

**PENERAPAN METODE ELEMEN BATAS PADA PELAT
DI ATAS FUNDASI ELASTIK**

TESIS



694.177 65
SUR
P

HERRY SURYADI
2006831028



127206 T/PMS
17-5-10.

PEMBIMBING: DR. IR. PAULUS KARTA WIJAYA, MT.

**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2010**

PENERAPAN METODE ELEMEN BATAS PADA PELAT DI ATAS FUNDASI ELASTIK

HERRY SURYADI

2006831028

PERSETUJUAN TESIS

Penguji merangkap Pembimbing:



(Dr. Ir. Paulus Karta Wijaya, MT.)

Penguji:



(Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D.)

Penguji:



(Dr. Ir. Johannes Adhijoso Tjondro, MEng.)

PENERAPAN METODE ELEMEN BATAS PADA PELAT DI ATAS FUNDASI ELASTIK

ABSTRAK

Herry Suryadi

2006831028



Interaksi tanah struktur merupakan suatu permasalahan umum yang terjadi pada setiap bangunan teknik sipil, salah satunya adalah permasalahan pelat di atas fondasi elastik. Pada penulisan tesis ini tanah dimodelkan sebagai media kontinu elastik pada ruang semi tak hingga (*half-space*). Persoalan pada tanah diselesaikan dengan menggunakan Metode Elemen Batas, dimana suatu metode numerik untuk menyelesaikan persamaan differensial parsial yang telah diformulasikan menjadi persamaan integral. Untuk menyelesaikan persamaan integral batas diperlukan solusi fundamental. Solusi fundamental yang digunakan adalah solusi fundamental untuk *half-space* sehingga syarat batas bahwa pada permukaan *half-space* nilai traksi sama dengan nol telah terpenuhi oleh solusi fundamental tersebut. Pelat fondasi pada umumnya mempunyai tebal yang lebih besar dari sepersepuluh dimensi lainnya, sehingga pelat fondasi dapat dikategorikan menjadi pelat tebal. Untuk pelat yang relatif tebal, deformasi geser menjadi signifikan sehingga harus diperhitungkan dalam analisis. Persoalan pada pelat diselesaikan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga, dengan menggunakan teori pelat Mindlin. Perhitungan dilakukan pada bidang kontak antara pelat dengan tanah, dimana persamaan dari Metode Elemen Batas dan Metode Elemen Hingga diinteraksikan pada bidang kontak ini. Pada bidang kontak ini persamaan keseimbangan dan persamaan kompatibilitas harus terpenuhi. Pada penulisan tesis ini permasalahan dibatasi untuk material yang elastik linear, homogen, dan isotropik. Dalam studi kasus dilakukan analisis berbagai macam kasus fondasi untuk berbagai variasi parameter tanah. Perbandingan untuk permasalahan pelat tebal dilakukan dengan membandingkan hasil peralihan yang didapatkan dari hasil analisis dengan yang dihitung dengan menggunakan program SAP2000, yang berbasis Metode Elemen Hingga. Hasil dari perbandingan menghasilkan perbedaan maksimum sebesar 4.27%.

Kata kunci : Interaksi Tanah Struktur, Metode Elemen Batas, Solusi Fundamental, *Half-Space*, Metode Elemen Hingga, Teori Pelat Mindlin.

APPLICATION OF BOUNDARY ELEMENT METHOD ON PLATE ON ELASTIC FOUNDATION

ABSTRACT

Herry Suryadi

2006831028



Soil-structure interaction is a common problem in every civil engineering structure, one of the application is a plate on elastic foundation. In this study, soil media is modeled as an elastic continuum model on a half-space domain. A soil problem could be solved by Boundary Element Method, a numerical computational method for solving linear partial differential equations which have been formulated as integral equations. Boundary Integral Equation is solved by using a fundamental solution. The used fundamental solution is a half-space fundamental solution, so boundary condition of a free traction condition on the surface is satisfied with this fundamental solution. A foundation plate in general have thickness more than one-tenth of other dimensions, therefore the foundation plate is categorized as a thick plate. For relatively thick plate, the shear deformation become significant and must be included in the analysis. A plate problem is solved by Finite Element Method using Mindlin plate theory. Calculations are done on the contact interface between plate and soil, where boundary element and finite element equation coupled in the contact interface. Equilibrium and compatibility equation are satisfied in this contact interface. In this study, the problem limited by an elastic linear, homogenous, and isotropic material. In case studies discussed some foundation cases for different variation of soil parameter. A comparison for a thick plate problem is done by comparing a solution from the result of analysis and a solution from SAP2000, which based on Finite Element Method. The result of comparison has a maximum 4.27% difference.

Keyword : Soil-Structure Interaction, Boundary Element Method, Fundamental Solution, Half-Space, Finite Element Method, Mindlin Plate Theory.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat, karunia, dan bimbingan yang dilimpahkanNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis dengan baik. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan program studi Magister Teknik Sipil pada bidang konsentrasi Teknik Struktur di Program Pascasarjana Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

Berbagai kendala dan hambatan dihadapi oleh penulis dalam proses penulisan tesis ini, akan tetapi berkat bimbingan, saran, dorongan, dan bantuan dari berbagai pihak, penulisan tesis ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Paulus Karta Wijaya, MT. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah memberikan banyak bimbingan, saran, dan masukan yang sangat membantu dalam penulisan tesis ini.
2. Bapak Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D. selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan dan masukan yang berguna untuk menyempurnakan penulisan tesis ini.
3. Bapak Dr. Ir. Adhijoso Tjondro, MEng. selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan dan masukan yang berguna untuk menyempurnakan penulisan tesis ini.
4. Keluarga yang aku sayangi, Papi, Mami, dan Kakakku Dewiyani, terima kasih atas segala doa, cinta, kasih sayang, dan dukungan selama ini.
5. Orang terdekat yang aku sayangi, Dewi Liana, terima kasih atas segala doa, cinta, kasih sayang, pengertian, dan tak henti-hentinya memberikan bantuan, dukungan dan semangat.

6. Kepada teman-teman seperjuangan di Magister Teknik Sipil, Helmy Hermawan, Dennie Supriatna, Liyanto Eddy, Djoko Setiyarto, Buen Sian, Nenny Samudra, Albertus Hengky dan Daisy Nathania. Untuk atas momen-momen yang tak terlupakan, kebersamaan selama menjalani kuliah, dan dukungan yang diberikan pada penulis.
7. Kepada rekan-rekan kerja di Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan yang selalu memberikan semangat untuk kemajuan penulisan tesis ini.
8. Kepada teman-teman CHOICE dan MAGiS08 yang tak henti-hentinya memberikan doa, dukungan, dan semangat untuk penyelesaian tesis ini.
9. Terima kasih diberikan penulis pada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah turut serta membantu dan memberikan semangat pada penulis hingga terselesaikannya penulisan tesis ini.

Penulis berharap tesis ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang Teknik Sipil, dan dapat dikembangkan pada studi-studi lainnya.

Bandung, Januari 2010

Herry Suryadi

NPM: 2006831028



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1-1
1.2 Tujuan Penulisan.....	1-4
1.3 Ruang Lingkup Penulisan.....	1-4
1.4 Metodologi Penulisan.....	1-4
1.5 Sistematika Penulisan.....	1-5
BAB 2 METODE ELEMEN BATAS UNTUK ELASTOSTATIK.....	2-1
2.1 Pendahuluan.....	2-1
2.2 Teori Elastisitas.....	2-2
2.3 Formulasi Metode Elemen Batas untuk Elastostatik.....	2-4
2.3.1 Solusi Fundamental.....	2-5
2.3.2 Persamaan Integral Batas.....	2-8
2.3.3 Solusi Numerik.....	2-8
BAB 3 METODE ELEMEN HINGGA UNTUK PELAT.....	3-1
3.1 Pendahuluan.....	3-1
3.2 Teori Pelat Mindlin.....	3-2
3.2.1 Elemen Isoparametrik Bilinear Quadrilateral.....	3-6
3.2.2 Matriks Kekakuan Elemen Pelat Mindlin.....	3-9
3.3 Vektor Beban pada Titik Nodal.....	3-11

3.4	Persamaan Keseimbangan.....	3-11
3.5	Perhitungan Gaya-Gaya Dalam.....	3-12
3.5.1	Perhitungan Ekstrapolasi dari Titik Gauss.....	3-12
BAB 4 ANALISIS PELAT DIATAS FUNDASI ELASTIK.....		4-1
4.1	Pendahuluan.....	4-1
4.2	Besarnya Peralihan pada Metode Elemen Batas.....	4-1
4.3	Kondensasi Statik.....	4-5
4.4	Interaksi Metode Elemen Hingga dengan Metode Elemen Hingga.....	4-6
BAB 5 STUDI KASUS.....		5-1
5.1	Pendahuluan.....	5-1
5.2	Uji Konvergensi.....	5-2
5.3	Studi Kasus pada Beberapa Jenis Pelat Fundasi dan Parameter Tanah.....	5-2
5.3.1	Kasus Fundasi Telapak.....	5-3
5.3.2	Kasus Fundasi Menerus.....	5-8
5.3.2.1	Kasus Fundasi Menerus dengan Pembebanan Simetris Sama Besar.....	5-11
5.3.2.2	Kasus Fundasi Menerus dengan Pembebanan Simetris Tidak Sama Besar.....	5-16
5.3.3	Kasus Fundasi Rakit.....	5-23
5.4	Studi Kasus Fundasi Telapak untuk Berbagai Variasi Ketebalan Pelat.....	5-26
5.5	Perbandingan dengan SAP2000.....	5-28
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....		6-1
6.1	Kesimpulan.....	6-1
6.2	Saran.....	6-2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN A FORMULASI INTEGRAL NUMERIK.....		A-1
A.1	Pendahuluan.....	A-1

A.2	Integral Numerik Gauss Quadrature.....	A-1
LAMPIRAN B PROGRAM KOMPUTER UNTUK KASUS PELAT DIATAS		
FUNDASI ELASTIK.....		
B.1	Pendahuluan.....	B-1
B.2	Data Input.....	B-1
B.3	Program Utama.....	B-1
LAMPIRAN C HASIL OUTPUT PROGRAM.....		
C.1	Pendahuluan.....	C-1
C.2	Hasil Output Program.....	C-1
LAMPIRAN D TABEL PERBANDINGAN HASIL SAP2000 DAN		
FORTRAN.....		
D.1	Pendahuluan.....	D-1
D.2	Tabel Perbandingan Defleksi SAP2000 dan FORTRAN.....	D-1
D.3	Tabel Perbandingan Traksi SAP2000 dan FORTRAN.....	D-6

DAFTAR NOTASI

\underline{b}_j	Komponen gaya tubuh
$\underline{\underline{C}}$	Matriks koefisien dari medan traksi permukaan
D	Kekakuan lentur dari pelat
$\underline{D}, \underline{d}$	Vektor peralihan struktur, elemen
\underline{D}_T	Vektor peralihan yang terkondensasi
e_j	Vektor basis
E	Modulus elastisitas
G	Modulus geser
$\underline{\underline{G}}$	Matriks koefisien dari medan traksi permukaan
h	Tebal pelat
\underline{J}	Matriks Jacobian
J	Determinan dari matriks Jacobian
$\underline{\underline{K}}, \underline{k}$	Matriks kekakuan struktur, elemen
$\underline{\underline{K}}_T$	Matriks kekakuan yang terkondensasi
$\underline{\underline{M}}_T$	Matriks koefisien traksi
\underline{N}	Fungsi bentuk atau interpolasi
\underline{P}	Vektor traksi permukaan pada Metoda Elemen Batas
$\underline{p}_j(x)$	Traksi pada arah j di titik x
p_p	Traksi permukaan yang bekerja pada pelat
p_s	Traksi permukaan yang bekerja pada tanah

$\underline{p_{ij}^*}(\zeta, x)$	Traksi pada arah j di titik x akibat beban satu satuan arah i di titik ζ
R, r	Jarak antara titik ζ dimana beban satu satuan diterapkan ke titik x yang merupakan titik pengamatan
$\underline{r_e}$	Beban yang diaplikasikan pada titik nodal oleh sebuah elemen
u, v, w	Komponen peralihan pada arah koordinat
\underline{U}	Vektor peralihan pada Metoda Elemen Batas
$\underline{u_i}(\zeta)$	Peralihan pada arah i di titik ζ
$\underline{u_j}(x)$	Peralihan pada arah j di titik x
$\underline{u_{ij}^*}(\zeta, x)$	Peralihan pada arah j di titik x akibat beban satu satuan arah i di titik ζ
x, y, z	Koordinat kartesian pelat
x_1, x_2, x_3	Koordinat kartesian pada tanah
ϵ_{ij}	Komponen regangan tensor
δ_{ij}	Kronecker delta, $\delta_{ij} = 1$ jika $i = j$ dan $\delta_{ij} = 0$ jika $i \neq j$
ζ	Titik dimana beban satu satuan diterapkan
θ_x, θ_y	Rotasi terhadap sumbu x dan sumbu y
ν	Rasio Poisson
ξ, η	koordinat acuan dari elemen isoparametrik
π	≈ 3.141593654
σ_{ij}	Komponen tegangan tensor
Γ	Daerah pengamatan Metode Elemen Batas

$\underline{\underline{\Gamma}}$	Matriks invers dari Jacobian, $\underline{\underline{\Gamma}} = \underline{\underline{J}}^{-1}$
$\Gamma(x)$	Permukaan dari ruang semi tak hingga
Ω	Daerah pengamatan Metode Elemen Batas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kasus interaksi tanah struktur.....	1-2
Gambar 1.2 Penyelesaian metode numerik dengan (a) metode elemen hingga (b) metode elemen batas.....	1-3
Gambar 2.1 Kondisi geometri dan notasi untuk metode elemen batas	2-1
Gambar 2.2 Daerah $\Omega+\Gamma$ terletak pada ruang semi tak hingga $x_1 \geq 0$	2-5
Gambar 2.3 Beban unit load yang diterapkan pada setengah ruang ($ P_1 = P_2 = P_3 =1$).....	2-6
Gambar 3.1 Rotasi penampang pada teori pelat Mindlin.....	3-2
Gambar 3.2 (a) Tegangan dan distribusi gaya lateral q pada elemen differensial (b) Momen dan gaya geser yang berkaitan dengan tegangan pada gambar (a) ^[3]	3-5
Gambar 3.3 Elemen Isoparametrik dengan empat buah titik (<i>Bilinear Quadrilateral</i>) (a) pada koodinat kartesian x dan y (b) yang telah dipetakan pada ruang $\xi\eta$	3-7
Gambar 3.4 Referensi sistem koordinat rs dan $\xi\eta$ yang digunakan pada ekstrapolasi tegangan dari lokasi titik Gauss. Persegi menunjukkan lokasi titik Gauss dengan aturan 2×2 . ^[3]	3-12
Gambar 4.1 Interpolasi dari beban traksi p pada elemen isoparametrik bilinear quadrilateral.....	4-3
Gambar 4.2 Ilustrasi jarak antara beban satu satuan P_1 pada titik ζ ke titik pengamatan, yakni titik gauss, pada elemen ke- n	4-4
Gambar 5.1 Pembebanan kasus fundasi telapak	5-3
Gambar 5.2 Uji konvergensi kasus fundasi telapak, solusi berdasarkan (a) peralihan (b) momen lentur.....	5-4

Gambar 5.3 Grafik defleksi pelat bujur sangkar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , dan <i>Sand and Gravel</i> (b) <i>Sandstone</i>	5-5
Gambar 5.4 Kontur defleksi pelat bujur sangkar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , (b) <i>Dense Sand</i> , (c) <i>Sand and Gravel</i> , dan (d) <i>Sandstone</i>	5-6
Gambar 5.5 Grafik traksi pelat bujur sangkar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , dan <i>Sand and Gravel</i> (b) <i>Sandstone</i>	5-7
Gambar 5.6 Grafik momen lentur M_x pelat bujur sangkar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , <i>Sand and Gravel</i> , dan <i>Sandstone</i>	5-8
Gambar 5.7 Grafik gaya geser V_x pelat bujur sangkar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , <i>Sand and Gravel</i> , dan <i>Sandstone</i>	5-8
Gambar 5.8 Kasus fundasi menerus dengan pembebanan simetris (a) kedua beban sama besar, (b) kedua beban tidak sama besar.....	5-9
Gambar 5.9 Uji konvergensi kasus fundasi menerus, solusi berdasarkan (a) peralihan (b) momen lentur.....	5-10
Gambar 5.10 Grafik defleksi pelat persegi panjang dengan pembebanan simetris yang sama besar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , dan <i>Sand and Gravel</i> (b) <i>Sandstone</i>	5-11
Gambar 5.11 Kontur defleksi pelat persegi panjang dengan pembebanan sama besar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , (b) <i>Dense Sand</i> , (c) <i>Sand and Gravel</i> , dan (d) <i>Sandstone</i>	5-13
Gambar 5.12 Grafik traksi pelat persegi panjang dengan pembebanan simetris di atas (a) <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , dan <i>Sand and Gravel</i> (b) <i>Sandstone</i>	5-14
Gambar 5.13 Grafik momen lentur M_x pelat persegi panjang dengan pembebanan simetris di atas <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , <i>Sand and Gravel</i> , dan <i>Sandstone</i>	5-14
Gambar 5.14 Grafik gaya geser V_x pelat persegi panjang dengan pembebanan simetris di atas <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , <i>Sand and Gravel</i> , dan <i>Sandstone</i>	5-15

Gambar 5.15 Grafik defleksi pelat persegi panjang dengan pembebanan simetris yang tidak sama besar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , dan <i>Sand and Gravel</i> (b) <i>Sandstone</i>	5-16
Gambar 5.16 Kontur defleksi pelat persegi panjang dengan pembebanan tidak sama besar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , (b) <i>Dense Sand</i> , (c) <i>Sand and Gravel</i> , dan (d) <i>Sandstone</i>	5-17
Gambar 5.17 Grafik traksi pelat persegi panjang dengan pembebanan simetris yang tidak sama besar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , dan <i>Sand and Gravel</i> (b) <i>Sandstone</i>	5-18
Gambar 5.18 Grafik momen lentur M_x pelat persegi panjang dengan pembebanan simetris yang tidak sama besar di atas <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , <i>Sand and Gravel</i> , dan <i>Sandstone</i>	5-19
Gambar 5.19 Grafik gaya geser V_x pelat persegi panjang dengan pembebanan simetris yang tidak sama besar di atas <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , <i>Sand and Gravel</i> , dan <i>Sandstone</i>	5-19
Gambar 5.20 Kasus fundasi rakit dengan empat buah pembebanan simetris pada sudut pelat.....	5-20
Gambar 5.21 Uji konvergensi kasus fundasi rakit, solusi berdasarkan (a) peralihan (b) momen lentur.....	5-21
Gambar 5.22 Grafik defleksi pelat bujur sangkar dengan pembebanan pada setiap sudut dan sama besar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , dan <i>Sand and Gravel</i> (b) <i>Sandstone</i>	5-22
Gambar 5.23 Kontur tiga dimensi pelat bujursangkar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , (b) <i>Dense Sand</i> , (c) <i>Sand and Gravel</i> , dan (d) <i>Sandstone</i>	5-23
Gambar 5.24 Grafik traksi pelat bujur sangkar dengan pembebanan pada setiap sudut dan sama besar di atas (a) <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , dan <i>Sand and Gravel</i> (b) <i>Sandstone</i>	5-24

Gambar 5.25 Grafik momen lentur M_x pelat bujur sangkar dengan pembebanan pada setiap sudut dan sama besar di atas <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , <i>Sand and Gravel</i> , dan <i>Sandstone</i>	5-25
Gambar 5.26 Grafik gaya geser V_x pelat bujur sangkar dengan pembebanan pada setiap sudut dan sama besar di atas <i>Soft Clay</i> , <i>Dense Sand</i> , dan <i>Sand and Gravel</i> , dan <i>Sandstone</i>	5-25
Gambar 5.27 Grafik perbandingan (a) Defleksi (b) Momen Lentur, dan (c) Gaya Geser pada pelat yang bervariasi ketebalannya.....	5-27
Gambar 5.28 Tampak tiga dimensi dari permodelan SAP2000.....	5-28
Gambar 5.29 Grafik perbandingan defleksi pelat dengan FORTRAN dan SAP2000.....	5-29
Gambar 5.29 Grafik perbandingan traksi pelat dengan FORTRAN dan SAP2000.....	5-30
Gambar A.1 Notasi dari komponen rotasi dari normal bidang tengah dan kemiringan dari permukaan pelat.....	A-3
Gambar A.2 Lokasi titik sampel untuk integrasi dari fungsi $\phi = \phi(\xi, \eta)$, dengan menggunakan aturan Gauss orde 2 (empat buah titik)	A-4

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Tabel modulus elastisitas dan rasio poisson untuk berbagai jenis tanah. ^[7]	5-1
Tabel 5.2 Tabel uji konvergensi kasus fundasi telapak.....	5-4
Tabel 5.3 Tabel Konvergensi kasus fundasi menerus.....	5-11
Tabel 5.4 Tabel uji konvergensi kasus fundasi rakit.....	5-23
Tabel A.1 Tabel lokasi titik sampel dan pembobot w	A-3

BAB 1

PENDAHULUAN

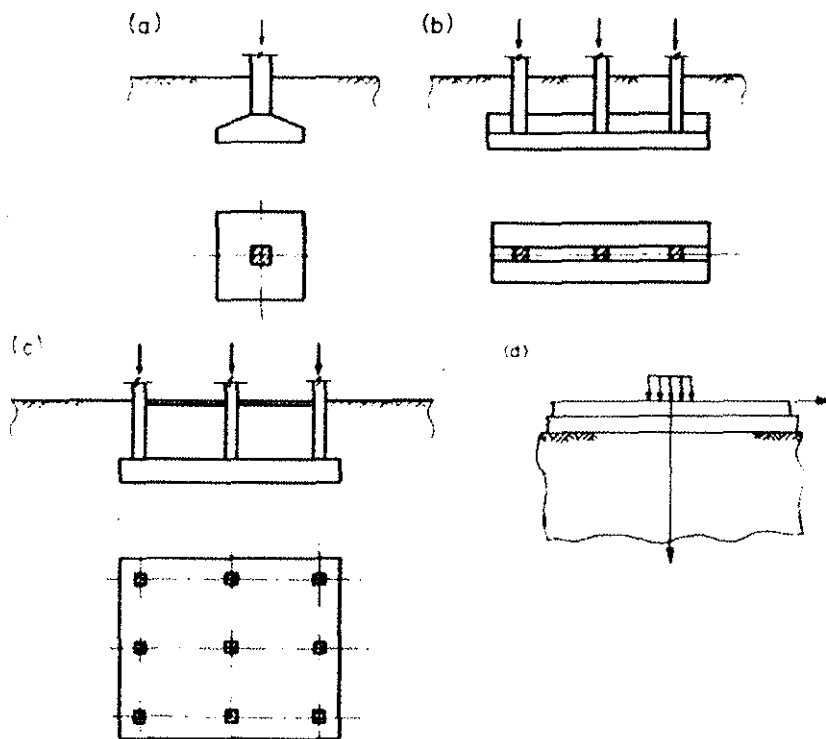


1.1 Latar Belakang Masalah

Pada setiap bangunan sipil selalu terjadi interaksi tanah dengan struktur dimana semua beban yang bekerja pada bangunan harus disalurkan ke dalam tanah melalui fundasi, sehingga permukaan tanah dibawah fundasi menjadi bidang kontak tanah dengan struktur. Salah satu penerapan dari kasus interaksi tanah struktur adalah kasus pelat di atas tanah, dimana contoh dari kasus ini adalah fundasi telapak, fundasi menerus, fundasi rakit, dan pelat basement seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.1.

Dalam analisis interaksi tanah struktur, tanah dapat digambarkan sebagai suatu media yang dapat berdeformasi apabila dibebani dan besarnya reaksi yang bekerja bergantung pada besarnya deformasi tanah. Oleh karena itu untuk

mengetahui respon tanah akibat pembebanan yang bekerja pada struktur, maka tanah harus dimodelkan dalam analisis ini.

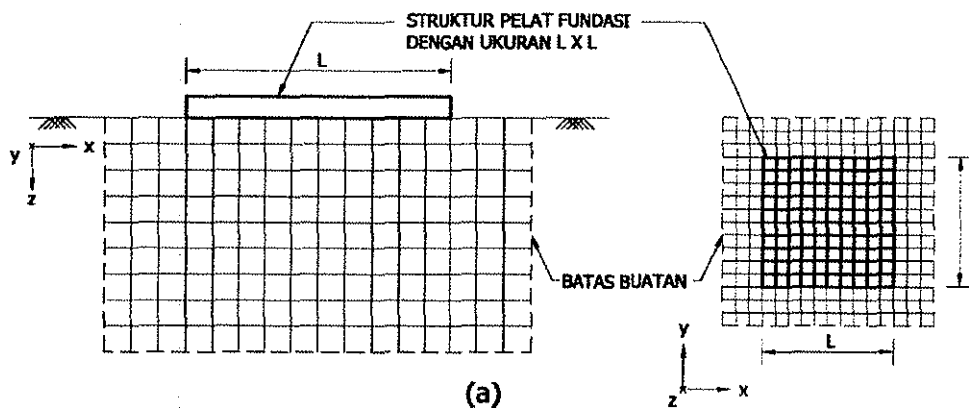


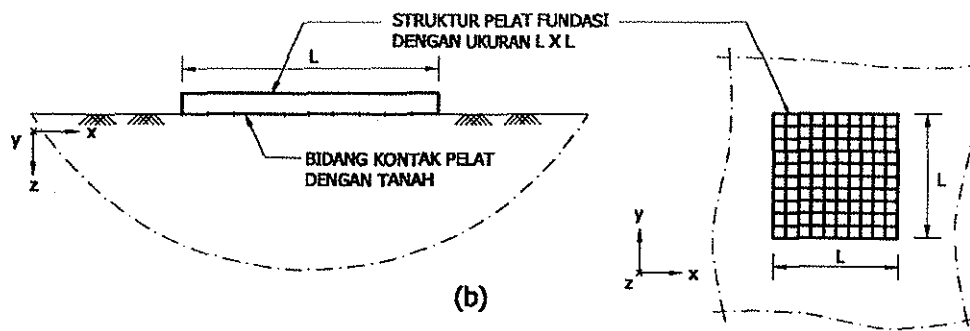
Gambar 1.1 Kasus interaksi tanah struktur (a) Fundasi telapak, (b) fundasi menerus, (c) fundasi rakit, (d) pelat basement ^[2]

Beberapa model telah dikembangkan sebelumnya, model yang paling sederhana dari perilaku elastik linier dari media tanah penyokong adalah model Winkler (1867). Model ini mengasumsikan bahwa perpindahan pada permukaan tanah pada setiap titik sebanding dengan tegangan yang bekerja pada titik tersebut dan tidak dipengaruhi oleh tegangan atau perpindahan di titik lain meskipun letaknya bersebelahan, dengan anggapan ini tanah tidak bersifat kontinu. Idealisasi Winkler untuk media tanah secara fisik dapat diwakilkan sebagai sistem elemen pegas yang berdekatan, setiap pegas akan berdeformasi oleh tegangan yang secara langsung diterapkan sementara pegas lain yang bersebelahan tidak terpengaruh. Idealisasi lainnya adalah mengasumsikan bahwa tanah bersifat kontinu dimana media tanah dianggap cukup padat dan mempunyai tingkat kohesi yang tinggi, sehingga perpindahan yang terjadi pada permukaan tanah tidak

terjadi hanya di bawah daerah pembebanan akan tetapi terjadi pula pada daerah di luar pembebanan. Sifat kontinu dari tanah ini biasanya akan menghasilkan perilaku tanah yang lebih akurat. Pemodelan tanah sebagai media yang kontinu ini dikenal dengan nama model kontinum elastik (*elastic continuum model*) yang akan digunakan pada penulisan tesis ini.

Jika tanah dimodelkan dengan media kontinu maka metode numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan kasus ini diantaranya adalah Metode Elemen Hingga dan Metode Elemen Batas. Apabila persoalan pelat di atas tanah pada ruang tiga dimensi diselesaikan dengan Metode Elemen Hingga, maka perlu ditentukan suatu batas buatan (*artificial boundary*) untuk mewakili daerah tanah. Kemudian daerah di dalam batas buatan tersebut didiskretisasi menjadi sejumlah elemen seperti pada Gambar (1.2a), dengan kondisi ini maka jumlah derajat kebebasan dalam analisis ini cukup besar. Apabila digunakan Metode Elemen Batas maka yang dibutuhkan hanya diskretisasi pada bidang kontak pelat dengan tanah seperti pada Gambar (1.2b) dengan demikian jumlah derajat kebebasan dalam analisis ini lebih kecil. Metode ini dapat diterapkan pada daerah terhingga maupun tak hingga, sehingga tanah yang dimodelkan sebagai ruang semi tak hingga (*half-space*) pada kasus ini sangat cocok dianalisis dengan menggunakan Metode Elemen Batas.





Gambar 1.2 Penyelesaian metode numerik dengan (a) Metode Elemen Hingga (b) Metode Elemen Batas.

Metode Elemen Batas sangat cocok untuk material yang linier karena akan menghasilkan perhitungan yang lebih akurat, untuk analisis deformasi tanah yang kecil dan tanah mempunyai karakteristik yang baik maka tanah dapat dimodelkan sebagai material yang elastik linier. Pada permasalahan nonlinier, bagian dalam dari tanah harus dimodelkan sehingga keunggulan Metode Elemen Batas hilang, sehingga untuk kasus nonlinier lebih disarankan untuk menggunakan Metode Elemen Hingga karena metode ini dapat mengakomodasi material yang nonlinier.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan tesis ini adalah untuk mempelajari penerapan Metode Elemen Batas pada pelat di atas fundasi elastik.

1.3 Ruang Lingkup Penulisan

Dalam penulisan tesis ini karakteristik material dibatasi oleh sifat elastik linier, homogen dan isotropis. Pembahasan dibatasi hanya untuk kasus pelat di atas tanah.

1.4 Metodologi Penulisan

Metodologi yang dilakukan pada penulisan tesis ini adalah:

1. Studi literatur mengenai Metode Elemen Batas dan Metode Elemen Hingga yang terkait dengan kasus pelat diatas fundasi elastik.

2. Menyelesaikan permasalahan pada tanah dengan menggunakan Metode Elemen Batas, dan pada pelat dengan menggunakan Metode Elemen Hingga.
3. Menyusun persamaan interaksi pada bidang kontak antara pelat dengan tanah dengan menggunakan kedua metode numerik tersebut.
4. Pembuatan program dengan bahasa FORTRAN dengan menggunakan *compiler LAHEY ED for Windows* untuk membantu penyelesaian perhitungan.
5. Melakukan studi beberapa kasus pelat di atas berbagai variasi parameter tanah, dan melakukan perbandingan hasil perhitungan dengan menggunakan *software SAP2000* yang berbasis Metode Elemen Hingga.

1.5 Sistematika Penulisan

Tesis ini terdiri dari 5 bab sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dijelaskan mengenai latar belakang masalah, tujuan penulisan, ruang lingkup penulisan, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB 2 METODEDE ELEMEN BATAS UNTUK ELASTOSTATIK

Diuraikan mengenai dasar teori Metode Elemen Batas, dasar teori elastisitas yang dapat diperlukan untuk mengembangkan Metode Elemen Batas untuk elastostatik, persamaan integral batas, solusi fundamental, dan solusi numerik untuk menyelesaikan persamaan integral batas.

BAB 3 METODEDE ELEMEN HINGGA UNTUK PELAT

Diuraikan mengenai dasar teori Metode Elemen Hingga untuk pelat, dibahas mengenai teori pelat Mindlin yang memperhitungkan efek dari deformasi geser pada pelat, elemen isoparametrik *Bilinear Quadrilateral* dengan empat titik nodal, matriks kekakuan dari elemen pelat Mindlin, perhitungan untuk mencari gaya-gaya dalam pada pelat, dan perhitungan tegangan pada titik nodal.

BAB 4 ANALISIS PELAT DI ATAS FUNDASI ELASTIK

Dibahas mengenai penyusunan persamaan interaksi diantara kedua metode numerik dimana permasalahan pada media tanah diselesaikan dengan Metode Elemen Batas dan permasalahan pada pelat diselesaikan dengan Metode Elemen Hingga. Interaksi kedua metode ini menghasilkan persamaan untuk mencari gaya traksi pada bidang kontak pelat dengan tanah, dengan gaya traksi ini peralihan pada bidang kontak dapat diperoleh.

BAB 5 STUDI KASUS

Dibahas beberapa kasus pelat di atas berbagai variasi parameter tanah. Dilakukan uji konvergensi untuk menghindari kesalahan diskretisasi, kemudian dibahas hasil perpindahan pada bidang kontak antara pelat dan tanah serta gaya-gaya dalam pada pelat dan perbandingan hasil yang diperoleh dengan *software SAP2000* yang berbasis Metode Elemen Hingga.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil yang didapatkan dan saran untuk pengembangan analisis selanjutnya.