

## Analisis Kekuatan Bahan Dua Dimensi Dengan Metode Elemen Hingga

**Muh.Yamin, Hammada Abbas, Dermawan\*, dan Syahrier Arief**

Prog. Studi Teknik Mesin, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Unhas

Jl. P.Kemerdekaan Km. 10, Makassar, 90245

\*Prog. Studi Pasca Sarjana Teknik Mesin Unhas, Jl. P.Kemerdekaan Km. 10, Makassar, 90245

### Abstrak

*Pada penelitian ini kami menggunakan metode elemen hingga untuk menganalisis kekuatan bahan dalam dua dimensi. Metode elemen hingga adalah suatu metode yang mampu menganalisis permasalahan rumit dan tidak beraturan yang dibagi-bagi dalam bentuk elemen yang lebih kecil. Metode ini dapat dilakukan untuk menganalisis struktur yang diselesaikan dengan bantuan software. Dalam penelitian ini kami menggunakan Fortran sebagai alat bantu. Penerapan MEH pada plat bujur sangkar dengan lubang pada titik tengah berbentuk lingkaran yang ditumpu pada dua sisi dengan gaya luar, modulus elastisitas, koefisien poisson dan tebal material yang diketahui. Hasilnya adalah nilai perpindahan, tegangan dan regangan pada arah x dan y. Luaran yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah paket program sederhana, software, untuk menghitung tegangan dan regangan pada plat dua dimensi.*

*Kata kunci: Metode Elemen Hingga, Kekuatan bahan*

### A. PENDAHULUAN

Seiring dengan pengembangan industri nasional, maka sektor rancang bangun komponen mesin untuk kebutuhan industri di dalam negeri sangat dirasakan perlu. Indonesia sebagai Negara berkembang harus berusaha agar industri di Indonesia menjadi *industri benar*.

Untuk mencapai hal tersebut di atas diperlukan suatu alih teknologi, maka perlu peningkatan sains dan teknologi. Salah satu bidang sains dan teknologi yang masih perlu dikembangkan adalah sarana bantu desain/rekayasa teknik khususnya Analisis Elemen Hingga. Suatu metode yang dapat memecahkan masalah perhitungan-perhitungan seperti pada struktur bidang, struktur rangka, elastisitas, mekanika fluida, perpindahan panas, rangkaian, dan lain-lain. Sukses Metode Elemen Hingga sebagai desain yang praktis tergantung pada tersedianya efisiensi rata-rata dari hasil penyelesaian sistem dari persamaan simultan. Melihat perkembangan teknologi saat ini Metode Elemen Hingga masih akan memainkan peranan yang sangat penting dalam desain teknik untuk beberapa tahun mendatang. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dibuat suatu program sederhana untuk membantu menganalisis tegangan terbesar yang terjadi akibat pembebanan yang diterima oleh struktur. Salah satu program yang sangat populer sampai sekarang ini adalah bahasa Fortran.

Bertitik tolak dari masalah tersebut di atas maka peneliti akan mencoba menganalisis suatu struktur dalam sebuah penelitian yang berjudul “*Analisis Kekuatan Bahan Dua Dimensi dengan Metoda Elemen Hingga*”. Beberapa masalah dapat dirumuskan yaitu bagaimana membuat suatu perangkat program komputer, untuk menghitung tegangan, regangan dan perpindahan sehingga pengaruh gaya luar dapat diamati. Tujuan penelitian ini adalah membuat paket program, menghitung perpindahan, tegangan dan regangan dan mengetahui pengaruh gaya luar pada struktur.

Formulasi dipakai adalah persamaan energi pada keadaan statis dari sebuah benda padat yang dapat berdeformasi secara elastis.

Persamaan akhir dituliskan :

$$[[K](q_k) - [f] - [\phi]](\delta q_k) = 0 \quad \dots\dots\dots 1$$

dimana

$$[f] - [\Phi] = [F]$$

$$[K] = \sum \int v_k [B]_k^T [D] [B]_k dv_k$$

$$[f] = \sum \int v_k (f)_k [N]_k dv_k$$

$$[q] = \sum \int a_k (\theta)^T [N]_k ds_k$$

Berdasarkan hubungan ini keadaan equilibrium untuk sebuah benda padat yang dapat mengadakan deformasi diberikan oleh persamaan umum :

$$[K] (q) = [F] \quad \dots\dots\dots 2$$

Sehingga resolusi yang dikehendaki di sini adalah untuk menghitung vektor (q) dari perpindahan yang tidak diketahui pada titik-titik sembarang dari suatu struktur statis.

Regangan-regangan ini diakibatkan oleh tegangan normal dan tegangan geser menunjukkan hubungan regangan peralihan umum u dan v dinyatakan dalam regangan  $\epsilon$ . Persamaan ini dapat juga dituliskan dalam bentuk matriks :

$$\epsilon = C \sigma \quad \dots\dots\dots 3$$

dengan

$$C = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix}$$

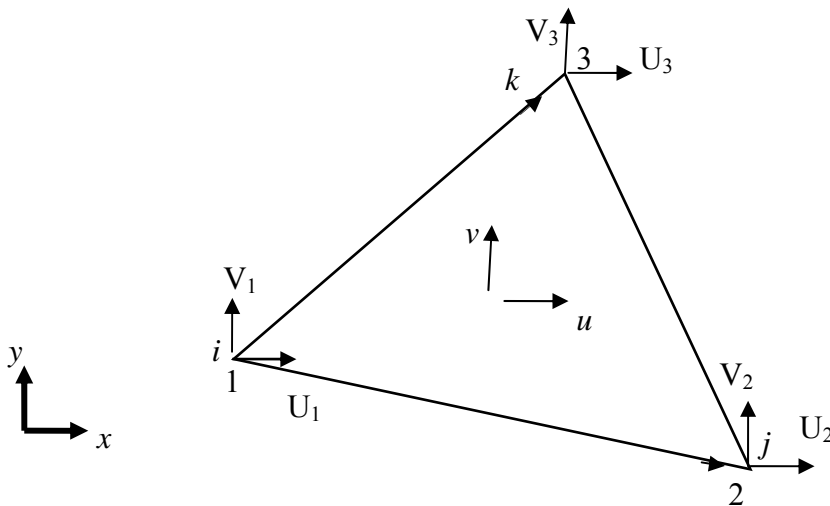
dan

$$\sigma = E \epsilon \quad \dots\dots\dots 4$$

dengan

$$E = C^{-1} = \frac{E}{1-\nu} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda \end{bmatrix}$$

Elemen segitiga sangat cocok digunakan untuk membagi kontinum dua dimensi (diperlihatkan pada gambar 1).



Gambar 1 Perpindahan yang Terjadi pada Elemen Segitiga

Kekakuan elemen dengan persamaan :

$$[K]_e = h_e \int [B]^T [C] [B] dx dy \quad \dots\dots\dots 5$$

Dimana :

$$[B] = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 & \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \end{bmatrix}$$

## B. METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Tempat untuk melakukan penelitian adalah Laboratorium Perancangan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang pelaksanaannya telah dilaksanakan selama 3 bulan.

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang merupakan data primer yang diperlukan dalam penelitian ini adalah dari pelat aluminium berbentuk bujursangkar dengan tebal 0,5 cm.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini khususnya dalam pembuatan software dan pengolahan data menggunakan seperangkat komputer.

### Konstruksi Struktur dan Pembebanan

Material yang digunakan adalah aluminium dengan parameter sebagai berikut :

- Panjang ( L) : 250 cm
- Diameter lubang (d) : 125 cm
- Tebal pelat ( t) : 0.5 cm
- Modulus elastis material (E) :  $7,0 \times 10^6$  N/cm<sup>2</sup>
- Koefisien Poisson (ν) : 0,33

Pelat dibebani oleh beban tarik F dalam arah x sebesar 500 N

Konstruksi struktur dan pembebanannya dibuat dalam suatu model seperti pada gambar 1.

## **Metode Analisis**

Sebagai bahan untuk pengertian urutan konstruksi program, maka program tersebut disusun berdasarkan diagram aliran (flow chart).

Adapun pemasukan data yang diperlukan adalah :

- Modulus elastis = E
- Koefisien Poisson =  $\nu$
- Tebal elemen = T
- Jumlah elemen dalam arah U dan V
- Jumlah titik simpul setiap elemen
- Koordinat global pada arah masing-masing x dan y.

Pemakaian syarat batas bertujuan untuk memodifikasi matriks [K] dan vektor gaya (F) sesuai dengan derajat kebebasan yang diblokir (q) dari hubungan persamaan (2).

Data masukan dalam paket program ini adalah mencakup struktur elemen, syarat batas dan gaya yang bekerja.

Paket program yang telah dibuat dieksekusi dengan data masukan yang telah ditetapkan seperti di atas dalam sekali proses (run) dan dapat kita lihat simulasi eksekusi program pada lampiran 2.

Output program menghasilkan 6 output informasi yaitu :

1. Koordinat titik simpul
2. Matriks penghubung
3. Matriks kekakuan elemen
4. Perpindahan tiap titik nodal
5. Tegangan
6. Regangan.

## **C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil yang didapatkan dari eksekusi program berupa nilai-nilai perpindahan, tegangan dan regangan seperti yang diperlihatkan pada lampiran 2 – 5 tabel dan grafik perpindahan, tegangan dan regangan.

Hasil yang didapatkan pada simulasi program bertujuan untuk mendapatkan besaran-besaran yaitu perpindahan, tegangan, regangan dan besaran yang lainnya yang diakibatkan gaya luar pada bahan pelat dua dimensi seperti pada tabel dan Grafik Lampiran 2 – 6. Input besaran-besaran yang dapat diketahui pada struktur yaitu tebal pelat 0.5 cm, Elastisitas  $7 \times 10^6$  N/cm<sup>2</sup> angka poisson 0.33.

### **1. Perpindahan**

Perpindahan maksimum terjadi pada titik simpul 59 arah x yaitu 8.3927E-3. Hal ini disebabkan karena pada titik simpul ini merupakan titik simpul yang terdekat dari gaya yang bekerja. Hasil eksekusi juga memperlihatkan perpindahan pada setiap titik simpul harga terbesar pada arah x dan terkecil pada arah y. Yang tidak terjadi perpindahan baik arah x maupun arah y yaitu pada titik simpul 46 dan 54. hal ini disebabkan karena pada titik simpul tersebut terdapat pengekang.

### **2. Tegangan**

Tegangan yang besar terjadi pada elemen yang berada di sekitar tumpuan. Posisi tegangan maksimum terdapat pada elemen 66. Hal ini disebabkan karena adanya gaya reaksi dari tumpuan A yang berlawanan dengan arah gaya luar. Dan tegangan yang kecil umumnya berada pada elemen yang jauh dari tempat bekerjanya gaya luar. Tegangan geser maksimum berada pada elemen 82 sebesar 8.42509E+04 .

Tegangan yang terjadi pada garis sumbu AB rata-rata lebih besar dibandingkan dengan tegangan yang berada pada garis sumbu CD karena disebabkan oleh gaya yang bekerja tegak lurus dengan garis sumbu AB.

### **3. Regangan**

Sesuai dengan teori elastisitas regangan dan tegangan adalah berbanding lurus. Sehingga semakin besar tegangan maka regangan juga akan semakin besar. Regangan yang besar terjadi pada elemen yang berada di sekitar tumpuan. Posisi regangan maksimum terdapat pada elemen 66. Hal ini disebabkan karena adanya reaksi dari tumpuan A yang berlawanan langsung dengan beban gaya yang diberikan. Dan regangan yang kecil umumnya berada pada elemen yang jauh dari tempat bekerjanya gaya luar.

Pada aplikasi program yang telah dibuat dapat diinput karakteristik material yang bervariasi tanpa mempengaruhi bagian-bagian yang lain. Dengan cara ini kita dapat langsung melihat hasil dari perpindahan, tegangan dan regangan.

Posisi dan jumlah pembebanan juga dapat divariasikan tanpa mengganggu program dasar. Pada saat eksekusi program kita dapat memasukkan posisi masing-masing pembebanan.

Dengan cara yang sama posisi dan kondisi pengekang bisa diletakkan dimana saja tergantung kondisi dari struktur yang kita rencanakan. Dengan mudah kita tinggal menginput pada program yang telah kita desain.

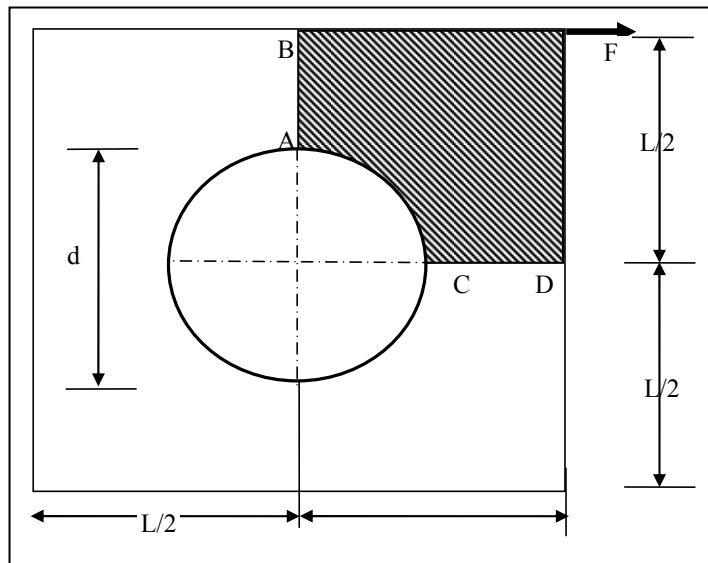
### **KESIMPULAN**

Dari hasil analisis dan pembahasan hasil program MEH2D dapat disimpulkan sebagai berikut :

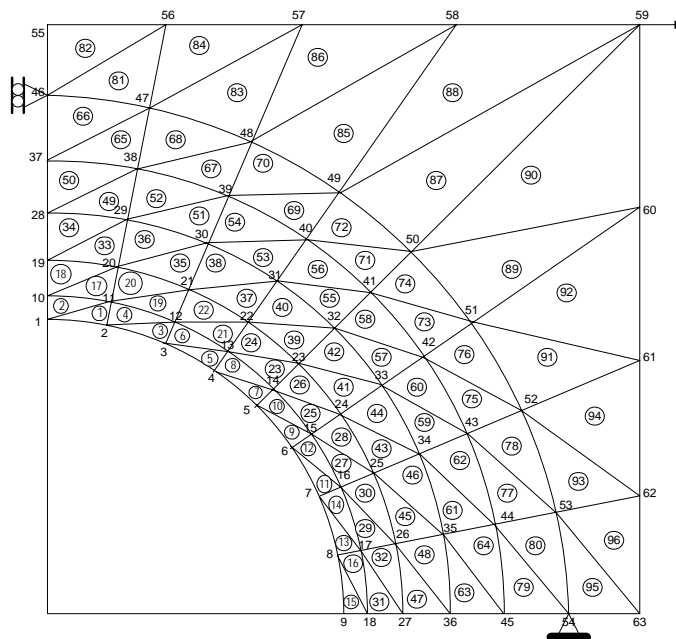
1. Program yang telah dibuat berhasil mendapatkan nilai-nilai dari perpindahan, tegangan dan regangan yang terjadi.
2. Gaya luar sangat mempengaruhi perpindahan titik simpul. Perpindahan terbesar terjadi pada titik simpul tempat dimana gaya luar bekerja. Dan perpindahan terkecil berada pada titik simpul yang terjauh dan tegak lurus dari gaya luar bekerja.
3. Akibat gaya luar yang bekerja pada arah horizontal menyebabkan tegangan pada arah x cenderung lebih besar dibanding dengan tegangan arah y.
4. Tegangan maksimum terjadi pada elemen yang berada pada daerah tumpuan A yaitu elemen 66 karena adanya reaksi dari tumpuan itu.
5. Tegangan geser maksimum dari struktur berada pada elemen disekitar tumpuan akibat adanya gaya reaksi dari R<sub>Ax</sub>
6. Regangan maksimum berada pada sekitar tumpuan A. Regangan x maksimum lebih kecil dibandingkan dengan regangan y maksimum karena gaya yang bekerja searah dengan sumbu x.
7. Semakin besar tegangan yang dialami oleh suatu struktur atau elemen maka regangan yang dihasilkan juga akan semakin besar.

### **DAFTAR PUSTAKA**

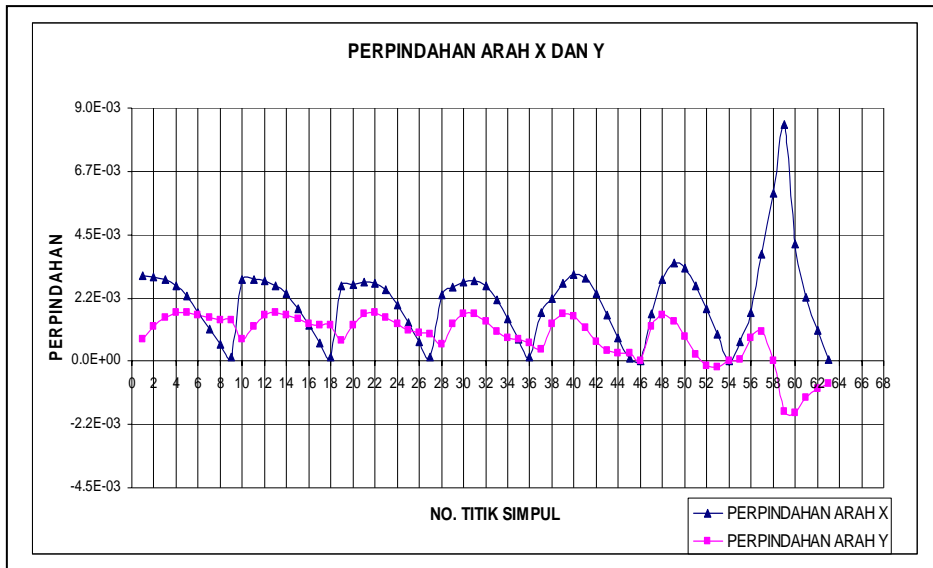
1. Amrinsyah Nasution, 1990, *Fortran 77*, Erlangga, Jakarta.
2. Chandrakant S. Desai, 1996, *Dasar-dasar Metode Elemen Hingga*, edisi kedua, Erlangga Jakarta.
3. Hammada Abbas., 1994, *Aplikasi Metode Elemen Hingga Untuk Analisis Sifat-sifat Mekanis Struktur Bentuk Bidang Dengan Bantuan Komputer*, Lembaga Penelitian UNHAS, Makassar.
4. Huebner, Kenneth H And Thorton, Earl A., 1982, *"The Finite Element Method For Engineers"*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York.
5. KATILI, IRWAN, 2004, *Metode Elemen Hingga Untuk Pelat Lentur*, Edisi Pertama, UI-Press, Jakarta.
6. REDDY, J.N, 1993, *An Introduction To The Finite Element Method*, Second Edition, McGraw-Hill, Inc, Singapore.
7. William D. Callister, Jr., 1993, *Materials Science and Engineering*, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York.
8. William Weaver, JR- Paul R. Johnston., 1993, *Elemen Hingga untuk Analisis Struktur*, edisi kedua, PT Eresco, Bandung.



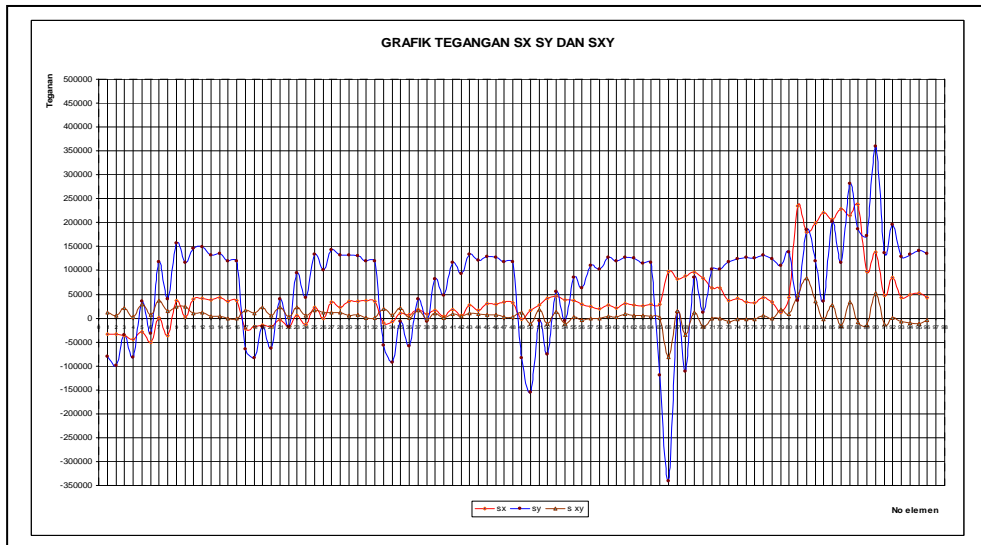
Gambar 2 Pelat bujursangkar dengan lubang lingkaran



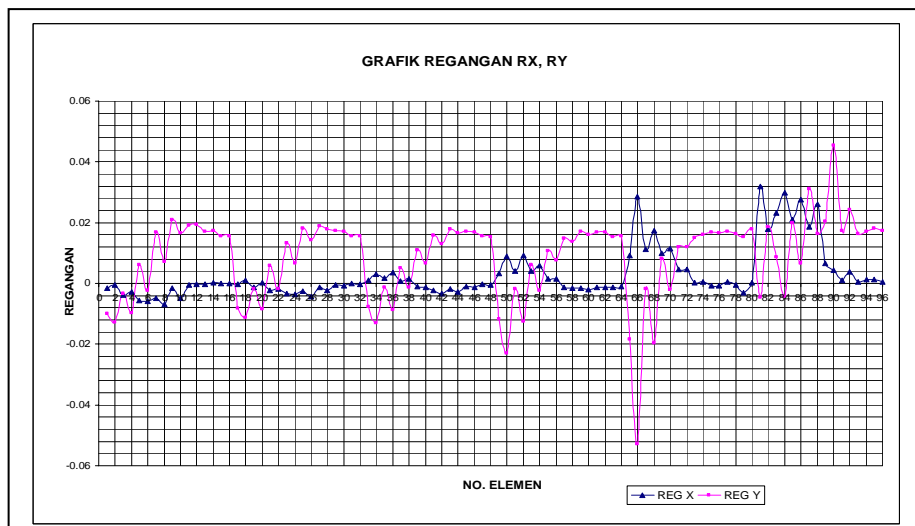
Gambar 3 Pembagian Kontinum Menjadi Elemen-elemen Yang Lebih Kecil



Gambar 4 Grafik Perpindahan Arah x dan y

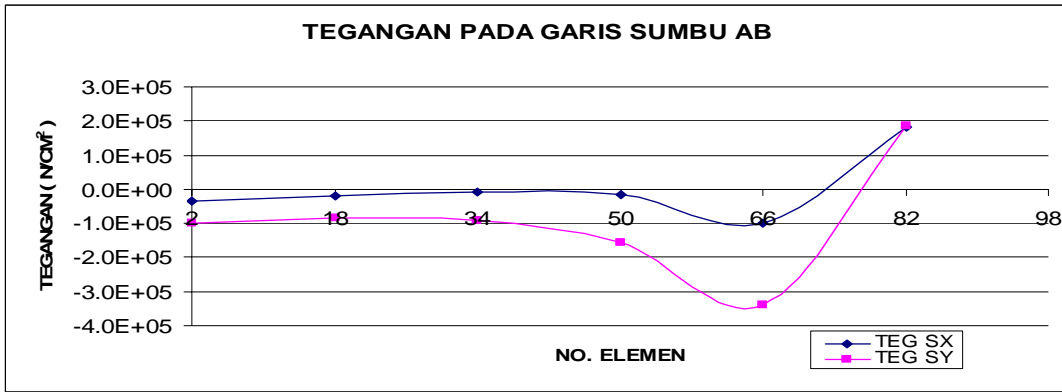


Gambar 5. Grafik Perbandingan antara Tegangan SX dan SY

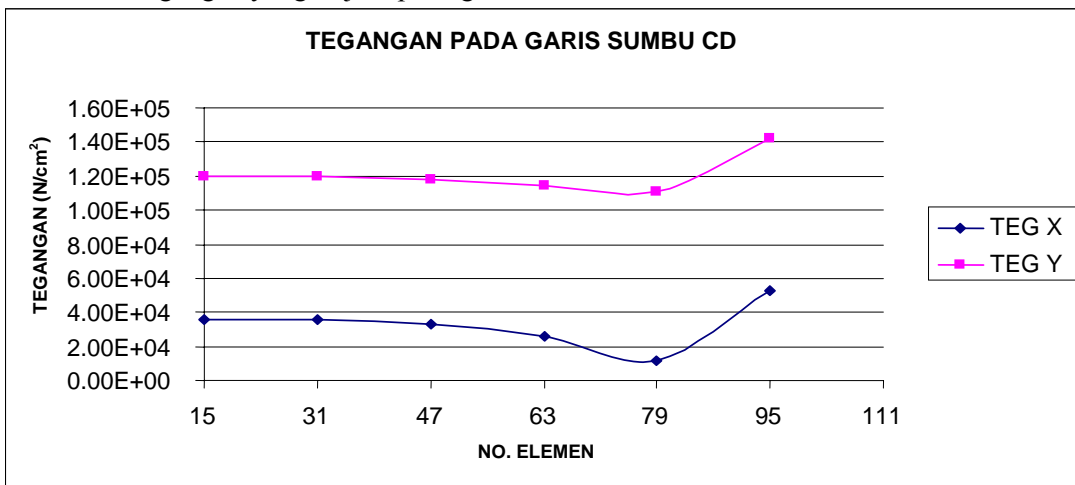


Gambar 6. Grafik Perbandingan antara Regangan RX dan RY





Gambar 6 Tegangan yang terjadi pada garis sumbu CD



Gambar 7 Tegangan yang terjadi di sekitar lubang

