_x)

Mu = 1307,5992 kg m

b = 100 cm

ht = 12 cm

d = 2,1 cm h = 9,9 cm

$$Cu = \frac{9,9}{\sqrt{\frac{1307,5992}{2.0,5.300.1}}} = 4,750$$

$\delta = 0$

Dari tabel Wiratman dipakai $q' = 0,0465$

$\xi u = 0,950$

$q' > q_{min}$

$< q_{max}$

$\xi u > \xi u_{max} = 0,958$

$$As_1 = 0,0465 \frac{2.0,5.300}{2080} .100.9,9$$

$= 6,6397 \text{ cm}^2$

$$As_2 = \frac{130759,92}{2080.0,856.9,9} = 7,4138 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{12}{2080} .100.9,9 = 5,7115 \text{ cm}^2$$

Diambil As = 7,4183 cm^2 dipakai ϕ12-12,5

= 9,0480 cm^2 > As

Karena momen negatif lapangan lebih kecil dari pada momen tumpuan maka tulangan negatif lapangan dipakai ϕ12 - 12,5

b. Penulangan arah l_y (Ml_y dan Mt_y)

Mu = 680,0728 kg m

b = 100 cm

ht = 12 cm

d = 3,3 cm

h = 8,7 cm

$$Cu = \frac{8,7}{\sqrt{\frac{680,0728}{2.0,5.300.1}}} = 5,78$$

$\delta = 0$

Dari tabel Wiratman didapat, $q' = 0,0309$

$\xi u = 0,97$

$q' < q'_{min}$ dipakai $q' = 0,0417$

$\xi u > \xi u$ max, $\xi u = 0,958$

$$As_1 = 0,0417 \frac{2.0,5.300}{2080} 100.8,7 = 5,2325 \text{ cm}^2$$

$$As_2 = \frac{68007,28}{2080.0,856.8,7} = 4,3903 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = \frac{12}{2080} . 100.8,7 = 5,0192 \text{ cm}^2$$

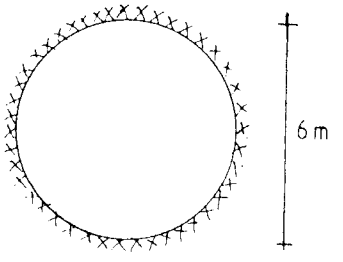
Diambil As = 5,2325 cm^2

dipakai ϕ12 - 20 = 5,6550 cm^2 > As

Karena momen negatif lapangan lebih kecil dari pada momen tumpuan maka tulangan negatif lapangan dipakai ϕ12 - 20

Gambar peulangan lihat lampiran 3.

4. Plat berbentuk lingkaran, seperti gambar 4.10.



$Ml_x = Mt_x = Ml_y = Ml_y$

i = 1

Gambar 4.10

$$M = \frac{1}{6(1+i)} \cdot qR^2$$

$$Mu = \frac{1}{6(1+1)} .949,6.3^2 = 717,20 \text{ kg m}$$

a. Penulangan arah l_x

b = 100 cm

ht = 12 cm

d = 2,1 cm

h = 9,9 cm

$$Cu = \frac{9,9}{\sqrt{\frac{717,20}{2.0,5.300.1}}} = 6,403$$

$\delta = 0$

Diluar tabel Wiratman dipakai $q'_{min} = 0,0417$

$\xi umax = 0,9580$

$$As_1 = 0,0465 \frac{2.0,5.300}{2080} .100.9,9$$

$$= 5,9543 \text{ cm}^2$$

$$As_2 = \frac{71720}{2080.0,856.9,9} = 4,0688 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{12}{2080} .100.9,9 = 5,7115 \text{ cm}^2$$

Diambil As = 5,7115 cm^2 dipakai ϕ12-12,5

= 9,0480 cm^2 > As

b. Penulangan arah l_y

b = 100 cm

ht = 12 cm

d = 3,3 cm

h = 8,7 cm

$$Cu = \frac{8,7}{\sqrt{\frac{717,20}{2.0,5.300.1}}} = 5,627$$

$\delta = 0$

Diluar tabel Wiratman didapat, $q'_{min} = 0,0417$

$\zeta u_{max} = 0,9580$

$$As_1 = 0,0417 \frac{2.0,5.300}{2080} \; 100.8,7 = 5,2325 \text{ cm}^2$$

$$As_2 = \frac{71720}{2080.0,856.8,7} = 4,6300 \text{ cm}^2$$

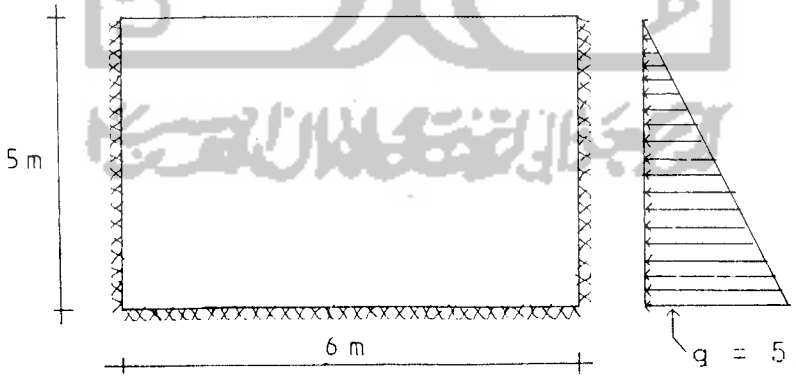
$$As_{min} = \frac{20}{2080} . \; 100.8,7 = 5,0192 \text{ cm}^2$$

Diambil As = 5,2325 cm^2 dipakai $\phi 12$ - 20

= 5,6550 cm^2 > As

Gambar penulangan lihat lampiran 4.

5. PLat seperti no. 1 yang dibebani beban segitiga dimisalkan plat pada penampungan air, $\gamma a = 1^t/m^3$, (gambar 4.11).



= 5000 kg/m^2

Gambar 4.11.

i = 1

$\mu = 0,5$

$$C = \frac{l_y}{l_x} = 1,2$$

$qu = 1,6.q$

$= 1,6.5000$

$= 8000\ kg/m^2$

Dari rumus momen di depan, diperoleh :

$M = 2253,7640\ kg\ m$

$Ml_x = Mt_x = M = 2253,7640\ kg\ m$

$Ml_y = Mt_y = M = 1162,8820\ kg\ m$

a. Penulangan arah l_x (Ml_x, Mt_x)

$Mu = 2253,7640\ kg\ m$

$b = 100\ cm$

$ht = 12\ cm$

$d = pb + \frac{1}{2} . \phi$ tulangan x

$= 1,5 + \frac{1}{2} . 12 = 2,1\ cm$

$h = ht - d = 9,9\ cm$

$$Cu = \frac{9,9}{\sqrt{\frac{2253,7640}{2.0,5.300.1}}} = 3,61$$

$\delta = 0$

Dari tabel Wiratman didapat $q' = 0,084$

$\xi u = 0,916$

Syarat : $q' > q'_{min} = 0,0417$

$< q'_{max} = 0,2338$

$\xi u < \xi u_{max} = 0,958$

$$As_1 = 0,084 \frac{2.0,5.300}{2080} .100.9,9 = 11,9940\ cm^2$$

$$As_2 = \frac{225376,4}{2080.0,916.9,9} = 11,9480\ cm^2$$

$As_{min} = \frac{12}{2080} .100.9,9 = 5,7115\ cm^2$

Diambil As = 11,9940 cm^2 > As_{min}= 5,7115 cm^2

As = 11,9940 cm^2, dipakai ϕ 12 - 9 = 12,5660 cm^2>As

b. Penulangan arah l_y (Ml_y,Mt_y)

Mu = 1126,8820 kg m

b = 100 cm

ht= 12 cm

d = pb + ϕ tulangan x + $\frac{1}{2}$ ϕ tulangan y

= 1,5 + 12 + 0,6 = 3,3 cm

h = ht - d = 8,7 cm

$$Cu = \frac{8,7}{\sqrt{\frac{1126,8820}{2.0,5.300.1}}} = 4,48$$

δ = 0

Dari tabel Wiratman didapat q´ = 0,0525

ξu = 0,948

Syarat : q´ > q'_{min}

< q'_{max}

$\xi u < \xi u_{max}$

$As_1 = 0,0525.\frac{2.0,5.300}{2080} .100.8,7 = 7,5721\ cm^2$

$As_2 = \frac{122688,2}{2080.0,948.8,7} = 6,5688\ cm^2$

$As_{min} = \frac{12}{2080} .100.8,7 = 5,0192\ cm^2$

Diambil As = 7,5721 cm^2 > As_{min}= 5,0192 cm^2

As = 7,5721 cm^2, dipakai ϕ12-12,5 = 9,0478^{2}cm>As

Gambar penulangan lihat lampiran 5.

PERPUSTAKAAN FAKULTAS TEKNIK

4.3. Pembahasan

Metode garis luluh merupakan salah satu alternatif analisis struktur yang dapat digunakan untuk mendapatkan momen-momen perencanaan, dengan mengasumsikan letak keruntuhan plat dengan bentuk dan kondisi sebenarnya.

Plat dengan bentuk dan kondisi perletakan yang beragam, dengan metode garis luluh dapat ditentukan momen keruntuhannya.

Pada umumnya perencanaan plat, dimana semua bahan plat dianggap homogen, misalnya pada struktur beton bertulang biasannya pada hitungan awal membutuhkan besaranbesaran yang kasar sebagai parameter awal yang digunakan untuk melanjutkan keperencanaan selanjutnya. Tetapi untuk perencanaan yang sederhana yang tidak membutuhkan ketelitian tinggi metode ini sangat praktis digunakan, sebab yang ditinjau hanya terbatas padas momen lentur saja, misal pendimensian tulangan pokok hanya membutuhkan masukan momen-momen ekstrim saja.

Perhitungan momen pada plat yang dibebani beban segitiga membutuhkan analisa yang lebih rumit bila dibandingkan dengan yang dibebani beban merata untuk bentuk plat dan kondisi perletakan yang sama, karena harus menggunakan hitung deferensial dan hitung integral.

Dari sebagian bentuk yang momennya dapat ditabelkan ternyata memudahkan perhitungan meomen untuk

pendimensian tulangan karena cukup dengan mencari nilai e dari tabel tanpa harus dengan hitungan yang panjang seperti telah ditunjukkan dalam contoh hitungan di depan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.

Berdasarkan uraian pada pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Metode garis luluh praktis digunakan untuk analisa momen pada berbagai bentuk dan kondisi perletakan.
2. Metode garis luluh tidak dapat digunakan untuk analisa momen yang dikaitkan dengan defleksi dan gaya geser.
3. Pentabelan momen hasil analisa memudahkan perhitungan-perhitungan momen.

5.2. Saran.

1. Untuk perhitungan momen lentur dengan mengabaikan defleksinya dan gaya geser untuk plat yang bentuk dan dukungannya beragam disarankan menggunakan metode garis luluh.
2. Perlu diadakan peninjauan lebih lanjut, momen akibat pengaruh defleksi.
3. Untuk plat yang terjepit elastis pada tumpuannya supaya ditinjau lebih lanjut.

PENUTUP

Demikian uraian yang dapat disampaikan sebagai pembahasan dari Tugas Akhir mengenai Studi Pustaka "Analisis Disain Plat dengan Yield Line Methode" berdasarkan beberapa buku maupun teori dari bangku kuliah.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa pembahasan ini masih jauh dari sempurna, dikarenakan keterbatasan waktu, pengetahuan dan pengalaman baik mengenai ilmu keteknikan itu sendiri maupun tata bahasa dan tulisannya. Untuk itu penyusun selalu berharap kritik dan saran yang bersifat membangun demi sempurnanya pembahasan ini.

Tak lupa penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan demi terselesainya pembahasan ini. Semoga Allah senantiasa melimpahkan RahmatNya sebagai imbalan amal baik yang diberikan selama ini.

Semoga pembahasan ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 NI-2, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 1971.

2. Anonim, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SK SNI T-15-1991-03 Yayasan LPMB, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 1991.

3. Chu-Kia Wang & Charles G. Salmon, Disain Beton Bertulang, (Jilid 2), Erlangga, Jakarta, 1989, alih bahasa Binsar Harianja, M. Eng, Ph.D, Ir.

4. Edward G. Nawy, Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, Eresco, Bandung, 1990, alih bahasa Bambang Suryoatmono, M.c, Ir.

5. George Winter & ARthur H. Nilson, Perencanan Struktur Beton Bertulang, Pradnya Paramita, Jakarta 1993, alih bahasa Tim Penerjemah dan Editor ITB.

6. K.W. Johansen, Yield Line Formulae For Slabs, Cement and Concrete Association, Denmark, 1972.

7. L.L. Jones, Ultimate Load Analysis of Reinforced and Prestressed Concrete Structures, Cement and Concrete Association, 1961.

8. Phil M. Ferguson, Dasar-dasar Beton Bertulang, Erlangga, Jakarta, 1986, alih bahasa Budianto Sutanto, Ir. & Kris Setianto, Ir.

9. R. Park & W.L. Gamble, Reinforced Concrete Slabs, John Wiley & Sons, New York.

10. S. Timosherko & S. Woinowsky - Krieger, Teori Plat dan Cangkang, Erlangga, Jakarta, 1988, alih bahasa S. Hindarko, Ir.

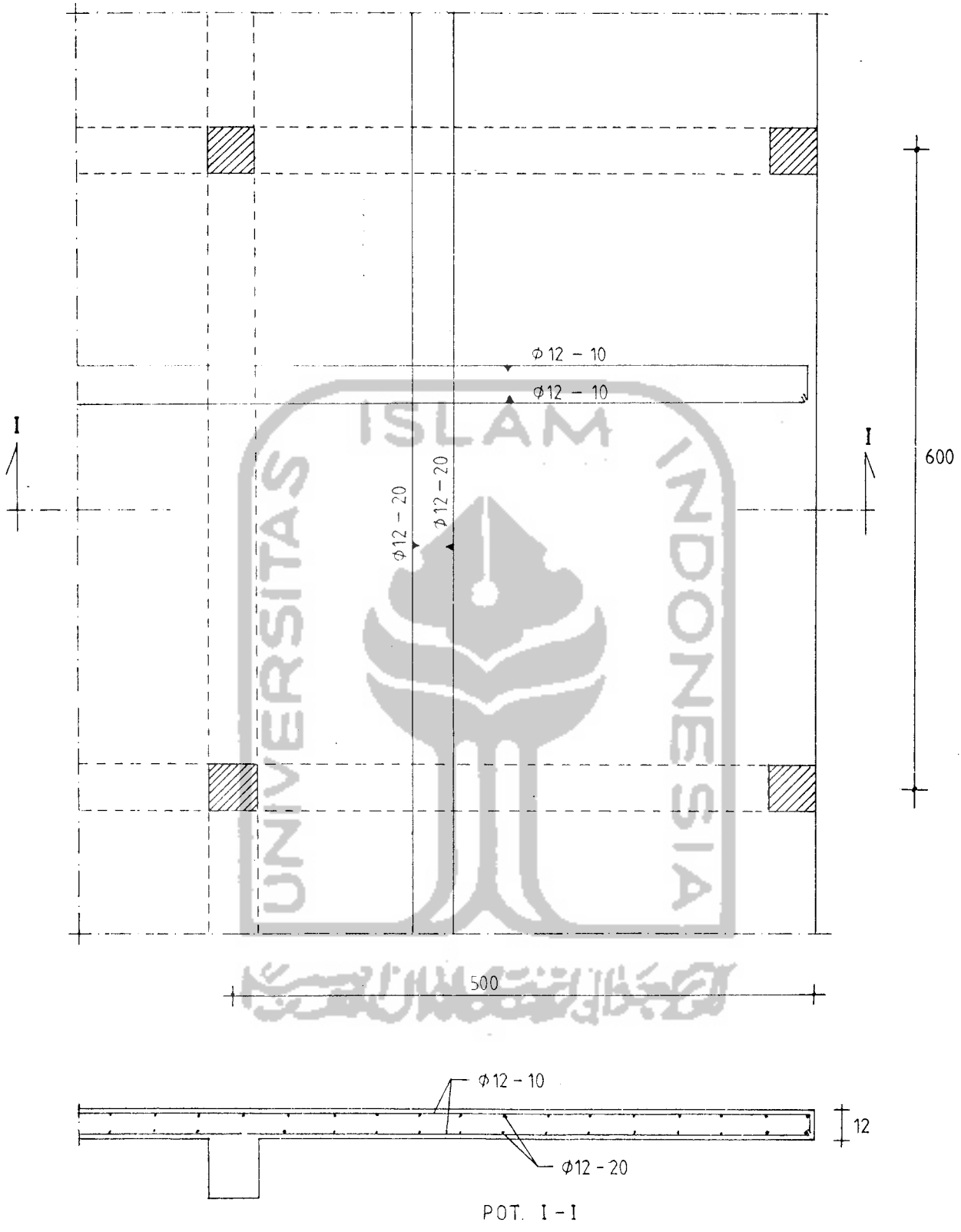
11. V.C. Vis & Gideon Kusuma, Dasar-dasar Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, Erlangga, Jakarta, 1993.

12. V.K. Monica Selvar, Multistory Building & Yield Line Analysis of Slabs, Dhanpat Rai. & Sons, Delhi, 1991.

13. W.H. Mosley & J.H. Bungey, Perencanaan Beton Bertulang, Erlangga, Jakarta, 1984, alih bahasa, Elly Madyayanti, Ir.

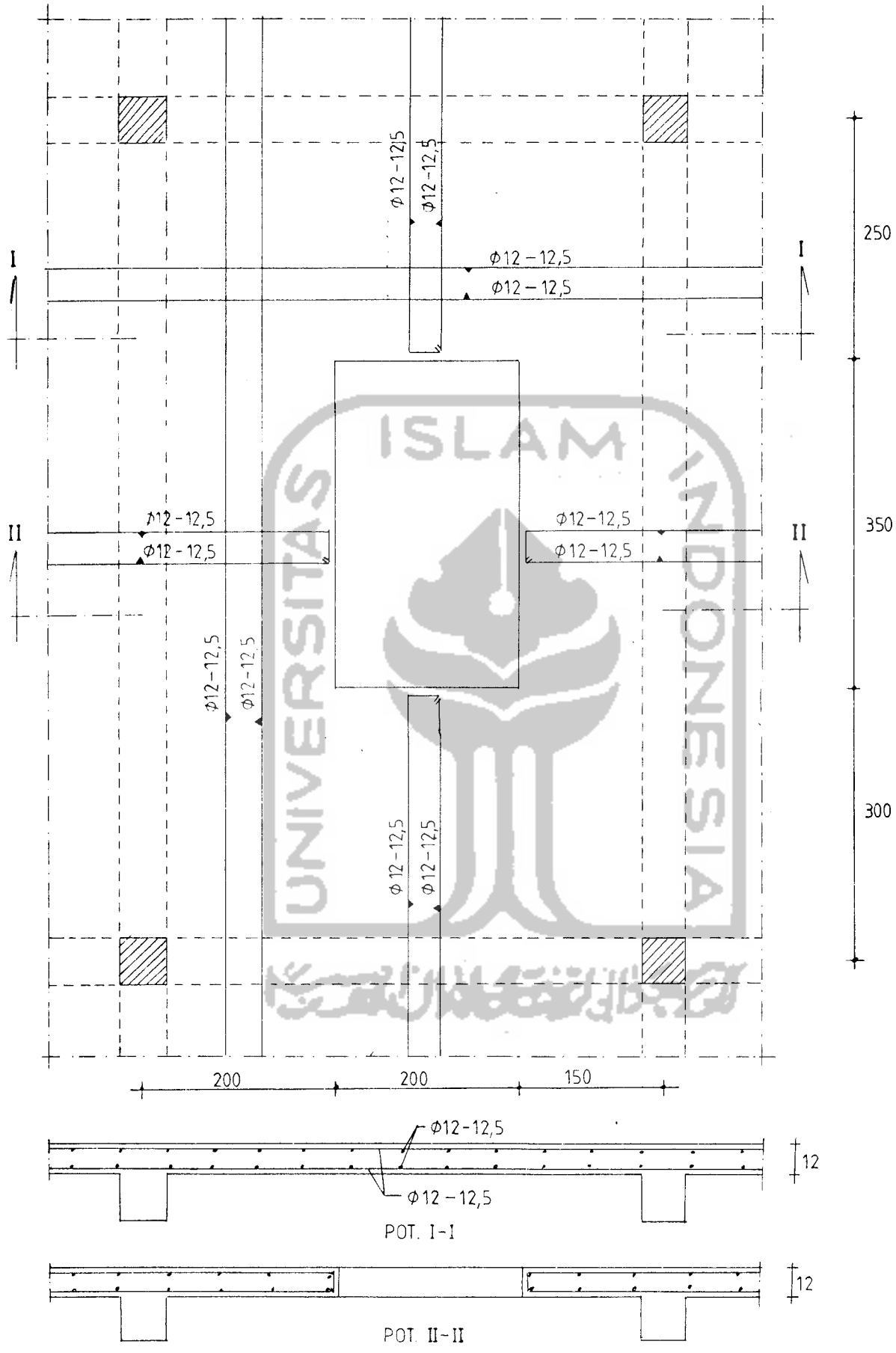
14. Wiratman W, Ir., Ultimate Strength Analisis of Reinforced Concrete Section, Building Research Institute, Bandung, 1972

LAMPIRAN

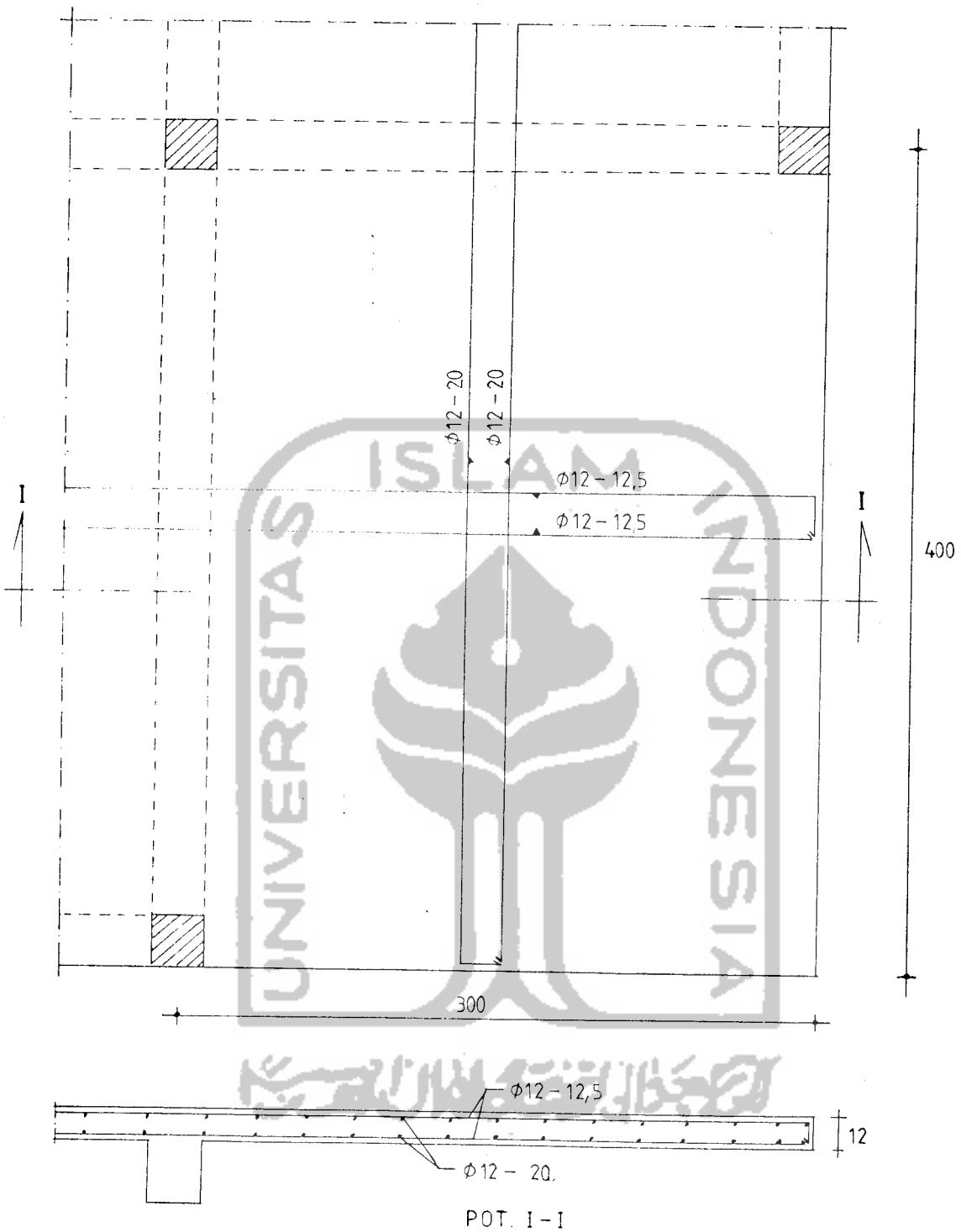


POT. I - I

Penulangan pada plat segi empat yang tiga sisinya terjepit penuh dan satu sisinya bebas, yang dibebani beban terbagi merata.

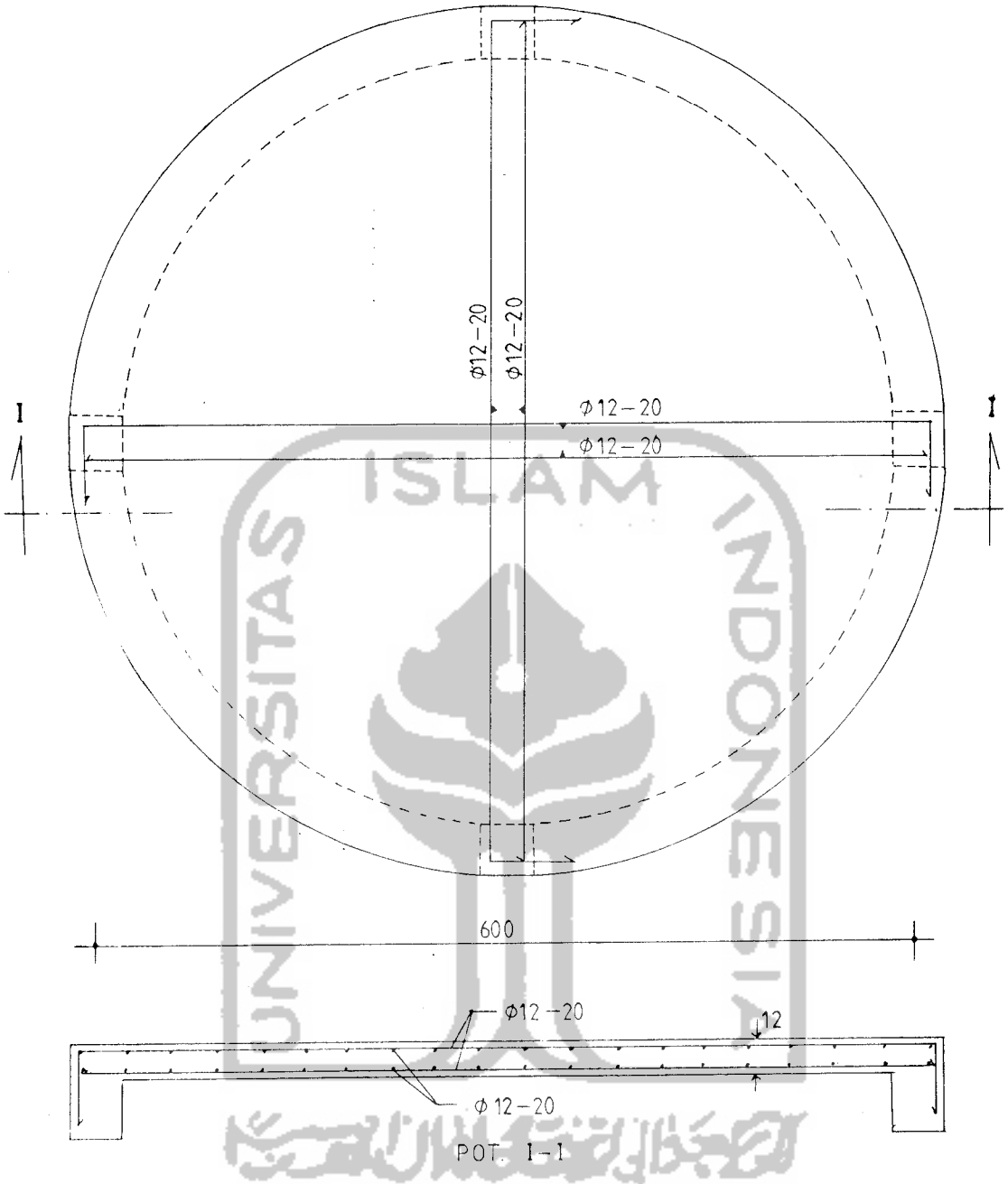


Penulangan pada plat berlubang yang semua sisinya terjepit penuh, yang dibebani beban terbagi merata.

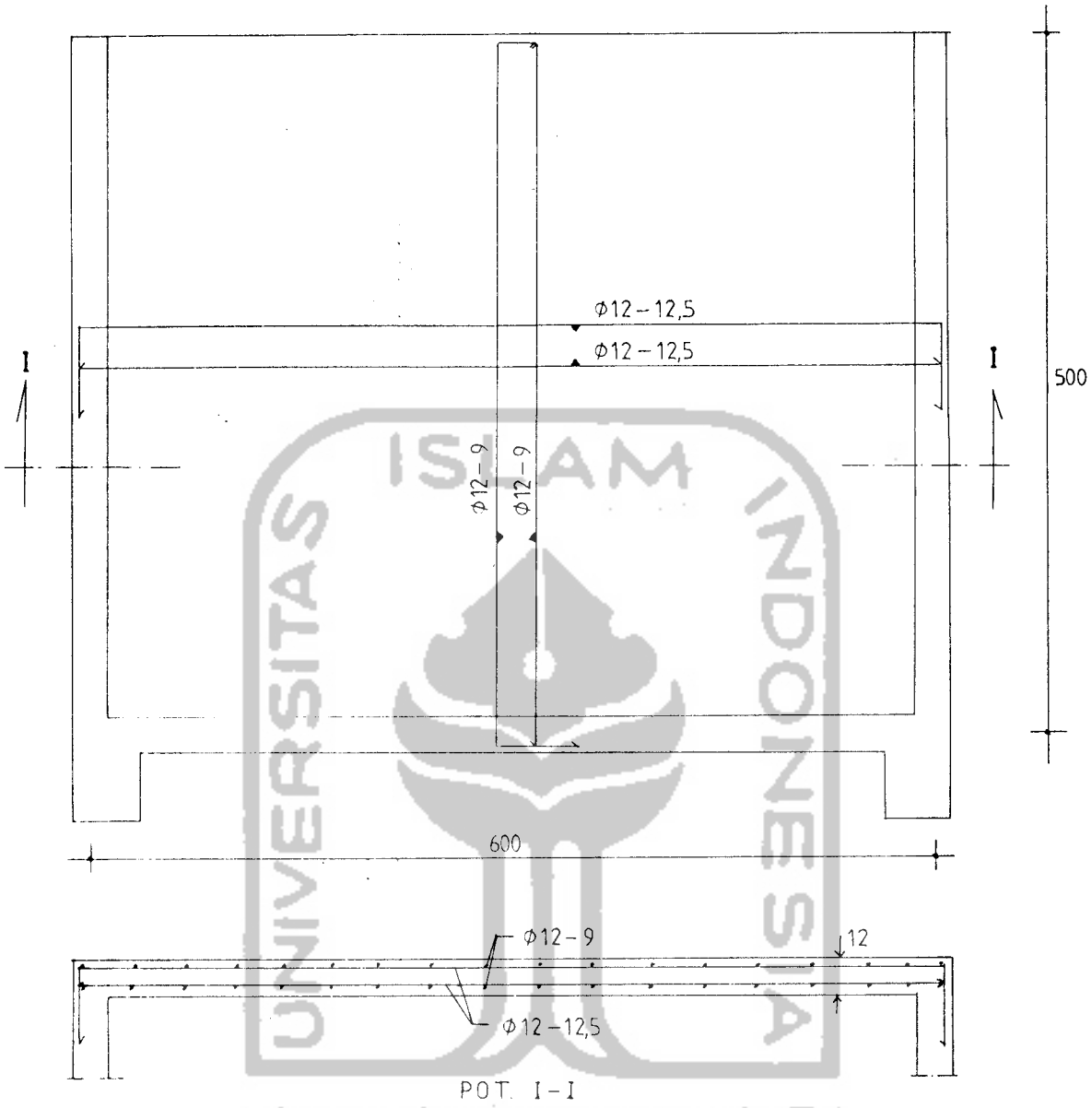


POT. I-I

Penulangan pada plat segi empat yang dua sisinya terjepit penuh dan dua sisi lainnya bebas, yang dibebani beban terbagi merata.



Penulangan pada plat lingkaran yang kesemua sisinya terjepit penuh, yang dibebani beban terbagi merata.



POT. I–I

Penulangan pada plat segi empat yang tiga sisinya terjepit penuh dan satu sisinya bebas, yang dibebani beban segi tiga.

TABEL UNTUK CARA KEKUATAN BATAS
(oleh ir. Wiratman)

$\delta = 0$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ζ	q'	Cu
.055	.069	13.545	0	.972	.0275	6.12
.058	.073	12.793	0	.971	.029	5.96
.06	.075	12.333	0	.97	.03	5.86
.063	.079	11.698	0	-969	.0315	5.72
.065	.081	11.308	0	-968	.0325	5.64
.068	.085	10.765	0	.966	.034	5.52
.07	.088	10.429	0	.965	.035	5.44
.073	.091	9.959	0	.954	.0365	5.33
.075	.094	9.667	0	.962	.0375	5.26
.078	.097	9.256	0	.961	.039	5.17
.08	.1	9.0	0	.96	.04	5.1
.083	.104	8.639	0	.959	.0415	5.01
.085	.106	8.412	0	.958	.0425	4.96
.088	.11	8.091	0	.956	.044	4.88
.090	.112	7.889	0	.955	.045	4.82
.093	.116	7.602	0	.954	.0465	4.75
.095	.119	7.421	0	.952	.0475	4.7
.098	.122	7.163	0	.951	.049	4.63
.100	.125	7.0	0	.95	.05	4.59
.103	.129	6.767	0	.949	.0515	4.52
.105	.131	6.619	0	.948	.0525	4.48
.108	.135	6.407	0	.946	.054	4.42
.110	.138	6.273	0	.945	.055	4.39
.113	.141	6.08	0	.944	.0565	4.33
.115	.144	5.957	0	.943	.0575	4.29
.118	.148	5.78	0	.941	.059	4.24
.120	.150	5.667	0	.94	.06	4.21
.123	.154	5.504	0	.939	.0615	4.16
.125	.156	5.4	0	.938	.0625	4.13
.128	.16	5.25	0	.936	.064	4.09
.130	.163	5.154	0	.935	.065	4.06
.133	.166	5.015	0	.934	.0665	4.01
.135	.69	4.926	0	.933	.0675	3.98
.138	.173	4797	0	.931	.069	3.95
.140	.175	4.714	0	.930	.070	3.92
.143	.179	4.594	0	.929	.0715	3.88
.145	.181	4.517	0	.928	.0725	3.86
.147	.185	4.405	0	.926	.074	3.82
.150	.188	4.333	0	.925	.075	3.8
.153	.191	4.229	0	.924	.0765	3.76
.155	.194	4.161	0	.923	.0775	3.74
.158	.198	4.063	0	.921	.079	3.71
.160	.20	4.0	0	.920	.080	3.69
.163	.204	3.908	0	.918	.0815	3.66
-165	.206	3.848	0	.918	.0825	3.63
.168	.21	3.762	0	.916	.084	3.61
.170	.213	3.706	0	.915	.085	3.69
.173	.216	3.624	0	.914	.0865	3.56
.175	.219	3.571	0	.913	.0875	3.54
.178	.2220	3.494	0	.911	.089	3.51

$\delta = 0$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ξ_u	q'	Cu
.180	.225	3.444	0	.910	.090	3.49
.185	.229	3.372	0	.909	.0915	3.47
.185	.231	3.324	0	.908	.0925	3.45
.188	.235	3.255	0	.906	.094	3.43
.190	.238	3.211	0	.905	.095	3.41
.193	.241	3.145	0	.904	.0965	3.39
.195	.244	3.103	0	.903	.0975	3.37
.198	.248	3.04	0	.901	.099	3.35
.200	.250	3	0	.90	.10	3.33
.203	.254	2.941	0	.899	.1015	3.31
.205	.25	2.902	0	.898	.1025	3.3
.208	.26	2.846	0	.896	.1040	3.28
.21	.262	2.81	0	.895	.105	3.26
.213	.266	2.756	0	.894	.1065	3.24
.215	.269	2.721	0	.893	.1075	3.23
.218	.272	2.67	0	.891	.109	3.21
.220	.275	2.636	0	.890	.110	3.2
.223	.279	2.587	0	.889	.1115	3.18
.225	.281	2.556	0	.888	.1125	3.16
.228	.285	2.509	0	.886	.114	3.15
.230	.287	2.478	0	.885	.115	3.13
.233	.291	2.433	0	.884	.1165	3.12
.235	.294	2.404	0	.883	.1175	3.1
.238	.297	2.361	0	.881	.119	3.09
.240	.300	2.333	0	.880	.120	3.08
.243	.304	2.292	0	.879	.1215	3.06
.245	.306	2.265	0	.878	.1225	3.05
.248	.310	2.226	0	.876	.124	3.03
.250	.312	2.200	0	.876	.125	3.02
.253	.316	2.162	0	.874	.1265	3.01
.255	.319	2.137	0	.873	.1275	3.0
.258	.322	2.101	0	.871	.129	2.98
.260	.325	2.077	0	.870	.130	2.97
263	.329	2.042	0	.869	.1315	2.96
.265	.331	2.019	0	.868	.1325	2.95
.268	.335	1.985	0	.866	.134	2.94
.270	.337	1.963	0	.865	.135	2.93
.273	.341	1.930	0	.864	.1365	2.91
.275	.344	1.909	0	.863	.1375	2.90
.278	.347	1.878	0	.861	.139	2.89
.280	.35	1.857	0	.86	.14	2.88
.283	.354	1.827	0	.859	.1415	2.87
.285	.336	1.807	0	.858	.1425	2.86
.288	.36	1.778	0	.856	.144	2.85
.290	.363	1.759	0	.855	.145	2.84
.293	.366	1.73	0	.854	.1465	2.83
.295	.369	1.712	0	.853	.1475	2.82
.298	.372	1.685	0	.851	.149	2.81
.300	.375	1.667	0	.850	.150	2.800
.303	.379	1.64	0	.849	.1515	2.79
.305	.381	1.623	0	.848	.1525	2.78
.308	.385	1.597	0	.846	.154	2.77
.310	.387	1.581	0	.845	.155	2.76
.313	.391	1.556	0	.844	.1565	2.75
.315	.394	1.54	0	.843	.1575	2.74

$\delta = 0$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ζ_u	q'	Cu
.318	.397	1.516	0	.841	.159	2.73
.320	.4	1.5	0	.84	.16	2.73
.323	.404	1.477	0	.839	.1615	2.72
.325	.406	1.462	0	.838	.1625	2.71
.328	.41	1.439	0	.836	.164	2.7
.330	.412	1.424	0	.835	.165	2.69
.333	.416	1.402	0	.834	.1665	2.68
.335	.419	1.388	0	.833	.1675	2.68
.338	.422	1.367	0	.831	.169	2.67
.340	.425	1.353	0	.830	.170	2.66
.342	.429	1.332	0	.829	.1715	2.65
.345	.431	1.319	0	.828	.1725	2.65
.348	.435	1.299	0	.826	.174	2.64
.350	.437	1.286	0	.825	.175	2.65
.353	.441	1.266	0	.824	.1765	2.62
.355	.444	1.254	0	.823	.1775	2.62
.358	.447	1.235	0	.821	.179	2.61
.36	.45	1.222	0	.820	.180	2.60
.363	.454	1.204	0	.819	.1815	2.59
.365	.456	1.192	0	.818	.1825	2.59
.368	.460	1.174	0	.816	.184	2.58
.370	.462	1.162	0	.815	.185	2.58
.373	.466	1.145	0	.814	.1865	2.57
.375	.469	1.133	0	.813	.1875	2.56
.378	.472	1.116	0	.811	.189	2.55
.380	.475	1.105	0	.81	.19	2.55
.383	.479	1.089	0	.809	.1915	2.54
.385	.481	1.078	0	.808	.1925	2.54
.388	.485	1.062	0	.806	.194	2.53
.390	.488	1.051	0	.805	.195	2.52
.393	.491	1.036	0	.804	.1965	2.52
.395	.494	1.025	0	.803	.1975	2.51
.398	.497	1.01	0	.801	.199	2.51
.400	.500	1.0	0	.800	.200	2.50
.403	.504	.985	0	.799	.2015	2.49
.405	.506	.975	0	.798	.2025	2.49
.408	.510	.961	0	.796	.204	2.48
.410	.513	.951	0	.795	.205	2.48
.413	.516	.937	0	.794	.2065	2.47
.415	.519	.928	0	.793	.2075	2.47
.418	.523	.914	0	.791	.209	2.46
.420	.525	.905	0	.790	.210	2.46
.423	.529	.891	0	.789	.2115	2.45
.425	.531	.882	0	.788	.2125	2.44
.428	.535	.869	0	.786	.214	2.44
.430	.538	.860	0	.785	.215	2.43
.433	.541	.848	0	.784	.2165	2.43
.435	.544	.839	0	.783	.2175	2.42
.438	.547	.826	0	.781	.219	2.42
.440	.550	.818	0	.780	.220	2.41

$\delta = 0$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ξ	q'	Cu
.443	.554	.806	0	.779	.2215	2.41
.445	.556	.798	0	.778	.2225	2.40
.448	.560	.786	0	.776	.224	2.40
.450	.563	.778	0	.775	.225	2.39
.453	.566	.766	0	.774	.2265	2.39
.455	.569	.758	0	.773	.2275	2.38
.458	.573	.747	0	.771	.229	2.38
.460	.575	.739	0	.770	.230	2.38
.465	.579	.728	0	.769	.2315	2.37
.465	.581	.720	0	.768	.2325	2.37
.468	.585	.709	0	.766	.234	2.36
.470	.587	.702	0	.765	.235	2.36
.473	.591	.691	0	.764	.2365	2.35
.478	.597	.674	0	.761	.239	2.34
.480	.600	.667	0	.76	.24	2.34
.483	.604	.656	0	.759	.2415	2.34
.485	.606	.649	0	.758	.2425	2.33
.488	.610	.639	0	.756	.244	2.33
.490	.613	.633	0	.755	.245	2.33
.493	.616	.623	0	.754	.2465	2.32
.495	.619	.616	0	.753	.2475	2.32
.498	.623	.606	0	.751	.249	2.31
.500	.625	.600	0	.750	.250	2.31
.530	.663	.509	0	.735	.265	2.27
.550	.688	.455	0	.725	.275	2.24

$\delta = 0,2$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ξ	q'	Cu
.055	.069	13.545	-.455	.958	.03437	5.51
.058	.073	12.793	-.379	.957	.03625	5.37
.060	.075	12.3333	-.333	.956	.0375	5.28
.063	.078	11.698	-.27	.955	.03938	5.16
.065	.081	11.308	-.231	.954	.04062	5.08
.068	.085	10.765	-.176	.953	.0425	4.97
.070	.088	10.429	-.143	.952	.04375	4.90
.073	.091	9.959	-.096	.951	.04562	4.8
.075	.094	9.667	-.067	.950	.04687	4.74
.078	.097	9.256	-.026	.949	.04875	4.65
.080	.100	9.0	0	.948	.05	4.59
.083	.104	8.639	.036	.947	.05187	4.51
.085	.106	8.412	.059	.946	.05313	4.46
.088	.110	8.091	.091	.945	.055	4.39
.090	.112	7.889	.111	.944	.05625	4.34
.093	.116	7.602	.140	.943	.05813	4.27
.095	.119	7.421	.158	.942	.05937	4.23
.098	.122	7.163	.184	.941	.06125	4.17
.100	.125	7.0	.200	.940	.0625	4.13
.103	.129	6.767	.223	.939	.06438	4.07

$\delta = 0,2$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	φ	q'	Cu
.105	.131	6.619	.238	.938	.06562	4.03
.108	.135	6.407	.259	.937	.0675	3.98
.110	.138	6.273	.273	.936	.06875	3.94
.113	.141	6.08	.292	.935	.07063	3.89
.115	.144	5.957	.304	.934	.07188	3.86
.118	.148	5.78	.322	.933	.07375	3.81
.120	.150	5.667	.333	.932	.075	3.78
.123	.154	5.504	.350	.931	.07688	3.74
.125	.156	5.400	.360	.930	.07813	3.71
.128	.160	525	.375	.929	.080	3.67
.130	.163	5.154	.385	.928	.08125	3.64
.133	.166	5.015	.398	.927	.08313	3.60
.135	.169	4.926	.407	.926	.08438	3.58
.138	.173	4.797	.420	.925	.08625	3.54
.140	.175	4.714	.429	.924	.0875	3.52
.143	.179	4.594	.441	.923	.08938	3.48
.145	.181	4.517	.448	.922	.09063	3.46
.148	.185	4.405	.459	.921	.0925	3.43
.150	.188	4.333	.467	.920	.09375	3.41
.153	.191	4.229	.477	.919	.09563	3.37
.155	.194	4.161	.484	.918	.09687	3.35
.158	.198	4.063	.494	.917	.09875	3.32
.160	.200	4.0	.500	.916	.100	3.30
.163	.204	3.908	.509	.915	.10188	3.28
.163	.206	3.848	.515	.914	.10313	3.26
.168	.210	3.762	.524	.913	.105	3.23
.170	.213	3.706	.529	.912	.10625	3.21
.173	.216	3.624	.538	.911	.10812	3.19
.175	.219	3.571	.564	.910	.10938	3.17
.178	.222	3.494	.551	.909	.11125	3.14
.180	.225	3.444	.556	.908	.1125	3.13
.183	.229	3.372	.563	.907	.11437	3.10
.185	.231	3.325	.568	.906	.11563	3.09
.188	.235	3.255	.574	.905	.1175	3.07
.190	.238	3.211	.579	.904	.11875	3.05
.193	.241	3.145	.585	.903	.12062	3.03
.195	.244	3.103	.590	.902	.12188	3.02
.198	.248	3.04	.596	.901	.12375	2.99
.200	.250	3.0	.600	.900	.125	2.98
.203	.254	2.941	.606	.899	.12687	2.96
.205	.256	2.902	.610	.898	.12687	2.95
.208	.260	2.846	.615	.897	.130	2.93
.210	.262	2.81	.619	.896	.13125	2.92
.213	.266	2.756	.624	.895	.13312	2.90
.215	.269	2.721	.628	.894	.13438	2.89
.218	.272	2.67	.633	.893	.13625	2.87
.220	.275	2.636	.636	.892	.1375	2.86
.223	.279	2.587	.641	.891	.13937	2.84
.225	.281	2.556	.644	.890	.14062	2.83
.228	.285	2.509	.649	.889	.1425	2.81

$\delta = 0,2$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ξ	q'	Cu
.230	.287	2.478	.652	.888	.14375	2.80
.233	.291	2.433	.657	.887	.14562	2.78
.235	.294	2.404	.660	.886	.14687	2.77
.238	.297	2.361	.664	.885	.14875	2.76
.240	.300	2.333	.667	.884	.150	2.75
.243	.304	2.292	.671	.883	.15187	2.73
.243	.306	2.265	.673	.882	.15312	2.72
.248	.310	2.226	.677	.881	.155	2.71
.250	.312	2.2	.68	.88	.15625	2.70
.253	.316	2.162	.684	.879	.15812	2.68
.255	.319	2.137	.686	.878	.15937	2.67
.258	.322	2.101	.690	.877	.16125	2.66
.260	.325	2.077	.692	.876	.1625	2.65
.263	.329	2.042	.696	.875	.16437	2.64
.265	.331	2.019	.698	.874	.16563	2.63
.268	.335	1.985	.701	.873	.1675	2.62
.270	.337	1.963	.704	.872	.16865	2.61
.273	.341	1.930	.707	.871	.17062	2.59
.275	.344	1.909	.709	.870	.17187	2.59
.278	.347	1.878	.712	.869	.17375	2.57
.280	.350	1.857	.714	.868	.175	2.57
.285	.357	1.827	.717	.867	.17687	2.55
.285	.356	1.807	.719	.866	.17812	2.55
.288	.360	1.778	.722	.865	.180	2.53
.290	.363	1.759	.724	.864	.18125	2.53
.293	.366	1.73	.727	.863	.18312	2.52
.295	.369	1.712	.729	.862	.18437	2.51
.298	.372	1.685	.732	.861	.18625	2.50
.300	.375	1.667	.733	.861	.1875	2.49
.303	.379	1.640	.736	.859	.18937	2.48
.305	.381	1.623	.738	.858	.19062	2.47
.308	.385	1.597	.740	.857	.1925	2.46
.310	.387	1.581	.742	.856	.19375	2.46
.313	.391	1.556	.744	.855	.19562	2.45
.315	.394	1.54	.746	.854	.19688	2.44
.318	.397	1.516	.746	.853	.19875	2.43
.320	.400	1.500	.750	.852	.200	2.42
.323	.404	1.477	.752	.851	.20187	2.41
.325	.406	1.462	.754	.850	.20312	2.41
.328	.410	1.439	.756	.849	.205	2.40
.330	.412	1.424	.758	.848	.20625	2.39
.333	.416	1.402	.760	.847	.20812	2.38
.335	.419	1.388	.761	.846	.20937	2.38
.338	.422	1.367	.763	.845	.21125	2.37
.340	.425	1.353	.763	.844	.2125	2.36
.343	.429	1.332	.767	.843	.21437	2.35
.345	.431	1.319	.768	.842	.21562	2.35
.348	.435	1.299	.770	.841	.2175	2.34
.350	.437	1.286	.771	.840	.21875	2.33
.353	.441	1.266	.773	.839	.22062	2.32

$\delta = 0,2$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ξ	q'	Cu
.355	.444	1.254	.775	.838	.22187	2.32
.358	.447	1.235	.777	.837	.22375	2.31
.360	.450	1.222	.778	.836	.225	2.31
.363	.454	1.204	.780	.835	.22687	2.30
.365	.456	1.192	.781	.834	.22812	2.29
.368	.460	1.174	.783	.833	.230	2.28
.370	.462	1.162	.784	.832	.23125	2.28
.373	.466	1.145	.786	.831	.23312	2.27
.375	.469	1.133	.787	.830	.23437	2.27
.378	.472	1.116	.788	.829	.2375	2.26
.383	.479	1.089	.791	.827	.23937	2.25
.385	.481	1.078	.792	.826	.24062	2.24
.388	.485	1.062	.794	.825	.2425	2.24
.390	.488	1.051	.795	.824	.24375	2.23
.393	.491	1.036	.796	.823	.24562	2.22
.395	.494	1.025	.797	.822	.24687	2.22
.398	.497	1.01	.799	.821	.24875	2.21
.400	.500	1.0	.800	.820	.2500	2.21
.403	.504	.985	.801	.819	.25187	2.20
.405	.506	.975	.802	.818	.25313	2.20
.408	.510	.961	.804	.817	.255	2.19
.410	.513	.951	.805	.816	.25625	2.19
.413	.516	.937	.806	.815	.25812	2.18
.415	.519	.928	.807	.814	.25938	2.18
.418	.523	.914	.809	.813	.26125	2.17
.420	.525	.906	.810	.812	.2625	2.17
.423	.529	.891	.811	.811	.26438	2.16
.425	.531	.882	.812	.810	.26563	2.16
.428	.535	.869	.813	.809	.2675	2.15
.430	.538	.860	.814	.808	.26875	2.15
.433	.541	.848	.815	.807	.27063	2.14
.435	.544	.837	.816	.806	.27188	2.14
.438	.547	.826	.817	.805	.27375	2.13
.440	.550	.818	.818	.804	.2750	2.13
.443	.554	.806	.819	.803	.27688	2.12
.448	.560	.786	.821	.801	.280	2.11
.450	.563	.778	.822	.800	.28125	2.11
453	.566	.766	.823	.799	.28312	2.10
.455	.569	.758	.824	.798	.28438	2.10
.458	.573	.747	.825	.797	.28625	2.09
.460	.575	.739	.826	.796	.2875	2.09
.463	.579	.728	.827	.795	.28937	2.08
.465	.581	.720	.828	.794	.29063	2.08
.46	.585	.709	.829	.793	.2925	2.08
.47	.587	.702	.830	.792	.29375	2.07
.473	.591	.691	.831	.791	.29563	2.07
.478	.597	.674	.833	.789	.29875	2.06
.480	.600	.667	.833	.788	.300	2.06
.483	.604	.656	.834	.787	.30188	2.05
.485	.606	.649	.835	.786	.30313	2.05
.488	.610	.639	.836	.785	.305	2.04
.490	.613	.633	.837	.784	.30625	2.04
.493	.616	.623	.838	.783	.30813	2.04

$\delta = 0,2$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	φ	q'	C
.495	.619	.616	.838	.782	.30937	2.03
.498	.623	.606	.839	.781	.31125	2.03
.500	.625	.600	.840	.780	.3125	2.03
.530	.663	.509	.849	.768	.33125	1.98
.550	.688	.455	.855	.760	.344375	1.96

$\delta = 0,4$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	φ	q'	Cu
.055	.069	13.545	-.455	.944	.04583	4.81
.058	.073	12.793	-.379	.943	.04833	4.68
.060	.075	12.333	-.333	.942	.050	4.61
.063	.079	11.698	-.27	.941	.0525	4.50
.065	.081	11.308	-.231	.941	.05417	4.43
.068	.085	10.765	-.176	.940	.05667	4.33
.070	.088	10.429	-.143	.939	.05833	4.27
.073	.091	9.959	-.096	.935	.06083	4.19
.075	.094	9.667	-.067	.938	.0625	4.13
.078	.097	9.256	-.026	.937	.065	4.05
.080	.100	9.00	0	.936	.06667	4.0
.083	.104	8.639	.036	.935	.06917	3.93
.085	.106	8.412	.059	.935	.07083	3.89
.088	.110	8.091	.091	.934	.07333	3.82
.090	.112	7.889	.111	.933	.075	3.78
.093	.116	7.602	.140	.932	.0775	3.72
.095	.119	7.421	.158	.932	.07917	3.68
.098	.122	7.163	.184	.931	.08167	3.63
.100	.125	7.0	.200	.930	.08333	3.59
.103	.129	6.767	.223	.929	.08583	3.54
.105	.131	6.619	.238	.929	.0875	3.51
.108	.135	6.407	.259	.928	.090	3.46
.110	.138	6.273	.273	.925	.09167	3.43
.113	.141	6.08	.292	.926	.09417	3.39
.115	.144	5.957	.304	.925	.09583	3.36
.118	.148	5.78	.322	.925	.09833	3.32
.120	.150	5.667	.333	.924	.100	3.29
.123	.154	5.504	.350	.923	.1025	3.25
.125	.156	5.400	.360	.922	.10417	3.23
.128	.160	5.25	.375	.922	.10667	3.19
.130	.163	5.154	.385	.921	.10833	3.17
.133	.166	5.015	.398	.920	.11083	3.13
.135	.169	4.926	.407	.919	.1125	3.11
.138	.173	4.797	.420	.919	.1150	3.08
.140	.175	4.714	.429	.918	.11667	3.06
.143	.179	4.594	.441	.917	.11917	3.03
.145	.181	4.517	.448	.917	.12083	3.00
.148	.185	4.405	.459	.916	.12333	2.98
.150	.188	4.333	.467	.915	.125	2.96
.153	.191	4.229	.477	.914	.1275	2.93

$\delta = 0,4$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	φ	q'	Cu
.155	.194	4.161	.484	.914	.12917	2.91
.158	.198	4.063	.494	.913	.13167	2.88
.160	.200	4.0	.500	.912	.1333	2.87
.163	.204	3.908	.509	.911	.13583	2.84
.165	.206	3.848	.515	.911	.1375	2.83
.168	.210	3.762	.524	.910	.140	2.80
.170	.213	3.706	.529	.909	.14167	2.79
.173	.216	3.624	.538	.908	.14417	2.76
.175	.219	3.571	.543	.908	.14583	2.75
.178	.222	3.494	.551	.907	.14833	2.73
.180	.225	3.444	.556	.906	.150	2.71
.183	.229	3.372	.563	.905	.1525	2.69
.185	.231	3.325	.568	.905	.15417	2.68
.188	.235	3.255	.574	.904	.15667	2.66
.190	.238	3.211	.579	.579	.15833	2.64
.193	.241	3.145	.585	.902	.16083	2.63
.193	.244	3.103	.590	.902	.1625	2.61
.198	.248	3.04	.596	.901	.165	2.59
.200	.25	3.0	.600	.900	.16667	2.58
.203	.254	2.941	.606	.899	.16917	2.56
.205	.256	2.902	.610	.898	.17083	2.55
.208	.260	2.846	.615	.898	.17333	2.53
.210	.262	2.81	.619	.897	.175	2.52
.213	.266	2.756	.624	.896	.1775	2.51
.215	.269	2.721	.628	.896	.17917	2.50
.218	.272	2.67	.633	.895	.18167	2.48
.220	.275	2.636	.636	.894	.18333	2.47
.223	.279	2.587	.641	.834	.18583	2.45
.225	.281	2.556	.644	.893	.1875	2.44
.228	.285	2.509	.649	.892	.190	2.43
.230	.287	2.478	.652	.891	.19167	2.42
.233	.291	2.433	.657	.890	.19417	2.41
.235	.294	2.404	.660	.890	.19583	2.40
.238	.297	2.361	.664	.889	.19833	2.38
.240	.300	2.333	.667	.888	.200	2.37
.243	.304	2.292	.671	.887	.2025	2.36
.245	.306	2.265	.673	.887	.20417	2.35
.248	.310	2.226	.677	.886	.20667	2.34
.250	.312	2.2	.680	.884	.21083	2.33
.253	.316	2.162	.684	.884	.21083	2.32
.255	.319	2.137	.686	.884	.2125	2.31
.258	.322	2.101	.690	.883	.215	2.30
.260	.325	2.077	.692	.882	.21667	2.29
.263	.329	2.042	.696	.881	.21917	2.28
.265	.331	2.019	.698	.881	.22083	2.27
.268	.335	1.985	.701	.880	.22333	2.26
.270	.337	1.963	.704	.879	.225	2.25
.273	.341	1.93	.707	.878	.2275	2.24
.275	.344	1.909	.709	.878	.22917	2.23
.278	.347	1.878	.712	.877	.23167	2.22
.280	.350	1.857	.714	.876	.2333	2.21
.283	.354	1.827	.717	.875	.23583	2.20
.285	.356	1.807	.719	.875	.2375	2.19
.228	.360	1.778	.722	.874	.240	2.18
.290	.363	1.759	.724	.873	.24167	2.18

$\delta = 0,4$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	φ	q'	Cu
.293	.366	1.73	.727	.872	.24417	2.17
.295	.369	1.712	.729	.871	.24583	2.16
.298	.372	1.685	.732	.871	.24833	2.15
.300	.375	1.667	.733	.870	.250	2.14
.303	.379	1.64	.736	.869	.2525	2.13
.305	.381	1.623	.738	.868	.25417	2.13
.308	.385	1.598	.740	.868	.25667	2.12
.310	.387	1.581	.742	.867	.25833	2.11
.313	.391	1.556	.744	.866	.26083	2.10
.315	.394	1.54	.746	.865	.2625	2.10
.318	.397	1.516	.748	.865	.265	2.09
.320	.400	1.500	.750	.864	.26667	2.08
.323	.404	1.477	.752	.863	.26917	2.07
.325	.406	1.462	.754	.863	.27083	2.07
.328	.410	1.439	.756	.862	.27333	2.06
.330	.412	1.424	.758	.861	.275	2.06
.333	.416	1.402	.760	.860	.2775	2.05
.335	.419	1.388	.761	.860	.27917	2.04
.338	.422	1.367	.763	.859	.28167	2.03
.340	.425	1.353	.765	.858	.28333	2.03
.345	.429	1.332	.767	.857	.28583	2.02
.345	.431	1.319	.768	.857	.2875	2.01
.348	.435	1.299	.770	.856	.290	2.01
.350	.437	1.286	.771	.855	.29167	2.00
.353	.441	1.266	.773	.854	.29417	2.00
.355	.444	1.254	.775	.854	.29583	1.99
.358	.447	1.235	.777	.853	.29833	1.98
.360	.450	1.222	.778	.852	.300	1.98
.363	.454	1.204	.780	.851	.3025	1.97
.365	.456	1.192	.781	.851	.30417	1.97
.368	.460	1.174	.783	.850	.30667	1.96
.370	.462	1.162	.784	.849	.30833	1.95
.373	.466	1.145	.786	.848	.31083	1.95
.375	.469	1.133	.787	.847	.3125	1.94
.378	.472	1.116	.788	.847	.315	1.94
.380	.475	1.105	.789	.846	.31667	1.93
.383	.479	1.089	.791	.845	.31917	1.93
.385	.481	1.078	.792	.844	.32083	1.92
.388	.485	1.062	.794	.844	.32333	1.91
.393	.491	1.036	.796	.842	.3275	1.9
.395	.494	1.025	.797	.842	.32917	1.90
.398	.497	1.01	.799	.841	.33167	1.89
.400	.500	1.0	.800	.84	.3333	1.89
.403	.504	.985	.801	.839	.33583	1.88
.405	.506	.975	.802	.839	.3375	1.88
.408	.510	.961	.804	.838	.340	1.87
.410	.513	.951	.805	.837	.34167	1.87
.413	.516	.937	.806	.836	.34417	1.86
.415	.519	.928	.807	.836	.34583	1.86
.418	.523	.914	.809	.835	.34833	1.85
.420	.525	.905	.810	.834	.350	1.85
.423	.529	.891	.811	.833	.3525	1.85
.425	.531	.882	.812	.833	.35417	1.84
.428	.535	.869	.813	.832	.35667	1.84

$\delta = 0,4$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	φ	q'	Cu
.430	.538	.860	.814	.831	.35833	1.83
.433	.541	.848	.815	.830	.36083	1.83
.435	.544	.839	.816	.830	.3625	1.82
.438	.547	.826	.817	.829	.365	1.82
.440	.550	.818	.818	.828	.36667	1.81
.443	.554	.806	.819	.827	.36917	1.81
.445	.556	.798	.820	.827	.37083	1.81
.448	.560	.786	.821	.826	.37333	1.80
.450	.563	.778	.822	.825	.375	1.80
.453	.566	.766	.823	.824	.3775	1.79
.455	.569	.758	.824	.824	.37917	1.79
.458	.573	.747	.825	.823	.38167	1.78
.460	.575	.739	.826	.822	.38333	1.78
.463	.579	.728	.827	.821	.38583	1.78
.465	.581	.720	.828	.820	.3875	1.77
.468	.585	.709	.829	.820	.390	1.77
.470	.587	.702	.830	.819	.39167	1.77
.473	.591	.691	.831	.818	.39417	1.76
.478	.597	.674	.833	.817	.39833	1.75
.480	.600	.667	.833	.816	.400	1.75
.483	.604	.656	.834	.815	.4025	1.75
.485	.606	.649	.834	.815	.40417	1.74
.488	.610	.639	.836	.814	.40667	1.74
.490	.613	.633	.837	.813	.40833	1.74
.493	.616	.623	.838	.812	.41083	1.73
.495	.619	.616	.838	.812	.4125	1.73
.498	.623	.606	.839	.811	.415	1.72
.500	.625	.600	.840	.810	.41667	1.72
.530	.663	.509	.849	.801	.44167	1.68
.550	.688	.455	.855	.795	.45833	1.66

$\delta = 0,6$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	φ	q'	Cu
.055	.069	13.545	-.455	.929	.06875	3.96
.058	.073	12.793	-.379	.928	.0725	3.86
.060	.075	12.333	-.333	.928	.075	3.79
.063	.079	11.698	-.27	.927	.07875	3.7
.065	.081	11.308	-.231	.927	.08125	3.64
.068	.085	10.765	-.176	.926	.085	3.56
.070	.088	10.429	-.143	.926	.0875	3.51
.073	.091	9.959	-.096	.925	.09125	3.44
.075	.094	9.667	-.067	.925	.09375	3.40
.078	.097	9.256	-.026	.924	.0975	3.33
.080	.100	9.0	0	.924	.100	3.29
.083	.104	8.639	.036	.923	.10375	3.23
.085	.106	8.412	.059	.923	.10625	3.19
.088	.110	8.091	.091	.922	.110	3.14
.090	.112	7.889	.111	.922	.1125	3.10
.093	.116	7.602	.140	.921	.11625	3.06
.095	.119	7.421	.158	.921	.11875	3.02
.098	.122	7.163	.184	.920	.1225	2.98
.100	.125	7.0	.200	.920	.125	2.95
.103	.129	6.767	.223	.919	.12875	2.91

$\delta = 0,6$

α	φ_u	ϕ_u	ϕ_u'	φ	q'	Cu
.105	.131	6.619	.238	.919	.13125	2.88
.108	.135	6.407	.259	.918	.135	2.84
.110	.138	6.273	.273	.918	.1375	2.81
.113	.141	6.08	.292	.917	.14125	2.78
.115	.144	5.957	.304	.917	.14375	2.75
.118	.148	5.78	.322	.916	.1475	2.72
.120	.150	5.667	.333	.916	.150	2.70
.123	.154	5.504	.350	.915	.15375	2.67
.125	.156	5.40	.360	.915	.15625	2.64
.128	.160	5.25	.375	.914	.160	2.61
.130	.163	5.154	.385	.914	.1625	2.59
.133	.166	5.015	.398	.913	.16625	2.57
.135	.169	4.926	.407	.913	.16875	2.55
.138	.173	4.797	.420	.912	.1725	2.52
.140	.175	4.714	.425	.912	.175	2.50
.143	.179	4.594	.441	.911	.17875	2.48
.145	.181	4.517	.448	.911	.18125	2.46
.148	.185	4.405	.459	.910	.1850	2.44
.150	.188	4.333	.467	.910	.1875	2.42
.153	.191	4229	.477	.909	.19125	2.40
.155	.194	4.161	.484	.909	.19375	2.38
.158	.198	4.063	.494	.908	.1975	2.36
.160	.200	4.0	.500	.908	.2	2.35
.163	.204	3.906	.509	.907	.20375	2.33
.165	.206	3.848	.515	.907	.20625	2.31
.168	.210	3.762	.524	.906	.210	2.29
.170	.213	3.706	.529	.906	.2125	2.28
.173	.216	3.624	.538	.905	.21625	2.26
.175	.219	3.571	.543	.905	.21875	2.25
.178	.222	3.494	.551	.905	.2225	2.23
.180	.225	3.444	.556	.904	.225	2.22
.183	.229	3.372	.563	.903	.22875	2.20
.185	.231	3.324	.568	.903	.23125	2.19
.188	.235	3.255	.574	.902	.235	2.17
.190	.238	3.211	.579	.902	.2375	2.16
.193	.241	3.145	.585	.901	.24125	2.14
.195	.244	3.103	.590	.901	.24375	2.13
.198	.248	3.04	.596	.9	.2475	2.12
.200	.25	3	.600	.9	.2500	2.11
.203	.254	2.941	.606	.899	.25375	2.09
.205	.256	2.902	.610	.899	.25625	2.08
.208	.260	2.846	.615	.898	.260	2.07
.210	.262	2.81	.619	.898	.2625	2.06
.213	.266	2.756	.624	.897	.26625	2.05
.215	.269	2.721	.728	.897	.26875	2.04
.218	.272	2.67	.633	.896	.2725	2.02
.220	.275	2.636	.636	.896	.275	2.01
.223	.279	2.587	.641	.896	.27875	2.00
.225	.281	2.556	.644	.895	.28125	1.99
.228	.285	2.509	.649	.894	.285	1.98

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



$\delta = 0,6$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ξ	q'	C_u
.230	.287	2.477	.652	.894	.2875	1.97
.233	.291	2.433	.657	.893	.29125	1.96
.235	.294	2.404	.660	.893	.29375	1.95
.238	.297	2.361	.664	.892	.2975	1.94
.240	.300	2.333	.667	.892	.300	1.93
.243	.304	2.292	.671	.891	.30375	1.92
.245	.306	2.265	.673	.891	.30625	1.91
.248	.310	2.226	.677	.890	.310	1.90
.250	.312	2.2	.68	.89	.3125	1.90
.253	.316	2.162	.684	.889	.31625	1.89
.255	.319	2.137	.686	.889	.31875	1.88
.258	.322	2.101	.690	.888	.3225	1.87
.260	.325	2.077	.692	.888	.325	1.86
.263	.329	2.042	.696	.887	.32875	1.85
.265	.331	2.019	.698	.887	.33125	1.84
.268	.335	1.985	.701	.886	.335	1.840
.270	.337	1.963	.704	.886	.3375	1.83
.273	.341	1.93	.707	.885	.34125	1.82
.275	.344	1.909	.709	.885	.34375	1.81
.278	.347	1.878	.712	.884	.34375	1.80
.280	.350	1.857	.714	.884	.350	1.80
.283	.354	1.827	.717	.883	.35375	1.79
.285	.356	1.807	.719	.883	.35625	1.78
.288	.360	1.778	.722	.882	.360	1.77
.290	.363	1.759	.724	.882	.3625	1.77
.293	.366	1.73	.727	.881	.36625	1.76
.295	.369	1.712	.729	.881	.36875	1.75
.298	.372	1.685	.732	.880	.3725	1.75
.300	.375	1.667	.733	.88	.375	1.74
.303	.379	1.64	.736	.879	.37875	1.73
.305	.381	1.623	.738	.879	.38125	1.73
.308	.385	1.597	.740	.878	.375	1.72
.310	.387	1.581	.742	.878	.3875	1.71
.313	.391	1.556	.744	.877	.39125	1.71
.315	.394	1.54	.746	.877	.39375	1.70
.318	.397	1.516	.748	.876	.3975	1.69
.320	.400	1.5	.75	.876	.400	1.69
.323	.404	1.477	.752	.875	.40375	1.68
.325	.406	1.462	.754	.875	.40625	1.68
.328	.41	1.439	.756	.874	.410	1.67
.330	.412	1.424	.758	.874	.4125	1.67
.333	.416	1.402	.760	.873	.41625	1.66
.335	.419	1.388	.761	.873	.41875	1.65
.338	.422	1.367	.763	.872	.4225	1.65
.340	.425	1.353	.765	.872	.425	1.64
.343	.429	1.332	.767	.871	.42875	1.64
.345	.431	1.319	.768	.871	.43125	1.63
.348	.435	1.299	.770	.870	.435	1.63
.350	.437	1.286	.771	.87	.4375	1.62
.353	.441	1.266	.773	.869	.44125	1.61

$\delta = 0,6$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ζ_u	q'	Cu
.355	.444	1.254	.775	.869	.44375	1.61
.358	.447	1.235	.777	.868	.4475	1.60
.360	.450	1.222	.778	.868	.450	1.60
.363	.454	1.204	.78	.867	.45375	1.59
.365	.456	1.192	.781	.867	.45625	1.59
.368	.460	1.174	.783	.866	.460	1.58
.370	.462	1.162	.784	.866	.4625	1.58
.373	.466	1.145	.786	.865	.46625	1.57
.375	.469	1.133	.787	.865	.46875	1.57
.378	.472	1.116	.788	.864	.4725	1.57
.380	.475	1.105	.789	.864	.475	1.56
.383	.479	1.089	.791	.863	.47875	1.56
.385	.481	1.078	.792	.863	.48125	1.55
.388	.485	1.062	.794	.862	.485	1.55
.390	.488	1.051	.795	.862	.4875	1.54
.393	.491	1.036	.796	.861	.49125	1.54
.395	.494	1.025	.797	.861	.49375	1.53
.398	.497	1.01	.799	.860	.4975	1.53
.400	.500	1.0	.800	.86	.500	1.52
.403	.504	1.585	.801	.859	.50375	1.52
.405	.506	.975	.802	.859	.50625	1.52
.408	.510	.961	.804	.858	.510	1.51
.410	.513	.951	.805	.858	.5125	1.51
.413	.516	.937	.806	.857	.51625	1.50
.415	.519	.928	.807	.857	.51875	1.50
0 .418	.528	.914	.809	.856	.5225	1.50
.420	.525	.905	.810	.856	.525	1.49
.423	.529	.891	.811	.855	.52875	1.49
.425	.531	.882	.812	.855	.53125	1.48
.428	.535	.869	.183	.854	.535	1.48
.430	.538	.860	.814	.954	.5375	1.48
.433	.541	.848	.815	.853	.54125	1.47
.435	.544	.839	.816	.853	.54375	1.47
.438	.547	.826	.817	.852	.5475	1.46
.440	.550	.818	.818	.852	.550	1.46
.443	.554	.806	.819	.851	.55375	1.46
.445	.556	.798	.820	.851	.55625	1.45
.448	.560	.786	.821	.850	.5625	1.45
.450	.563	.778	.822	.850	.5625	1.45
.453	.566	.766	.823	.849	.56625	1.44
.455	.569	.758	.824	.849	.56875	1.44
.458	.573	.747	.825	.848	.5725	1.44
.460	.575	.739	.825	.826	.848	1.43
.463	.579	.728	.827	.847	.57875	1.43
.465	.581	.720	.828	.847	.58125	1.43
.468	.585	.709	.829	.846	.585	1.42
.470	.587	.702	.830	.846	.5875	1.42
.473	.591	.691	.831	.845	.59125	1.41
.478	.597	.674	.833	.844	.5975	1.41
.480	.600	.667	.833	.844	.600	1.41

$\delta = 0,6$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ξ	q'	Cu
.483	.604	.656	.834	.843	.60375	1.40
.485	.606	.649	.835	.843	.60625	1.40
.488	.610	.639	.836	.842	.610	1.40
.490	.613	.633	.837	.842	.6125	1.39
.493	.616	.623	.838	.841	.61625	1.39
.495	.619	.616	.838	.841	.61875	1.39
.498	.623	.606	.839	.840	.6225	1.38
.500	.625	.600	.840	.840	.625	1.38
.530	.663	.509	.849	.834	.6625	1.35
.550	.688	.455	.855	.830	.6875	1.32

$\delta = 0,8$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ξ	q'	Cu
.055	.069	13.345	-.455	.915	.1375	2.82
.058	.073	12.793	-.379	.914	.145	2.75
.060	.075	12.333	-.333	.914	.150	2.70
.063	.075	11.698	-.270	.914	.1575	2.64
.065	.081	11.308	-.231	.913	.1625	2.60
.068	.085	10.765	-.176	.913	.170	2.54
.070	.088	10.429	-.143	.913	.175	2.50
.075	.091	9.9595	-.096	.913	.1825	2.45
.075	.094	9.667	-.067	.912	.1875	2.42
.078	.097	9.256	-.026	.912	.195	2.37
.080	.100	9.0	0	.912	.200	2.34
.083	.104	8.639	.036	.912	.2075	2.30
.085	.106	8.412	.056	.912	.2125	2.27
.088	.110	8.091	.091	.911	.22	2.23
.090	.112	7.889	.111	.911	.225	2.21
.093	.116	7.602	.140	.911	.2325	2.17
.095	.119	7.421	.158	.911	.2375	2.15
.098	.122	7.163	.184	.91	.245	2.12
.100	.125	7.0	.2	.91	.25	2.1
.103	.129	6.767	.223	.910	.2575	2.07
.105	.131	6.619	.238	.909	.2625	2.05
.108	.135	6.407	.259	.909	.270	2.02
.110	.138	6.273	.273	.909	.275	2.00
.113	.141	6.08	.292	.909	.2825	1.97
.115	.144	5.957	.304	.908	.2875	1.96
.118	.148	5.78	.322	.908	.295	1.93
.120	.150	5.667	.333	.908	.300	1.92
.123	.154	5.504	.350	.908	.3075	1.89
.125	.156	5.40	.360	.908	.3125	1.88
.128	.160	5.25	.375	.907	.320	1.86
.130	.63	5.154	.385	.907	.325	1.84
.133	.166	5.015	.398	.907	.3325	1.82
.135	.169	4.926	.407	.906	.3375	1.81
.138	.173	4.797	.420	.906	.345	1.79
.140	.175	4.714	.429	.906	.350	1.78

$\delta = 0,8$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	ζ	q'	Cu
.143	.179	4.594	.441	.906	.3575	1.76
.145	.181	4.517	.448	.905	.3629	1.75
.148	.185	4.405	.459	.905	.370	1.73
.150	.188	4.333	.467	.905	.375	1.72
.157	.191	4.229	.477	.905	.3825	1.70
.155	.194	4.16	.484	.905	.3875	1.69
.158	.198	4.063	.494	.904	.395	1.67
.160	.200	4.0	.500	.904	.400	1.66
.163	.204	3.908	.509	.904	.4075	1.65
.165	.206	3.848	.515	.904	.4125	1.64
.168	.210	3.762	.524	.903	.420	1.62
.170	.213	3.706	.529	.903	.425	1.61
.173	.216	3.624	.538	.903	.4325	1.60
.175	.219	3.571	.543	.902	.4375	1.59
.178	.222	3.494	.551	.902	.445	1.58
.180	.225	3.444	.556	.902	.450	1.57
.183	.229	3.372	.563	.902	.4575	1.56
.185	.231	3.324	.568	.902	.4625	1.55
.188	.235	3.255	.574	.901	.470	1.54
.190	.238	3.211	.579	.901	.475	1.53
.193	.241	3.145	.585	.901	.4825	1.52
.195	.244	3.103	.590	.901	.4875	1.51
.198	.248	3.04	.596	.900	.495	1.50
.200	.250	3.0	.60	.900	.500	1.49
.203	.254	2.941	.606	.900	.5075	1.48
.205	.256	2.902	.610	.899	.5125	1.47
.208	.260	2.846	.615	.899	.520	1.46
.210	.262	2.81	.619	.899	.525	1.46
.213	.266	2.756	.624	.899	.5325	1.45
.215	.269	2.721	.628	.898	.5375	1.44
.218	.272	2.67	.633	.898	.545	1.43
.22	.275	2.636	.636	.898	.550	1.42
.223	.279	2.587	.641	.898	.5575	1.41
.225	.281	2.556	.644	.898	.5625	1.41
.228	.285	2.509	.649	.897	.570	1.40
.230	.287	2.478	.652	.898	.575	1.39
.233	.291	2.433	.657	.897	.5825	1.38
.235	.294	2.404	.660	.896	.5875	1.38
.238	.297	2.361	.664	.896	.595	1.37
.240	.300	2.333	.667	.896	.600	1.36
.243	.304	2.292	.671	.896	.6075	1.36
.245	.306	2.265	.673	.895	.6125	1.35
.248	.310	2.226	.677	.895	.620	1.34
.250	.312	2.20	.680	.895	.625	1.34
.253	.316	2.162	.684	.895	.6325	1.33
.255	.319	2.137	.686	.895	.6375	1.32
.258	.322	2.101	.690	.894	.645	1.32
.260	.325	2.077	.692	.894	.650	1.31
.263	.329	2.042	.696	.894	.6575	1.30
.265	.331	2.019	.698	.894	.6625	1.30

$\zeta = 0,8$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ_u'	φ	q	Cu
.268	.335	1.985	.701	.893	.670	1.29
.270	.337	1.963	.704	.893	.675	1.29
.273	.341	1.93	.707	.893	.6825	1.28
.275	.344	1.909	.709	.892	.6875	1.28
.278	.347	1.878	.712	.892	.695	1.27
.280	.350	1.857	.714	.892	.700	1.27
.283	.354	1.827	.717	.892	.7075	1.26
.285	.356	1.807	.719	.891	.7125	1.26
.288	.360	1.778	.722	.891	.720	1.25
.290	.363	1.759	.724	.891	.725	1.24
.293	.366	1.73	.727	.891	.7325	1.24
.295	.369	1.712	.729	.891	.7375	1.23
.298	.372	1.685	.732	.890	.745	1.23
.300	.375	1.667	.733	.890	.750	1.22
.303	.379	1.640	.736	.890	.7575	1.22
.305	.381	1.623	.738	.889	.7625	1.21
.308	.385	1.597	.740	.889	.770	1.21
.310	.387	1.581	.742	.889	.775	1.20
.313	.391	1.556	.744	.889	.7825	1.20
.315	.394	1.54	.746	.888	.7875	1.20
.318	.397	1.516	.748	.888	.795	1.19
.320	.400	1.500	.750	.888	.800	1.19
.323	.404	1.477	.752	.888	.8075	1.18
.325	.406	1.462	.754	.888	.8125	1.18
.328	.410	1.439	.756	.887	.820	1.17
.330	.412	1.424	.758	.887	.825	1.17
.333	.416	1.402	.760	.887	.8325	1.16
.335	.419	1.388	.761	.887	.8375	1.16
.338	.422	1.367	.763	.886	.845	1.16
.340	.425	1.353	.765	.886	.850	1.15
.343	.429	1.332	.767	.886	.8575	1.15
.345	.431	1.319	.768	.885	.8625	1.14
.348	.435	1.299	.770	.885	.870	1.14
.350	.437	1.286	.771	.885	.875	1.14
.353	.441	1.266	.773	.885	.8825	1.13
.355	.444	1.254	.775	.885	.8875	1.13
.358	.447	1.235	.777	.884	.895	1.12
.360	.450	1.222	.778	.884	.900	1.12
.363	.454	1.204	.780	.884	.9075	1.12
.363	.456	1.192	.781	.884	.9125	1.11
.368	.460	1.174	.783	.883	.920	1.11
.370	.462	1.162	.784	.883	.925	1.11
.373	.466	1.145	.786	.883	.9325	1.10
.375	.469	1.135	.787	.882	.9375	1.10
.378	.472	1.116	.788	.882	.945	1.10
.380	.475	1.105	.789	.882	.950	1.09
.383	.479	1.089	.791	.882	.9575	1.09
.385	.481	1.078	.792	.881	.9625	1.09
.388	.485	1.062	.794	.881	.970	1.08
.390	.488	1.051	.795	.881	.975	1.09

$\delta = 0.8$

α	ξ_u	ϕ_u	ϕ'_u	ς_u	q'	Cu
.393	.491	1.036	.796	.881	.9825	1.07
.395	.494	1.025	.797	.881	.9875	1.07
.398	.497	1.01	.799	.880	.995	1.07
.400	.500	1.0	.800	.88	1.0	1.07
.403	.504	.985	.801	.880	1.0075	1.06
.405	.506	.975	.802	.879	1.0125	1.06
.408	.510	.961	.804	.879	1.02	1.06
.410	.513	.951	.805	.879	1.025	1.05
.413	.516	.937	.806	.879	1.0325	1.05
.415	.519	.928	.807	.878	1.0375	1.05
.418	.523	.914	.809	.878	1.045	1.04
.420	.525	.905	.810	.878	1.05	1.04
.423	.529	.891	.811	.878	1.0575	1.04
.425	.531	.882	.812	.878	1.0625	1.04
.428	.535	.869	.813	.877	1.07	1.03
.430	.538	.860	.814	.877	1.075	1.03
.433	.541	.848	.815	.877	1.0825	1.03
.435	.544	.839	.816	.877	1.0875	1.02
.438	.547	.826	.817	.876	1.095	1.02
.440	.550	.818	.818	.876	1.1	1.02
.443	.554	.806	.819	.876	1.1075	1.02
.445	.556	.798	.820	.875	1.1125	1.01
.448	.560	.786	.821	.875	1.12	1.01
.450	.563	.778	.822	.875	1.125	1.01
.453	.566	.766	.823	.875	1.1325	1.00
.455	.569	.758	.824	.875	1.1375	1.00
.458	.573	.747	.825	.874	1.145	1.00
.460	.575	.739	.826	.874	1.15	1.00
.463	.579	.728	.827	.874	1.1575	.990
.465	.581	.720	.828	.874	1.1625	.99
.468	.585	.709	.829	.873	1.17	.99
.470	.587	.702	.830	.873	1.175	.99
.473	.591	.691	.831	.873	1.1825	.98
.478	.597	.674	.833	.872	1.195	.98
.480	.600	.667	.833	.872	1.200	.98
.483	.604	.656	.834	.872	1.2075	.97
.485	.606	.649	.835	.871	1.2125	.97
.488	.610	.639	.836	.871	1.220	.97
.490	.613	.633	.837	.871	1.225	.97
.495	.619	.616	.838	.871	1.2375	.96
.498	.623	.606	.840	.870	1.245	.96
.500	.625	.600	.840	.870	1.25	.96
.530	.663	.509	.849	.867	1.325	.93
.550	.688	.455	.855	.865	1.375	.92