Structur engineers

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA
Diterima : 05 SEP 2002
Inventaris : 1114/FTS/Hd.9/2002
Klasifikasi : R-f: 624.1/Ras/02
Katalog :
Selesai diproses :

PERPUSTAKAAN
FAK. TEKNIK-SIPIL
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

PEMROGRAMAN PORTAL BIDANG

DENGAN SUB STRUKTUR

TUGAS AKHIR SARJANA STRATA SATU

Oleh :

RONALD RASUBALA

No. Mahasiswa : 08875/TSS

NPM : 98 02 08875

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA

JUNI 2002

PERPUSTAKAAN
FAK. TEKNIK-SIPIL
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

PENGESAHAN

Tugas Akhir Sarjana Strata Satu

PEMROGRAMAN PORTAL BIDANG DENGAN SUB STRUKTUR

Oleh :

RONALD RASUBALA

No. Mahasiswa : 08875 / TSS

NPM : 98 02 08875

Telah diperiksa dan disetujui oleh Pembimbing :

Yogyakarta, 12/6 2002

Pembimbing I	Pembimbing II
(DR. Ir. FX. Nurwadji Wibowo, M.Sc.)	(Ir. Haryanto Yoso Wigroho, M.T.)

Disahkan oleh :

Ketua Program Studi Teknik Sipil

(Ir. W. I. Ervianto, M.T.)

PERPUSTAKAAN
FAK. TEKNIK - SIPIL
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

PENGESAHAN

Tugas Akhir Sarjana Strata Satu

PEMROGRAMAN PORTAL BIDANG DENGAN SUB STRUKTUR

Oleh :

RONALD RASUBALA

No. Mahasiswa : 08875 / TSS

NPM : 98 02 08875

Telah diuji dan disetujui oleh Penguji :

		Tanda tangan	Tanggal
Ketua	: DR. Ir. FX. Nurwadji Wibowo, M.Sc.	.....	8/6 02
Anggota	: Ir. Agt. Wahjono , M.T.	.....	12/6 02
Anggota	: Ir. P. Wiryawan Sardjono, M.T.	.....	12/06/2002

PERPUSTAKAAN
FAK. TEKNIK - SIPIL
UNIVERSITAS ATMA JAYA
YOGYAKARTA

Tugas Akhir ini Kupersembahkan kepada,

Bapa di Surga dan Tuhan Yesus Kristus yang kucinta dan kumulyakan,

Papa dan Mama yang sangat aku cintai,

Kakak-kakakku tersayang Grey, Steven dan Ine

Seluruh keluargaku yang aku sayangi,

dan yang tersayang Tin-tin.

INTISARI

PEMROGRAMAN PORTAL BIDANG DENGAN SUB STRUKTUR, Ronald Rasubala, No. Mhs : 8875, tahun 2002, PPS Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Dewasa ini, untuk menyelesaikan suatu analisis struktur dituntut untuk lebih cepat, tepat dan teliti. Oleh karena itu diperlukan adanya program-program yang dapat menyelesaikan suatu permasalahan yang cepat dan akurat. Ada berberapa metoda dalam menganalisis sebuah struktur bangunan, yang salah satunya adalah dengan metoda kekakuan langsung. Dalam menyelesaikan suatu kasus, apabila struktur tersebut memiliki derajat kebebasan yang besar, mengakibatkan operasi numerik (matriks) mempunyai dimensi yang besar. Adanya keterbatasan *hardware* maupun *software* diperlukannya suatu metoda/ teknik untuk mengatasi derajat kebebasan yang besar. Pada tugas akhir ini digunakan metoda sub struktur yang diharapkan dapat mengurangi besarnya permasalahan numerik sehingga dapat mengatasi keterbatasannya *hardware* maupun *software* komputer.

Maksud dari tugas akhir ini adalah membuat suatu program komputer yang dapat digunakan dalam menganalisis suatu struktur portal bidang dengan metoda sub struktur sehingga didapat hasil berupa perpindahan pada titik kumpul, gaya pada ujung batang dan reaksi pada tumpuan. Program komputer ditulis dengan bahasa pemograman *Pascal* dan dikompilasi dengan menggunakan *Borland Delphi 5.0*. Permasalahan utama pada program ini adalah menurunkan matriks kekakuan sub struktur dan memisahakan matriks tersebut menjadi matriks sub struktur, dan setelah dianalisis digabungkan kembali untuk mendapatkan hasil keluaran pada program ini, yaitu perpindahan titik kumpul, gaya pada ujung batang dan reaksi pada tumpuan.

Hasil yang diperoleh pada program ini dibandingkan dengan *software* lain yang telah ada, yaitu *GRASP Version 1.20* dan *SAP2000*. Pengujian program dibandingkan dengan *GRASP* didapat faktor kesalahan maksimum adalah sebesar 3,8121 % untuk uji perpindahan, 5,55489 % untuk uji gaya ujung batang dan 0,00318 untuk uji reaksi tumpuan. Pengujian program dibandingkan dengan *SAP2000* didapat faktor kesalahan maksimum adalah 6,08349 % untuk uji perpindahan, 13,8419 % untuk uji gaya pada ujung batang dan 2,3019 % untuk uji reaksi tumpuan. Faktor kesalahan ini dikarenakan kecilnya hasil yang didapat sehingga dalam perbandingannya diperoleh perbedaan yang besar. Pada pengujian hasil dari program dengan tanpa sub struktur dan dengan sub struktur didapatkan hasil yang amat kecil dan dapat dibilang memiliki faktor perbedaan sebesar 0 %. Pengembangan lebih lanjut dari program ini diharapkan dapat digunakan dalam menganalisis struktur dengan derajat kebebasan yang lebih banyak dari portal bidang, yaitu rangka batang ruang atau portal ruang.

Kata kunci : portal bidang, metoda kekakuan langsung, sub struktur, perpindahan titik kumpul, gaya pada ujung batang, reaksi tumpuan.

KATA HANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Bapa di Surga ,atas segala berkat, rahmat dan penyertaan-Nya kepada penulis hingga akhir penulisan tugas akhir ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya dengan baik.

Penulisan tugas akhir ini dalam rangka melengkapi persyaratan guna memperoleh derajat kesarjanaan (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Pada kesempatan ini, penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini, tidak akan dapat terselesaikan tanpa adanya dukungan dari semua pihak kepada penulis. Oleh kerana itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak DR. Ir. FX. Nurwadji Wibowo, M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah dengan sabar meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, dorongan, petunjuk, saran, kritik dan bantuan yang sangat berarti dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Haryanto Yoso Wigroho, M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, petunjuk, saran, kritik dan bantuan yang sangat berarti dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Segenap dosen dan staf pengajaran Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Papa, Mama, dan Kakak-kakakku Grey, Steven dan Ine tercinta yang senantiasa memberikan doa dan dukungan serta segalanya buat penulis

selama masa studi dan penilisan tugas akhir ini di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

5. Ama, Akong, Om Buce, Ai, Ku Aseng dan seluruh saudara-saudaraku tersayang baik yang ada di Samarinda maupun yang ada di Jakarta atas doa dan dukungannya kepada penulis selama studi dan penyusunan tugas akhir ini.
6. Tin-tin tersayang atas segala doa, dorongan, bantuannya dan kasihnya kepada penulis selama masa studi dan penilisan tugas akhir ini di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
7. Sahabat-sahabatku : Sarrawi, Edy, Budi, Ferry, Kenny, Dony Pa'E, Asang, Aphow, Mulin, Bob, Henry, Olly, Aspan, Jefri, Barto, Just, Anti, Ivonne, Erika, Ira, Yeny, Lisa, Ninik, Maggy, Iwid, Ayu, Linda, Mbak Banun atas segala doa dan bantuannya baik selama studi maupun dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Tentor-tentor yang ada di Widialoka atas bimbingannya.
9. Saudara-saudara dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu hingga selesainya penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh untuk disebut sempurna. Sekalipun demikian, penulis berharap agar tulisan ini dapat memberi manfaat bagi pembacanya.

Yogyakarta, Mei 2002
Penulis

Ronald Rasubala
NPM : 98 02 08905

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL..... i
HALAMAN PENGESAHAN..... ii
HALAMAN PERSEMBAHAN..... iv
INTISARI..... v
KATA HANTAR..... vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL..... x
DAFTAR GAMBAR..... xii
DAFTAR LAMPIRAN..... xiv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN..... xvi
BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang Permasalahan..... 1
1.2. Permasalahan..... 3
1.3. Batasan Masalah..... 3
1.4. Tujuan Penulisan..... 4
1.5. Manfaat..... 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Tinjauan Struktur Rangka..... 5
2.1.1. Balok..... 5
2.1.2. Rangka batang bidang..... 6
2.1.3. Rangka batang ruang..... 7
2.1.4. Portal bidang..... 7
2.1.5. Balok silang..... 8
2.1.6. Portal ruang..... 9
2.2. Tinjauan Metoda Kekakuan.....10
2.2.1. Metoda kekakuan langsung.....11
2.2.2. Penerapan metoda kekakuan langsung pada portal bidang.....13

2.3. Sub Struktur..... 15
2.3.1. Konsep dasar sub struktur..... 17

BAB III PEMOGRAMAN SUB STRUKTUR PADA PORTAL BIDANG
3.1. Struktur Program.....22
3.2. *Input* Data Struktur..... 23
3.3. *Input* Data Sub Struktur..... 25
3.4. *Input* Data Beban..... 29
3.5. Keluaran.....32
BAB IV APLIKASI PROGRAM KOMPUTER SUB STRUKTUR PADA PORTAL BIDANG
4.1. Umum..... 34
4.2. Aplikasi Program..... 34
4.2.1. Kasus 1.....34
4.2.2. Kasus 2.....41
4.2.3. Kasus 3.....48
4.2.4. Kasus 4.....56
4.2.2. Pemakaian *Array* dan *Memory*.....93
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1. Kesimpulan..... 94
5.2. Saran..... 95
DAFTAR PUSTAKA..... 97
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Matriks kekakuan struktur portal bidang dalam tata koordinat global..... 16

Tabel 4.1. Perbandingan hasil perpindahan antara solusi manual dengan program..... 39

Tabel 4.2. Perbandingan hasil momen pada ujung batang program yang dibuat dengan hasil solusi manual.....40

Tabel 4.3. Perbandingan hasil perpindahan kasus 2.....43

Tabel 4.4. Perbandingan hasil gaya pada ujung batang kasus 2.....44

Tabel 4.5. Perbandingan hasil reaksi tumpuan kasus 2.....45

Tabel 4.6. Hasil pengujian perpindahan tanpa dan dengan sub struktur..... 46

Tabel 4.7. Hasil pengujian gaya pada ujung batang program dengan dan tanpa sub struktur..... 47

Tabel 4.8. Hasil pengujian reaksi tumpuan program dengan dan tanpa sub struktur..... 48

Tabel 4.9. Perbandingan hasil perpindahan kasus 3.....51

Tabel 4.10. Perbandingan hasil gaya pada ujung batang kasus 3.....52

Tabel 4.11. Perbandingan hasil reaksi tumpuan kasus 3.....52

Tabel 4.12. Pengujian hasil perpindahan pada permasalahan 1 dan permasalahan 2 terhadap struktur yang dianalisis sebagai struktur utuh..... 54

Tabel 4.13. Pengujian hasil gaya pada ujung batang pada permasalahan 1 dan permasalahan 2 terhadap struktur yang dianalisis sebagai struktur utuh..... 55

Tabel 4.14. Pengujian hasil reaksi tumpuan pada permasalahan 1 dan permasalahan 2 terhadap struktur yang dianalisis sebagai struktur utuh..... 56

Tabel 4.15. Perbandingan hasil perpindahan kasus 4..... 61

Tabel 4.16. Perbandingan hasil gaya pada ujung batang kasus 4.....64

Tabel 4.17. Perbandingan hasil reaksi tumpuan kasus 4.....71

Tabel 4.18.a. Hasil perpindahan program pada struktur utuh dan sub struktur. 73

Tabel 4.18.b. Hasil pengujian perpindahan sub struktur terhadap struktur utuh.75

Tabel 4.19.a. Hasil gaya pada ujung batang pada struktur utuh dan sub struktur.....77

Tabel 4.19.b. Hasil pengujian gaya pada ujung batang sub struktur terhadap struktur utuh..... 84

Tabel 4.20.a. Hasil reaksi tumpuan program pada struktur utuh dan sub struktur..... 91

Tabel 4.20.b. Hasil pengujian reaksi tumpuan sub struktur terhadap struktur utuh..... 92

Tabel 4.21. Pemakaian *array* dan *memory* untuk struktur utuh.....93

Tabel 4.22. Pemakaian *array* dan *memory* untuk struktur dengan Sub struktur..... 93

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.1. Portal bidang dengan teknik sub struktur..... 2

Gambar 2.1. Balok..... 5

Gambar 2.2. Rangka batang bidang..... 6

Gambar 2.3. Rangka batang ruang..... 7

Gambar 2.4. Portal bidang..... 8

Gambar 2.5. Balok silang..... 9

Gambar 2.6. Portal ruang..... 9

Gambar 2.7. Perpindahan pada metoda kekakuan langsung..... 13

Gambar 2.8. Analisis sub struktur..... 18

Gambar 2.8.a. Portal bidang..... 18

Gambar 2.8.b. Sub struktur M..... 18

Gambar 2.8.c. Sub struktur N..... 18

Gambar 2.8.d. Sub struktur O..... 18

Gambar 2.9. Titik simpul dalam dan titik simpul pertemuan pada sub struktur..... 19

Gambar 3.1. *Flow chart* program sub struktur pada portal bidang..... 24

Gambar 3.2. *Form Input* data struktur..... 26

Gambar 3.3. *Form Input* data sub struktur..... 28

Gambar 3.4. *Form Input* data beban..... 31

Gambar 3.5. Keluaran..... 32

Gambar 3.5.a. *Form* hasil.....32

Gambar 3.5.b. *Form outfile*.....33

Gambar 4.1. Portal 1.....35

Gambar 4.1.a. Portal sederhana 9 batang.....35

Gambar 4.1.b. Derajat kebebasan struktur dan pembagian sub struktur.....36

Gambar 4.2. Portal 2.....41

Gambar 4.2.a. Portal sederhana 6 batang.....41

Gambar 4.2.b. Derajat kebebasan struktur dan pembagian sub struktur.....42

Gambar 4.3. Portal 3.....49

Gambar 4.3.a. Portal sedrhana 6 batang.....49

Gambar 4.3.b. Derajat kebebasan dan permasalahan 1 dengan 2 buah sub struktur.....49

Gambar 4.3.c. Derajat kebebasan dan permasalahan 2 dengan 3 buah sub struktur.....50

Gambar 4.4. Portal 4.....59

Gambar 4.4.a. Portal dengan beban yang bekerja.....59

Gambar 4.4.b. Nomor titik kumpul/joint dan batang.....59

Gambar 4.5. Pembagian sub struktur pada permasalahan 1.....60

Gambar 4.6. Pembagian sub struktur pada permasalahan 2.....60

Gambar 4.7. Pembagian sub struktur pada permasalahan 3.....60

Gambar 4.8. Pembagian sub struktur pada permasalahan 4.....61

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 *Listing* program sub struktur pada portal bidang..... 98

Lampiran 2 Data *input* dan *output* program pada kasus 1..... 139

Lampiran 3 Perhitungan beban titik kumpul ekivalen untuk kasus 2..... 141

Lampiran 4 Data *input* dan *output* program pada kasus 2 pada struktur utuh.142

Lampiran 5 Data *input* dan *output* program pada kasus 2 pada struktur dengan sub struktur (permasalahan 1)..... 144

Lampiran 6 Grafik, data *input* dan *output SAP2000* pada kasus 2.....146

Lampiran 7 Data *input* dan *output* program pada kasus 3 pada struktur utuh.151

Lampiran 8 Data *input* dan *output* program pada kasus 3 pada struktur dengan sub struktur (permasalahan 1)..... 153

Lampiran 9 Data *input* dan *output* program pada kasus 3 pada struktur dengan sub struktur (permasalahan 2)..... 155

Lampiran 10 Grafik, data *input* dan *output GRASP* pada kasus 3.....157

Lampiran 11 Perhitungan beban titik kumpul ekivalen untuk kasus 4..... 160

Lampiran 12 Data *input* dan *output* program pada kasus 4 pada struktur utuh.161

Lampiran 13 Data *input* dan *output* program pada kasus 4 pada struktur dengan sub struktur (permasalahan 1)..... 165

Lampiran 14 Data *input* dan *output* program pada kasus 4 pada struktur dengan sub struktur (permasalahan 2)..... 170

Lampiran 15 Data *input* dan *output* program pada kasus 4 pada struktur dengan sub struktur (permasalahan 3)..... 175

Lampiran 16 Data *input* dan *output* program pada kasus 4 pada struktur dengan sub struktur (permasalahan 4)..... 180

Lampiran 17 Grafik, data *input* dan *output GRASP* pada kasus 4.....185

Lampiran 18 Grafik, data *input* dan *output SAP2000* pada kasus 4.....197

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

A	Luas penampang batang
AE	Beban titik kumpul ekivalen (dalam arah sumbu struktur)
AM	Gaya pada ujung batang akhir
AMD	Gaya pada ujung batang akibat perpindahan titik kumpul
AR	Reaksi tumpuan (dalam arah sumbu struktur)
CX, CY	Kosinus arah X dan Y suatu batang
Displacement, Δ	Perpindahan yang terjadi pada titik kumpul (peninjauan struktur utuh)
DJ	Perpindahan yang terjadi pada titik kumpul (peninjauan sub struktur)
DjC	Perpindahan yang terjadi pada titik simpul pertemuan sub struktur
DjB	Perpindahan yang terjadi pada titik simpul dalm sub struktur
E	Modulus elastisitas
EL, L	Panjang batang
ID	Indeks perpindahan titik kumpul
IDSUB	Indeks perpindahan titik kumpul pada sub struktur
iKbb	Invers matriks $[K_{bb}]$
IM	Indeks perpindahan untuk batang
iTKccT	Invers dari matriks gabungan $\left[\hat{K}_{cc}\right]$
JJ	Ujung batang i pada batang
JK	Ujung batang j pada batang
JRL	Daftar pengekang titik kumpul
JRLS	Daftar pengekang titk kumpul pada sub struktur
K	Indeks titik kumpul yang dikekang
Kbb	Matriks sub struktur $[K_{bb}]$
Kcc	Matriks sub struktur $[K_{cc}]$
Kcb	Matriks sub struktur $[K_{cb}]$
Kbc	Matriks sub struktur $[K_{bc}]$
KccT	Matriks $\left[\hat{K}_{cc}\right]$
LML	Tabel batang yang dibebani
M	Jumlah batang pada struktur utuh
MD	Jumlah koordinat perpindahan untuk suatu batang
MSUB	Jamlah batang pada sub struktur
N	Jumlah derajat kebebasan
N1	Jumlah derajat kebebasan yang tidak terkekang pada titik simpul pada pertemuan sub struktur
N2	Jumlah derajat kebebasan yang tidak terkekang pada titik simpul pada dalam sub struktur
NC	Jumlah titik simpul pada pertemuan sub struktur
ND	Jumlah koordinat perpindahan untuk semua titik kumpul
NDS	Jumlah titik kumpul pada masing-masing sub struktur

NJ	Jumlah titik kumpul
NLJ	Jumlah titik kumpul yang dibebani
NLM	Jumlah batang yang dibebani
NPART	Jumlah sub struktur
NR	Jumlah pengekang tumpuan
NRJ	Jumlah titik kumpul yang dikekang
Ns	Jumlah derajat kebebasan yang tidak terkekang pada sub struktur
PB	Beban total yang terjadi pada titik simpul dalam
PC	Beban total yang terjadi pada titik simpul pertemuan
PJ	Beban pada titik kumpul
PJb	Beban pada titik simpul dalam akibat beban pada titik kumpul
PJc	Beban pada titik simpul pertemuan akibat beban pada titik kumpul
PMb	Beban pada titik simpul dalam akibat beban pada batang
PMc	Beban pada titik simpul pertemuan akibat beban pada batang
PML	Gaya pada ujung batang akibat beban
SFF	Matriks kekakuan sub struktur
TKccT	Matriks gabungan dari $\left[\hat{K}_{cc}\right]$
XCL, YCL	Komponen panjang batang dalam arah sumbu X dan Y
ZI, I	Momen inersia batang