

# PROGRAM KOMPUTER UNTUK ANALISIS DISTRIBUSI SUHU YANG DIOPERASIKAN DENGAN WINDOWS

Utaja  
P2PN- BATAN

## ABSTRAK

**PROGRAM KOMPUTER UNTUK ANALISIS DISTRIBUSI SUHU YANG DIOPERASIKAN DENGAN WINDOWS.** Saat ini di P2PN telah berhasil dikembangkan empat buah program berbasis elemen hingga untuk komputasi teknik, satu diantaranya adalah untuk analisis distribusi suhu. Tetapi keempat program ini masih dioperasikan dengan DOS. Kelemahan program yang masih dioperasikan dengan DOS adalah tampilan yang kurang menarik, sedang untuk dapat dipasarkan tampilan program harus cukup menarik. Penelitian ini bertujuan mengembangkan program komputer yang masih dioperasikan dengan DOS ke dalam program komputer yang dioperasikan dengan WINDOWS. Alih bahasa dilakukan dengan Visual Basic 5.0 secara bertingkat agar proses debugging mudah dilakukan. Hal pokok yang masih dipertahankan adalah sedikit mungkin mengoperasikan hardisk selama proses analisis.

## ABSTRACT

**COMPUTER PROGRAMME FOR TEMPERATURE DISTRIBUTION ANALYSIS OPERATED UNDER WINDOWS.** Four programmes for engineering computation base on finite element have been developed successfully in P2PN. One of the programmes is for temperature distribution analysis. Unfortunately the programme is still runned under DOS. The weakness of the programme run under DOS is bad presentation, and meanwhile for marketing need interesting presentation. The purpose of this researcn is developing the present programme running under DOS into programme running under WINDOWS. The translation is done by Visual Basic 5.0 step by step so the debugging is done easily. The main feature kept during translation is to minimize hardisk operation.

## PENDAHULUAN

Distribusi suhu merupakan persoalan yang banyak dijumpai di bidang fisika maupun teknik, seperti perlakuan panas pada baja, daya undak pada reaktor dan timbulnya tegangan sisa akibat suhu yang tidak merata. Penentuan distribusi suhu yang mencakup persoalan yang luas hanya mungkin dilakukan dengan metode elemen hingga (MEH). Penyelesaian dengan MEH memerlukan komputer dan program yang sesuai. Karena kemampuan PC saat ini cukup besar, pengoperasian program tidak lagi menjadi hambatan. Saat ini di P2PN tersedia program NISA II/90 yang salah satu programnya untuk menyelesaikan distribusi suhu. Program NISA II/90 memiliki beberapa kelemahan dan tidak mungkin dikembangkan lagi karena berupa program exe.

Untuk meningkatkan kemampuan sumber daya manusia dan merintis rekayasa software, kini dikembangkan program sejenis yang dioperasikan dengan WINDOWS.

Software ini merupakan pengembangan lebih lanjut dari software yang sudah berhasil dikembangkan di P2PN tetapi yang masih dioperasikan dengan DOS.

Dengan berhasilnya pengembangan software untuk penyelesaian distribusi suhu yang dioperasikan dengan WINDOWS, pengembangan software serupa untuk penyelesaian masalah lain, misal struktur, lebih mudah dilakukan.

## KONSEP DASAR.

Penyelesaian persoalan teknik dan fisika menggunakan metode elemen hingga melalui tiga tahapan penting yaitu :

1. Tahap penyediaan data geometri, data elemen, data material dan data syarat batas.
1. Tahap penyelesaian atau tahap analisis.
2. Tahap pemaparan hasil.

Berdasarkan tahapan tersebut dibuat tiga macam program masing masing adalah :

1. Program PRE-PROCESSOR (1 buah)
2. Program PROCESSOR (2 buah)
3. Program POST PROCESSOR (1 buah)



Gambar 1. Blok diagram penyelesaian

Program ini untuk menyediakan data yang akan diproses oleh program PROCESSOR. Data ini meliputi data geometri (koordinat titik simpul atau node), data elemen meliputi nomer elemen dan node yang membatasi (bentuk elemen segi tiga), data material (sifat termal bahan), data beban panas (7 macam beban panas) dan syarat batas. Penyediaan data ini dimulai dengan pembentukan geometri atau model yang akan dianalisis dengan unsur dasar titik, garis dan bidang. Bidang yang sudah dibentuk kemudian dibagi menjadi sejumlah elemen dan node. Selanjutnya dilakukan pemberian data material, beban dan syarat batas. Proses pembentukan geometri, elemen dan beban dapat diikuti lewat gambar di layar monitor. Setelah selesai, hasil atau data yang ada disimpan dalam file.

## 2. PROCESSOR (SOLVER)

Program ini melakukan analisis berdasar data yang dihasilkan oleh program PREPROCESSOR. Analisis dimulai dengan proses penomoran ulang (*renumbering*) node berdasar metode RCM agar proses optimasi dapat dilakukan. Selanjutnya dilakukan proses optimasi dan penyelesaian matrik dengan metode LU dekomposition. Hasil yang didapat dituliskan di dalam file data hasil yang akan dibaca oleh program POST-PROCESSOR.

## 3. POST-PROCESSOR

Program ini akan mengolah hasil dari program PROCESSOR dan menayangkan dalam bentuk kontur warna, grafik dan kurva isothermis. Dengan gambar ini diharapkan interpretasi lebih mudah dan cepat dilakukan.

## FILE DATA.

File data program PRE-PROCESSOR. Selama proses penyediaan data, program PRE-PROCESSOR membentuk dua macam file yaitu :

- File data temporer yang berisi data titik garis, bidang, elemen node dan beban.
- File data hasil yang bersisi data ordinat node, material, elemen, beban dan syarat batas.

Pada kedua data tersebut dapat dilakukan editing untuk memperbaiki atau mengganti data untuk analisis lain. File data temporer akan hilang bila keluar dari program, sedang data hasil akan tetap tersimpan. Untuk keperluan pengulangan analisis, data temporer ini dapat disimpan sebelum keluar dari program sehingga proses tidak perlu dilakukan dari awal.

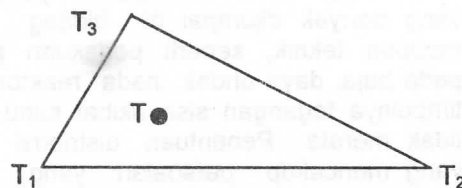
## DASAR TEORI ELEMEN HINGGA

Untuk ini hanya akan diuraikan dasar teori Penyelesaian distribusi suhu dengan elemen hingga. Penyelesaian persoalan dengan elemen hingga, diawali dengan membagi daerah yang akan dianalisis menjadi sejumlah elemen. Distribusi suhu *steady state* secara umum dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :<sup>[1]</sup>

$$\partial(k \partial T/\partial x)/\partial x + \partial(k \partial T/\partial y)/\partial y + Q_v = 0 \quad ..1)$$

Pada teori elemen hingga, suhu dalam setiap elemen dapat dinyatakan dengan :<sup>[1]</sup>

$$T = N_1 T_1 + N_2 T_2 + N_3 T_3 \quad ..2)$$



Gambar 2. Elemen dan suhu

dengan :

- k = konduktivitas bahan
- x,y = sistim koordinat Cartesian
- T = suhu dalam elemen
- N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub> = fungsi parameter
- T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> = suhu pada titik sudut
- Q<sub>v</sub> = panas volumetrik

Persamaan 2) dapat dituliskan dalam notasi matrik berikut :<sup>[1]</sup>

$$T = N a^o \quad ..3)$$

T = suhu dalam elemen

N = matrik fungsi parameter

$$= [ N_1 \ N_2 \ N_3 ]$$

a<sup>o</sup> = matrik suhu = [ T<sub>1</sub> T<sub>2</sub> T<sub>3</sub> ]<sup>T</sup>

Substitusi persamaan 2) ke dalam persamaan 1) memberikan residu yang dapat ditulis dengan :

$$R = \partial(k\partial(Na^0)/\partial x)/\partial x + \partial(k\partial(Na^0)/\partial y)/\partial y + Qv \quad \dots 4)$$

Residu ini diusahakan sekecil mungkin, misal dengan metode Galerkin. Untuk itu dapat ditulis : <sup>[11]</sup>

$$\int N^T \{ \partial(k\partial(Na^0)/\partial x)/\partial x + \partial(k\partial(Na^0)/\partial y)/\partial y + Qv \} dx dy = 0 \quad \dots 5)$$

Penyelesaian persamaan 5) akan memberikan : <sup>[11],[12]</sup>

$$K a = f \quad \dots 6)$$

- K = matrik stiffness berukuran n x n
- f = matrik kolom beban panas
- n = banyaknya node

Persamaan 5) diselesaikan dengan komputer, seperti diuraikan di bagian depan.

### HASIL DAN VALIDASI

Hasil eksekusi program telah divalidasi baik dengan perhitungan manual maupun dengan NISA II/90 <sup>[3]</sup> dan ANSYS 5.7. Validasi dan hasilnya dipampangkan pada beberapa tabel berikut :

Tabel 1. Validasi pada sirip pendingin

Posisi	Suhu (°C)		
	Program	Ansys 5.7	Manual
0	80.0	80.0	80.0
0.025	61.58	61.83	56.01
0.050	49.97	50.3	43.54
0.075	42.68	43.0	37.05
0.10	38.12	38.39	33.68
0.125	35.31	35.54	31.94
0.150	33.65	33.85	31.06
0.175	32.78	32.95	30.66
0.20	32.51	32.67	30.54

Tabel 2. Validasi panas volumetrik

Posisi	Suhu (°C)		
	Program	Ansys 5.7	Manual
0	396.0	396.0	395.8
6.25E-4	395.6	395.62	395.5
1.25E-3	394.6	394.61	394.5
1.875E-3	392.9	392.96	392.9
2.5E-3	390.7	390.66	390.7
3.125E-3	387.7	387.72	387.7
3.75E-3	384.1	384.13	384.1
4.375E-3	379.9	379.89	379.9
5E-3	375.0	375.0	375.0

Tabel 3. Validasi pada keping

Posisi	Suhu (°C)		
	Program	Ansys 5.7	Manual
0	100	100	100
0.0125	75.0	75.38	75.39
0.025	53.61	53.77	54.02
0.0375	37.06	36.79	37.29
0.05	24.89	24.4	24.98
0.0625	16.07	15.60	16.08
0.075	9.55	9.2	9.53
0.10	0	0	0

Tabel 4. Validasi keping berlubang

Posisi	Suhu (°C)		
	Program	Ansys 5.7	NISA II
1	100	100	100
2	91.45	92.83	91.45
3	85.52	87.33	85.42
4	81.33	83.07	81.37
5	78.50	79.81	78.50
6	76.59	77.40	76.59
7	75.41	75.75	75.41
8	74.78	74.78	74.78
9	74.58	74.46	74.58

Dari Tabel 1 sampai Tabel 4 tampak harga dari program dengan ANSYS 5.7 sedikit berbeda. Hal ini disebabkan analisis dengan ANSYS 5.7 menggunakan elemen segi empat, sedangkan program menggunakan elemen segi tiga linier. Sedangkan perbedaan dengan perhitungan manual disebabkan pemakaian persamaan berbentuk deret. Perkecualian pada Tabel 2, dimana perhitungan manual berasal dari persamaan bukan deret. Pada Tabel 4 tampak hasil dari program persis sama dengan hasil dari NISA II/90. Hal ini disebabkan pemakaian elemen segi tiga yang sama.

### PENUTUP

Dari hasil validasi tampak hasil eksekusi program sangat dekat dengan hasil perhitungan tangan maupun hasil eksekusi program sejenis. Selain itu program ini ini dapat digunakan di perguruan tinggi untuk meningkatkan kemampuan komputasi terutama di bidang perpindahan panas.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sampaikan terima kasih kepada KPTF-P2PN yang telah membantu perbaikan makalah kami ini.

## ACUAN

1. FRANK S. STASSA, "Applied Finite Element Analysis for Engineer", CSB Publishing, USA
2. MAYL BOTS, "Mathematical Methods in Physical Science", Second Edition, John Willy & Sons, New York
3. EMRC, "User Manual For Disply Post", Troy, Michigan USA.

Point	Program	ANSYS 5.7	Manual
0	100	100	100
0.025	92.81	92.81	92.81
0.05	85.74	85.74	85.74
0.075	78.67	78.67	78.67
0.1	71.60	71.60	71.60
0.125	64.53	64.53	64.53
0.15	57.46	57.46	57.46
0.175	50.39	50.39	50.39
0.2	43.32	43.32	43.32
0.225	36.25	36.25	36.25
0.25	29.18	29.18	29.18
0.275	22.11	22.11	22.11
0.3	15.04	15.04	15.04
0.325	7.97	7.97	7.97
0.35	0.90	0.90	0.90
0.375	-6.17	-6.17	-6.17
0.4	-13.24	-13.24	-13.24

Tabel 4. Variasi temperatur

Point	Program	ANSYS 5.7	Manual
0	100	100	100
0.025	92.81	92.81	92.81
0.05	85.74	85.74	85.74
0.075	78.67	78.67	78.67
0.1	71.60	71.60	71.60
0.125	64.53	64.53	64.53
0.15	57.46	57.46	57.46
0.175	50.39	50.39	50.39
0.2	43.32	43.32	43.32
0.225	36.25	36.25	36.25
0.25	29.18	29.18	29.18
0.275	22.11	22.11	22.11
0.3	15.04	15.04	15.04
0.325	7.97	7.97	7.97
0.35	0.90	0.90	0.90
0.375	-6.17	-6.17	-6.17
0.4	-13.24	-13.24	-13.24

Das Tabel 1 sampai Tabel 4 adalah hasil dari program dengan ANSYS 5.7 untuk berbagai variasi temperatur. Hal ini dilakukan untuk membandingkan hasil dengan manual. Penggunaan program ini sangat penting untuk memastikan keakuratan hasil analisis. Perbedaan-perbedaan yang ditemukan antara hasil manual dan program dapat disebabkan oleh kesalahan input data atau perbedaan metode perhitungan. Perbandingan ini menunjukkan bahwa hasil dari program sangat akurat dan sesuai dengan hasil manual. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses ini meliputi: persiapan data, pelaksanaan analisis, dan verifikasi hasil. Hal ini dilakukan untuk memastikan keakuratan hasil yang dihasilkan.

## PENUTUP

Das hasil validasi sangat akurat dan sesuai dengan hasil manual. Program ini dapat digunakan untuk analisis struktur yang lebih kompleks. Keakuratan hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan program ini sangat penting untuk memastikan keakuratan hasil analisis. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses ini meliputi: persiapan data, pelaksanaan analisis, dan verifikasi hasil. Hal ini dilakukan untuk memastikan keakuratan hasil yang dihasilkan.

Das Tabel 1 sampai Tabel 4 adalah hasil dari program dengan ANSYS 5.7 untuk berbagai variasi temperatur. Hal ini dilakukan untuk membandingkan hasil dengan manual. Penggunaan program ini sangat penting untuk memastikan keakuratan hasil analisis. Perbedaan-perbedaan yang ditemukan antara hasil manual dan program dapat disebabkan oleh kesalahan input data atau perbedaan metode perhitungan. Perbandingan ini menunjukkan bahwa hasil dari program sangat akurat dan sesuai dengan hasil manual. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses ini meliputi: persiapan data, pelaksanaan analisis, dan verifikasi hasil. Hal ini dilakukan untuk memastikan keakuratan hasil yang dihasilkan.

Point	Program	ANSYS 5.7	Manual
0	100	100	100
0.025	92.81	92.81	92.81
0.05	85.74	85.74	85.74
0.075	78.67	78.67	78.67
0.1	71.60	71.60	71.60
0.125	64.53	64.53	64.53
0.15	57.46	57.46	57.46
0.175	50.39	50.39	50.39
0.2	43.32	43.32	43.32
0.225	36.25	36.25	36.25
0.25	29.18	29.18	29.18
0.275	22.11	22.11	22.11
0.3	15.04	15.04	15.04
0.325	7.97	7.97	7.97
0.35	0.90	0.90	0.90
0.375	-6.17	-6.17	-6.17
0.4	-13.24	-13.24	-13.24

Point	Program	ANSYS 5.7	Manual
0	100	100	100
0.025	92.81	92.81	92.81
0.05	85.74	85.74	85.74
0.075	78.67	78.67	78.67
0.1	71.60	71.60	71.60
0.125	64.53	64.53	64.53
0.15	57.46	57.46	57.46
0.175	50.39	50.39	50.39
0.2	43.32	43.32	43.32
0.225	36.25	36.25	36.25
0.25	29.18	29.18	29.18
0.275	22.11	22.11	22.11
0.3	15.04	15.04	15.04
0.325	7.97	7.97	7.97
0.35	0.90	0.90	0.90
0.375	-6.17	-6.17	-6.17
0.4	-13.24	-13.24	-13.24