

## BAB IV

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

## 4.1. Data Hasil Pengujian Kekakuan Pegas Dial Gauge

| No.       | $\Delta$ (mm) | P (gr) | K (gr/mm) |
|-----------|---------------|--------|-----------|
| 1         | 50            | 73     | 1.46      |
| 2         | 75            | 89     | 1.19      |
| 3         | 100           | 101    | 1.01      |
| Rata-Rata |               | 1.2189 |           |

(a)

| No.       | $\Delta$ (mm) | P (gr) | K (gr/mm) |
|-----------|---------------|--------|-----------|
| 1         | 50            | 68     | 1.36      |
| 2         | 75            | 93     | 1.24      |
| 3         | 100           | 105    | 1.05      |
| Rata-Rata |               | 1.2167 |           |

(b)

**Tabel 4.1** Hasil pengujian kekakuan pegas dial gauge arah vertikal; (a) percobaan pertama ; (b) percobaan kedua

Rata-rata nilai k untuk arah vertikal =  $(1.2189 + 1.2167)/2 = 1.2177$

| No.       | $\Delta$ (mm) | P (gr) | K (gr/mm) |
|-----------|---------------|--------|-----------|
| 1         | 75            | 87     | 1.160     |
| 2         | 100           | 93.8   | 0.938     |
| 3         | 125           | 95     | 0.76      |
| Rata-Rata |               | 0.9527 |           |

(a)

| No.       | $\Delta$ (mm) | P (gr) | K (gr/mm) |
|-----------|---------------|--------|-----------|
| 1         | 75            | 89     | 1.187     |
| 2         | 100           | 93     | 0.93      |
| 3         | 125           | 96.7   | 0.7736    |
| Rata-Rata |               | 0.9634 |           |

(b)

**Tabel 4.2** Hasil pengujian kekakuan pegas dial gauge arah horizontal; (a) percobaan pertama ; (b) percobaan kedua

Rata-rata nilai k untuk arah vertikal =  $(0.9527 + 0.9634)/2 = 0.9584$

#### 4.2. Data Kondisi Tanah

Dari penelitian melalui pengujian yang dilakukan oleh Titin Trianingsih Mulia (2012), dan Rofi Trianto Sanjaya (2014) terhadap tanah asli didapatkan data rekondisi tanah ekspansif dari Paron Ngawi guna dipakai dalam analisa program bantu SAP 2000 sebagai berikut :

Berat per unit volume :

- Kondisi OMC ( $w = 30.169\%$ )  $= 1.405 \text{ gr/cm}^3$
- Kondisi OMC - 5% ( $w = 28.661\%$ )  $= 1.483 \text{ gr/cm}^3$
- Kondisi OMC + 5% ( $w = 31.677\%$ )  $= 1.389 \text{ gr/cm}^3$

(Rofi T. S., 2014)

Massa per unit volume :

- Kondisi OMC ( $w = 30.169\%$ )  $= 1.432\text{E-}4 \text{ gr/cm}^3$
- Kondisi OMC - 5% ( $w = 28.661\%$ )  $= 1.512\text{E-}4 \text{ gr/cm}^3$
- Kondisi OMC + 5% ( $w = 31.677\%$ )  $= 1.415\text{E-}4 \text{ gr/cm}^3$

(Rofi T. S., 2014)

Modulus elastisitas (E) :

- Kondisi OMC ( $w = 30.169\%$ )  
Dicoba dari  $E = 11878.7 \text{ gr/cm}^2$
- Kondisi OMC - 5% ( $w = 28.661\%$ )  
Dicoba dari  $E = 11594.9 \text{ gr/cm}^2$
- Kondisi OMC + 5% ( $w = 31.677\%$ )  
Dicoba dari  $E = 12428.5 \text{ gr/cm}^2$

Koefisien termal expansion (A)  $= 1.170$  (Titin Trianingsih Mulia (2012))

Modulus geser (G) :

- Kondisi OMC

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{11878.7}{2(1+0)} = 5939 \text{ gr/cm}^2$$

- Kondisi OMC – 5%

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{11594.9}{2(1+0)} = 5797 \text{ gr/cm}^2$$

- Kondisi OMC + 5%

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{124284.5}{2(1+0)} = 6214 \text{ gr/cm}^2$$

#### 4.3. Analisa Tanah Ekspansif dengan SAP 2000

Tahapan analisa dengan menggunakan program bantu SAP 2000 adalah mendefinisikan material, pemodelan desain, analisa desain, dan output (hasil perhitungan program). Dalam pembahasan diambil contoh pada kondisi OMC, sampel ke-1.

##### 4.3.1. Data Material Properties Tanah

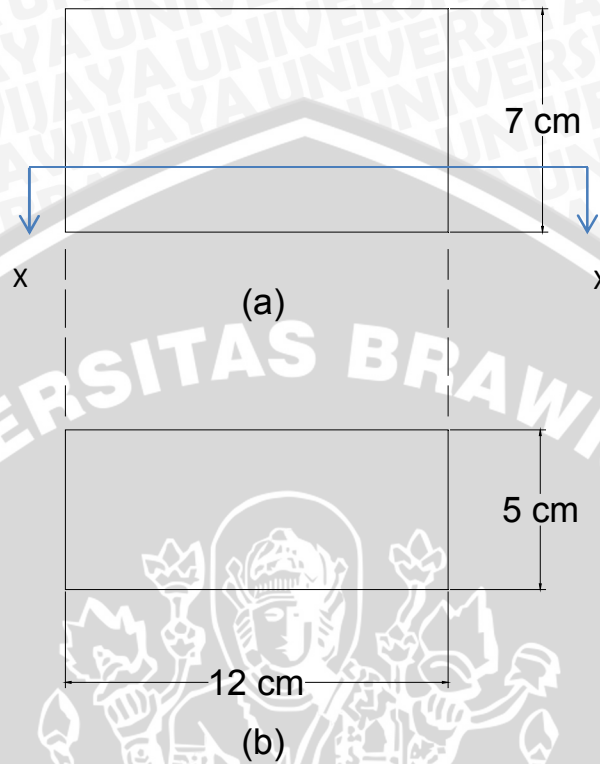
Data yang diperlukan dalam analisa yaitu :

1. Berat jenis kondisi = 1.405 gr/cm<sup>3</sup>
2. Modulus elastisitas = 11878.7 gr/cm<sup>2</sup>
3. Angka poisson ratio = 0
4. Modulus geser = 5939 gr/cm<sup>2</sup>
5. Koefisien thermal = 1.170 gr/cm<sup>2</sup>



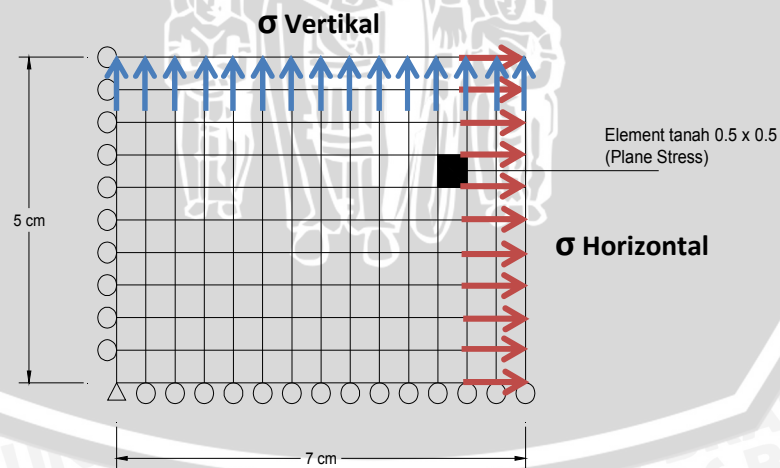
#### 4.3.2. Pemodelan Desain

1. Data dimensi pada pengujian pengembangan ( Rofi T. S., 2014) sebagai berikut:



**Gambar 4.1** (a) Tampak Atas ; (b) Tampak Memanjang (Pot. x – x)

2. Model pada analisis SAP 2000

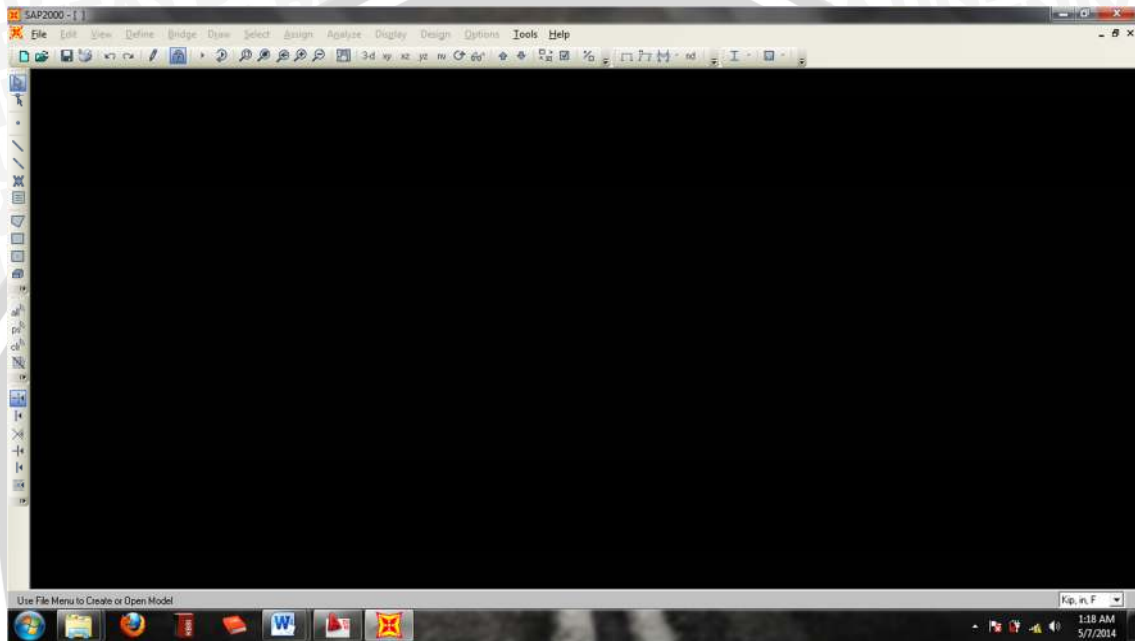


**Gambar 4.2** Pemodelan pada SAP 2000 (Pot. melintang berdasarkan Gambar

4.1 (a))

#### 4.3.3. Input Model dan Proses Analisa dengan Program SAP 2000

Sebelum memulai analisis pemodelan desain perkerasan kaku diatas tanah ekspansif, langkah-langkah yang dilakukan terlebih dahulu adalah mempersiapkan program SAP2000 pada computer. Kemudian pilih program SAP2000 pada desktop , dan selanjutnya SAP2000 akan menampilkan jendela SAP2000 seperti dibawah ini.

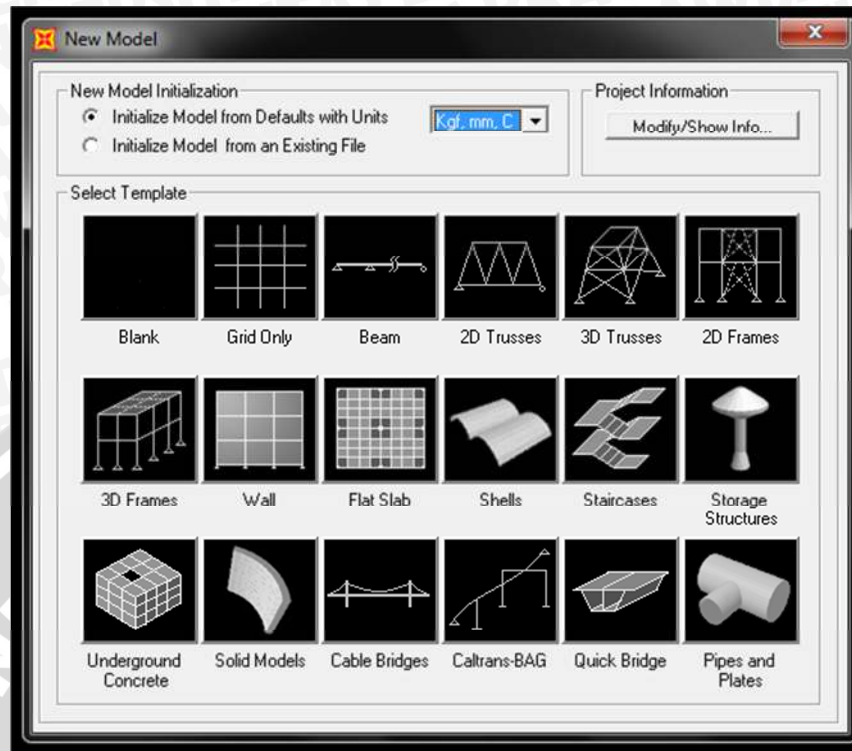


**Gambar 4.3** Tampilan awal program SAP2000 setelah dijalankan

Langkah dalam memasukkan input data yang sudah dianalisa sebelumnya yaitu :

1. Memulai membuat file baru

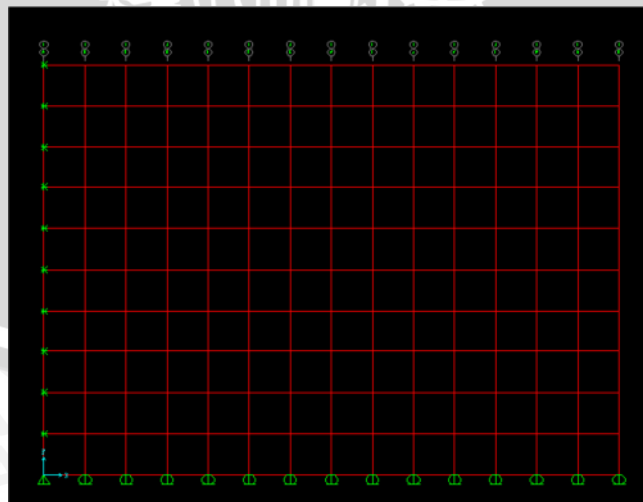
Dalam pembuatan file baru di program SAP2000, penyusun menggunakan satuan Kgf, mm, C dan *Grid Only* sebagai pemodelannya.



**Gambar 4.4** Menentukan satuan dan model

2. Membuat model desain

Membuat model seperti gambar 4.2 yaitu dengan mengatur grid line sebagai acuan kemudian menyimpannya dengan garis persegi (klik draw rectangular area element - )



**Gambar 4.5** Menggambar model desain



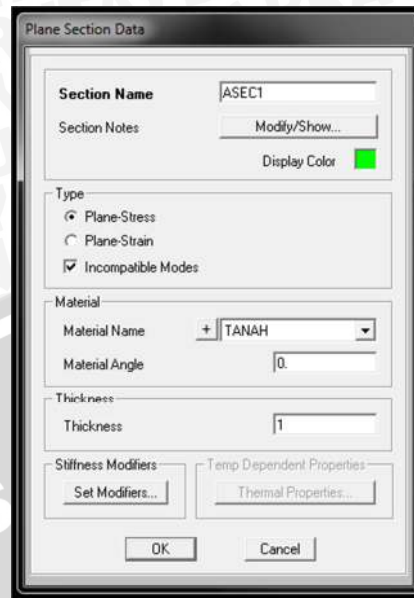
### 3. Mendefinisikan material

Berdasarkan data yang sudah dianalisa pada sub. 4.2.1 maka dimasukkan data tersebut dengan memilih *define* pada menu bar kemudian pilih *materials* seperti gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Mendefinisikan material tanah

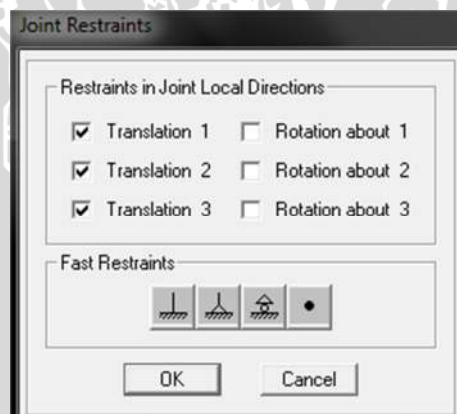
Setelah mendefinisikan material, definisikan pula penampang elemen struktur dengan memilih *define* → *section properties* → *area sections* → *plane* → *add new section* → *plane section data* → isi data → ok



**Gambar 4.7** Mendefinisikan penampang elemen struktur

4. Menentukan tumpuan

Cara menentukan tumpuan adalah dengan mengklik titik yang akan diberikan tumpuan → pilih *assign* pada menu bar → *joint* → *restraints* → *joint restraints* → isi data → ok.

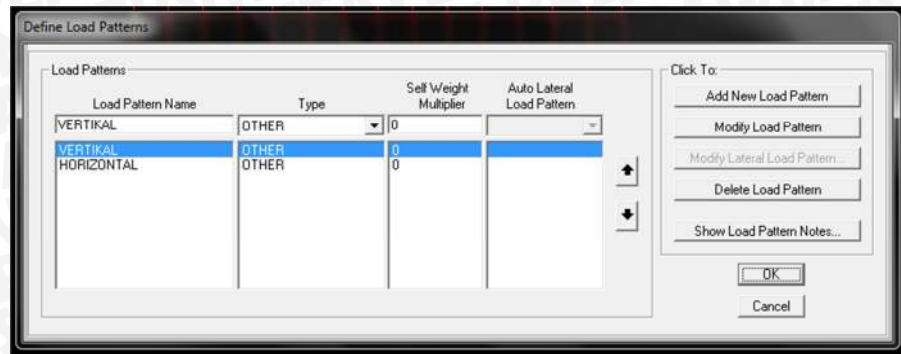


**Gambar 4.8** Menentukan tumpuan

5. Mendefinisikan tipe beban

Menentukan tipe beban dengan *define* → *load patterns* → *define load patterns*.  
Definisikan beban vertikal dan horizontal dengan *type other* dan *self weight*  
*multiplayer* = 0 kemudian ok.



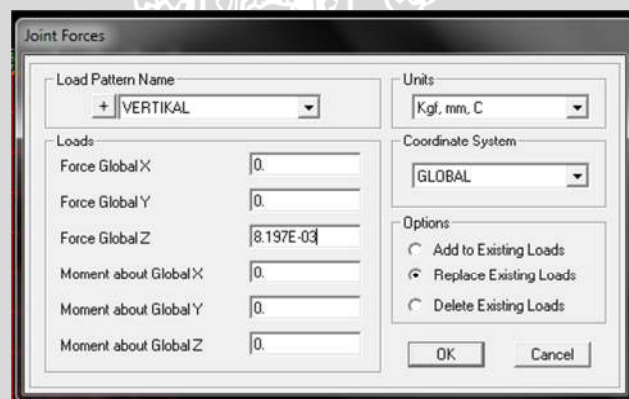


**Gambar 4.9** Mendefinisikan beban vertikal dan horizontal

Setelah mendefinisikan beban vertikal dan horizontal definisikan beban kombinasi.

6. Menentukan pola pembebanan

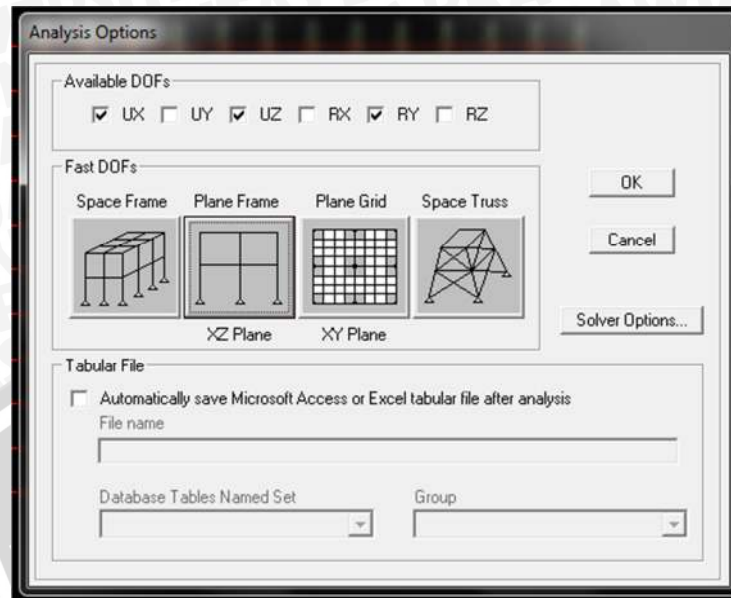
Cara menentukan pola pembebanan yaitu klik titik yang akan diberikan beban kemudian pilih *assign* → *joint load* → *force* → *joint force* → isi data → ok.



**Gambar 4.10** Menentukan pola pembebanan

7. Menentukan tipe analisis

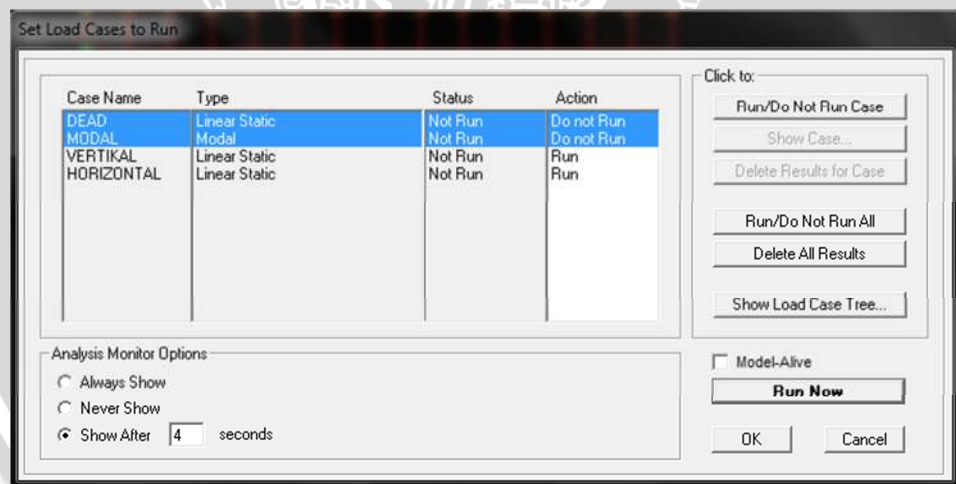
Pilih *analyze* → *set analyze options* → *xz plane* → ok



**Gambar 4.11** Menentukan tipe analisis

8. Melakukan analisis

Pilih *analyze* → *run analysis* → pilih *modal* dan *dead* → *do not run case* → *run now*.



**Gambar 4.12** Melakukan analisis

#### 4.3.4. Output Model dan Pembahasan

Dari hasil analisis program diperoleh hasil displacement atau pengembangan arah vertikal dan horizontal seperti pada tabel 4.3 di bawah ini.

| WAKTU   | PENGEMBANGAN VERTIKAL      | PENGEMBANGAN VERTIKAL<br>(ANALISIS SAP 2000)   |
|---------|----------------------------|------------------------------------------------|
| (MENIT) | (MM)                       | (MM)                                           |
| 1       | 1.01                       | 0.9201                                         |
| 15      | 2.34                       | 2.1275                                         |
| 30      | 2.61                       | 2.3719                                         |
| 480     | 3.3                        | 3.0011                                         |
| 2880    | 3.82                       | 3.4706                                         |
| 5760    | 4.25                       | 3.8670                                         |
| 8640    | 4.49                       | 4.0870                                         |
| 14400   | 4.76                       | 4.3340                                         |
| 18720   | 4.86                       | 4.4262                                         |
| 24480   | 4.91                       | 4.4723                                         |
| WAKTU   | PENGEMBANGAN<br>HORIZONTAL | PENGEMBANGAN HORIZONTAL<br>(ANALISIS SAP 2000) |
| (MENIT) | (MM)                       | (MM)                                           |
| 1       | 0.64                       | 0.2609                                         |
| 15      | 1.59                       | 0.6457                                         |
| 30      | 1.80                       | 0.7303                                         |
| 480     | 2.22                       | 0.9020                                         |
| 2880    | 2.66                       | 1.0787                                         |
| 5760    | 2.81                       | 1.1428                                         |
| 8640    | 2.93                       | 1.1924                                         |
| 14400   | 3.07                       | 1.2502                                         |
| 18720   | 3.10                       | 1.2632                                         |
| 24480   | 3.13                       | 1.2755                                         |

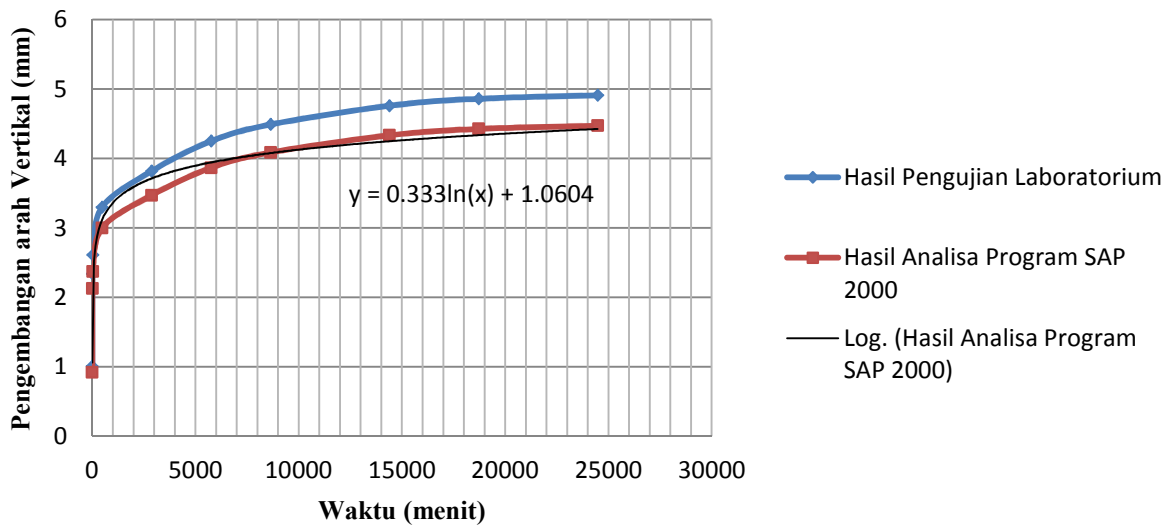
**Tabel 4.3** Hasil hubungan pengembangan dan waktu

Untuk hasil analisa dengan program SAP2000 seperti pada tabel 4.3 di atas, parameter yang digunakan adalah sesuai sub bab 4.2.1.

Dari hasil tersebut diperoleh grafik hubungan seperti di bawah ini untuk simulasi pendekatan dengan program SAP 2000 terhadap hasil pengujian laboratorium oleh penguji Rofi Trianto S. (2014).

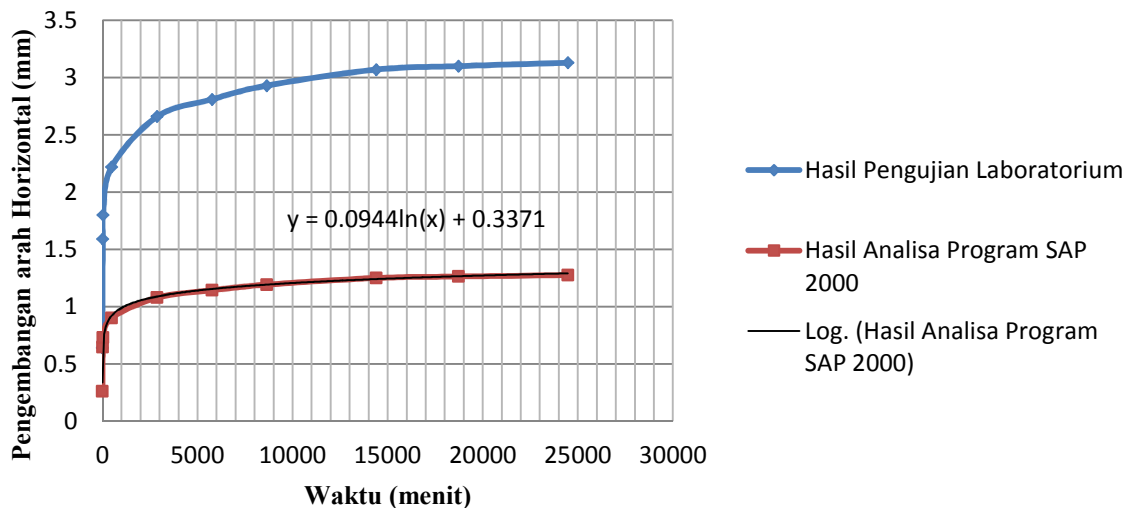


### Hubungan Pengembangan dan Waktu (OMC Sampel 1)



**Gambar 4.13** Simulasi hasil pengujian laboratorium dengan program SAP 2000 arah vertikal saat OMC sampel 1 ( $E = 11878.7 \text{ gr/cm}^2$ )

### Hubungan Pengembangan dan Waktu (OMC Sampel 1)



**Gambar 4.14** Simulasi hasil pengujian laboratorium dengan program SAP 2000 arah horizontal saat OMC sampel 1 ( $E = 11878.7 \text{ gr/cm}^2$ )

Berdasarkan gambar 4.13 di atas terlihat bahwa untuk pengembangan vertikal hasilnya mendekati kondisi aslinya. Sedangkan pada gambar 4.14 di atas terlihat bahwa

hasil pengembangan dengan program SAP 2000 jauh dari hasil pengujian laboratorium.

Selisih pengembangan vertikal  $\frac{(3.82-3.4706)}{3.82} \times 100\% = 9.15\%$  sedangkan untuk horizontal

$\frac{(2.66-1.0787)}{2.66} \times 100\% = 59.45\%$

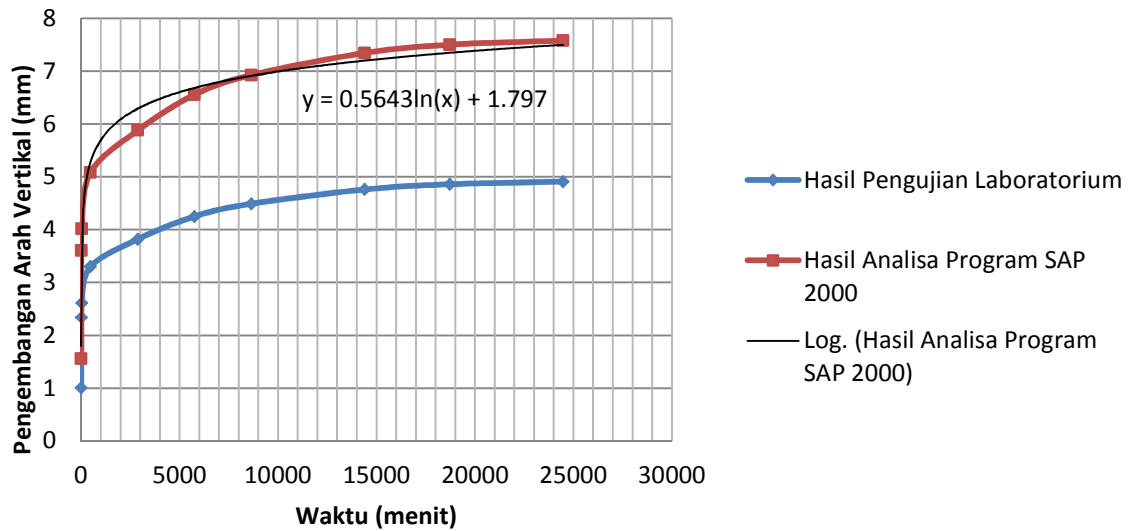
Dengan coba-coba memasukkan parameter modulus elastisitas (E) dan poisson ratio ( $\nu$ ) saat kondisi OMC,  $E = 5010 \text{ gr/cm}^2$ ,  $\nu = 0$ ,  $G = 2505 \text{ gr/cm}^2$  dimana nilai E dikecilkan. Diperoleh hasil seperti pada tabel 4.4 berikut :

| WAKTU   | PENGEMBANGAN VERTIKAL      | PENGEMBANGAN VERTIKAL<br>(ANALISIS SAP 2000)   |
|---------|----------------------------|------------------------------------------------|
| (MENIT) | (MM)                       | (MM)                                           |
| 1       | 1.01                       | 1.5591                                         |
| 15      | 2.34                       | 3.6052                                         |
| 30      | 2.61                       | 4.0193                                         |
| 480     | 3.30                       | 5.0855                                         |
| 2880    | 3.82                       | 5.8811                                         |
| 5760    | 4.25                       | 6.5527                                         |
| 8640    | 4.49                       | 6.9256                                         |
| 14400   | 4.76                       | 7.3441                                         |
| 18720   | 4.86                       | 7.5003                                         |
| 24480   | 4.91                       | 7.5784                                         |
| WAKTU   | PENGEMBANGAN<br>HORIZONTAL | PENGEMBANGAN HORIZONTAL<br>(ANALISIS SAP 2000) |
| (MENIT) | (MM)                       | (MM)                                           |
| 1       | 0.64                       | 0.4401                                         |
| 15      | 1.59                       | 1.0941                                         |
| 30      | 1.80                       | 1.2375                                         |
| 480     | 2.22                       | 1.5284                                         |
| 2880    | 2.66                       | 1.8279                                         |
| 5760    | 2.81                       | 1.9364                                         |
| 8640    | 2.93                       | 2.0206                                         |
| 14400   | 3.07                       | 2.1185                                         |
| 18720   | 3.10                       | 2.1406                                         |
| 24480   | 3.13                       | 2.1614                                         |

**Tabel 4.4** Hasil hubungan pengembangan dan waktu, kondisi  $E = 5010 \text{ gr/cm}^2$

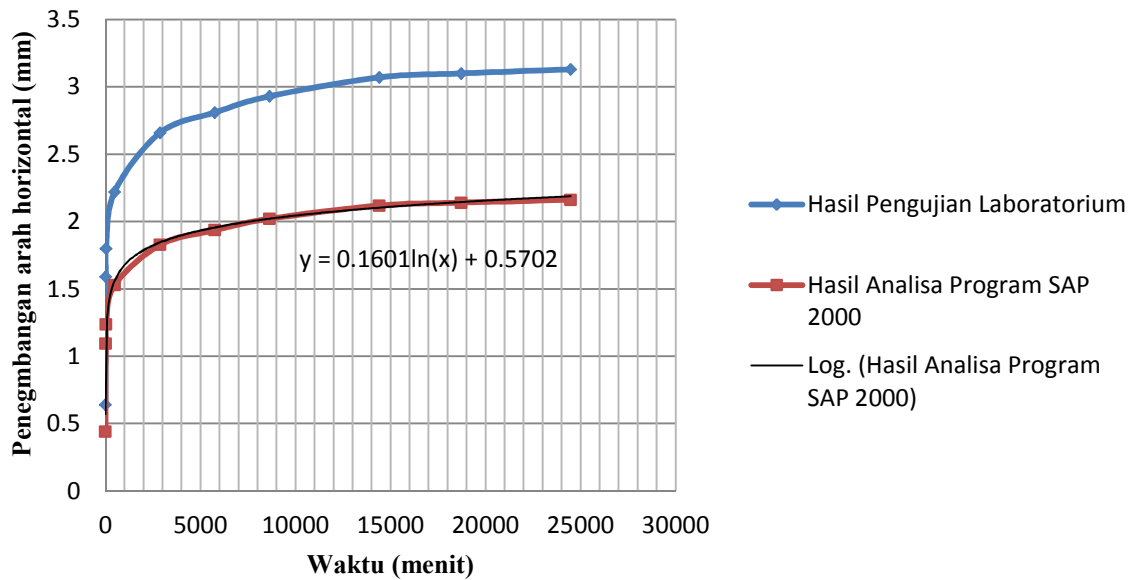
Dari hasil tersebut diperoleh grafik hubungan seperti di bawah ini untuk simulasi pendekatan dengan program SAP 2000 terhadap hasil pengujian laboratorium oleh Rofi T. S. (2014).

### Hubungan Pengembangan dan Waktu (OMC Sampel 1)



**Gambar 4.15** Simulasi hasil pengujian laboratorium dengan program SAP 2000 arah vertikal saat OMC sampel 1 ( $E = 5010 \text{ gr/cm}^2$ )

### Hubungan Pengembangan dan Waktu (OMC Sampel 1)



**Gambar 4.16** Simulasi hasil pengujian laboratorium dengan program SAP 2000 arah horizontal saat OMC sampel 1 ( $E = 5010 \text{ gr/cm}^2$ )



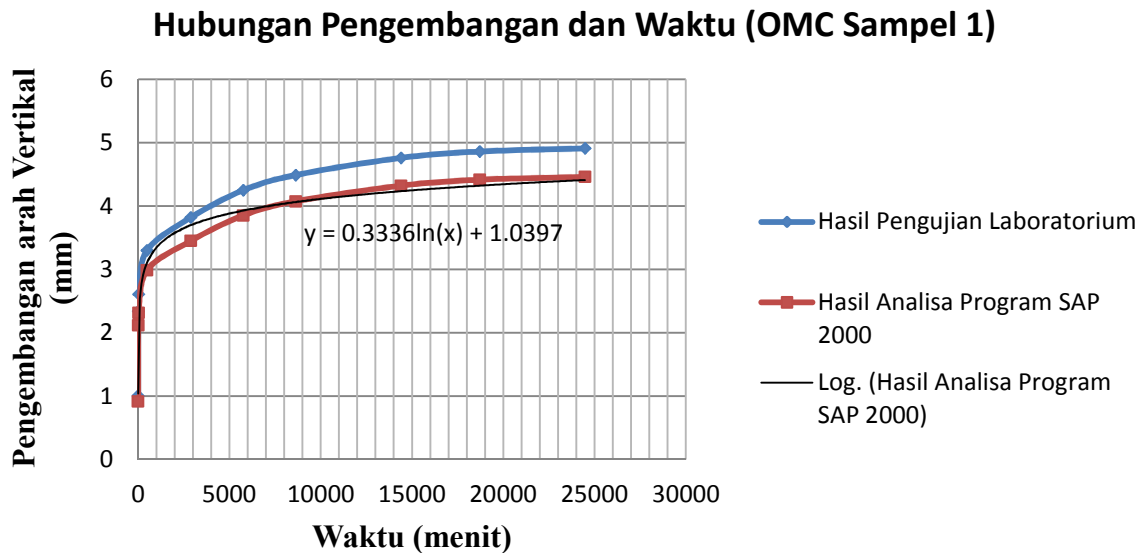
Dari gambar 4.15 dan 4.16 terlihat bahwa dengan mengecilkan nilai modulus elastisitas (E) maka pendekatan pengembangan arah vertikal semakin jauh sedangkan pengembangan arah horizontal hasilnya semakin baik. Selisih pengembangan vertikal  $\frac{(7.2322-4.68)}{7.2322} \times 100\% = 35.29\%$  sedangkan untuk arah horizontal  $\frac{(1.7-1.1074)}{1.7} \times 100\% = 34.86\%$ .

Diduga asumsi untuk tekanan pengembangan arah horizontal pada perhitungan Rofi T. S.(2014) tidak akurat sehingga dengan pendekatan pengujian konstanta pegas pada dial gauge arah horizontal saya uji untuk memperoleh konstanta pegas. Setelah memperoleh konstanta pegas dengan menggunakan persamaan 2.8 pada bab 2, diperoleh hasil pada tabel 4.5 berikut.

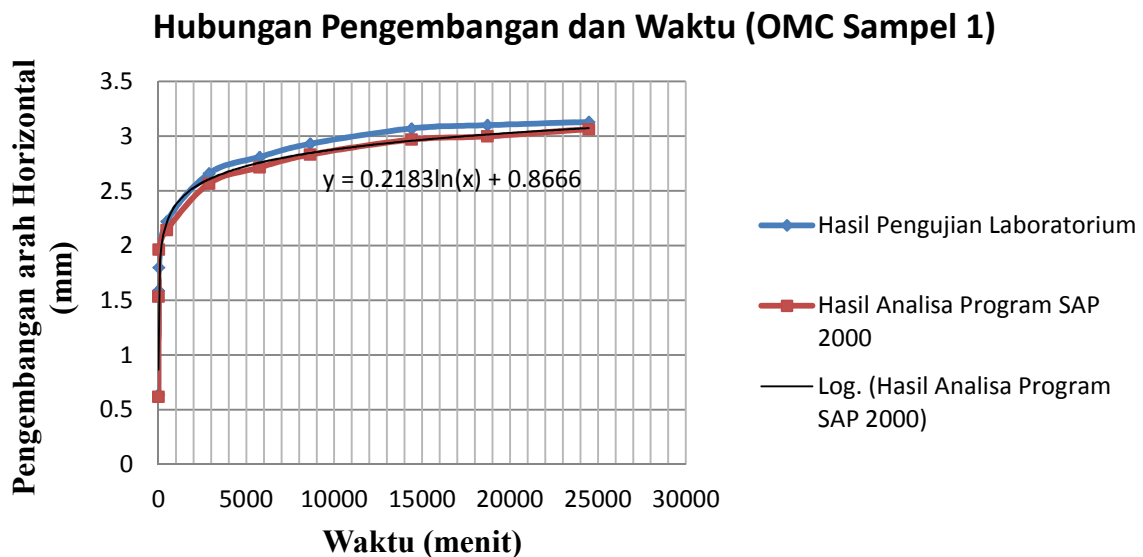
| WAKTU<br>(MENIT) | PENGEMBANGAN<br>VERTIKAL<br>(MM)   | PENGEMBANGAN VERTIKAL<br>(ANALISIS SAP 2000)<br>(MM)   |
|------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1                | 1.01                               | 0.9181                                                 |
| 15               | 2.34                               | 2.1171                                                 |
| 30               | 2.61                               | 2.3143                                                 |
| 480              | 3.3                                | 2.9877                                                 |
| 2880             | 3.82                               | 3.4501                                                 |
| 5760             | 4.25                               | 3.8524                                                 |
| 8640             | 4.49                               | 4.0757                                                 |
| 14400            | 4.76                               | 4.3217                                                 |
| 18720            | 4.86                               | 4.4155                                                 |
| 24480            | 4.91                               | 4.4617                                                 |
| WAKTU<br>(MENIT) | PENGEMBANGAN<br>HORIZONTAL<br>(MM) | PENGEMBANGAN HORIZONTAL<br>(ANALISIS SAP 2000)<br>(MM) |
| 1                | 0.64                               | 0.6189                                                 |
| 15               | 1.59                               | 1.5352                                                 |
| 30               | 1.8                                | 1.9628                                                 |
| 480              | 2.22                               | 2.1432                                                 |
| 2880             | 2.66                               | 2.5673                                                 |
| 5760             | 2.81                               | 2.7141                                                 |
| 8640             | 2.93                               | 2.8314                                                 |
| 14400            | 3.07                               | 2.9684                                                 |
| 18720            | 3.1                                | 2.998                                                  |
| 24480            | 3.13                               | 3.0628                                                 |

**Tabel 4.5** Hasil hubungan pengembangan dan waktu, kondisi E = 11480 gr/cm<sup>2</sup>

Hasil di atas diperoleh tidak hanya mengubah tekanan pengembangannya saja, tetapi sedikit mengubah nilai modulus elastisitasnya (E) juga,  $E = 11480 \text{ gr/cm}^2$ .



**Gambar 4.17** Simulasi hasil pengujian laboratorium dengan program SAP 2000 arah Vertikal saat OMC sampel 1 ( $E = 11480 \text{ gr/cm}^2$ )

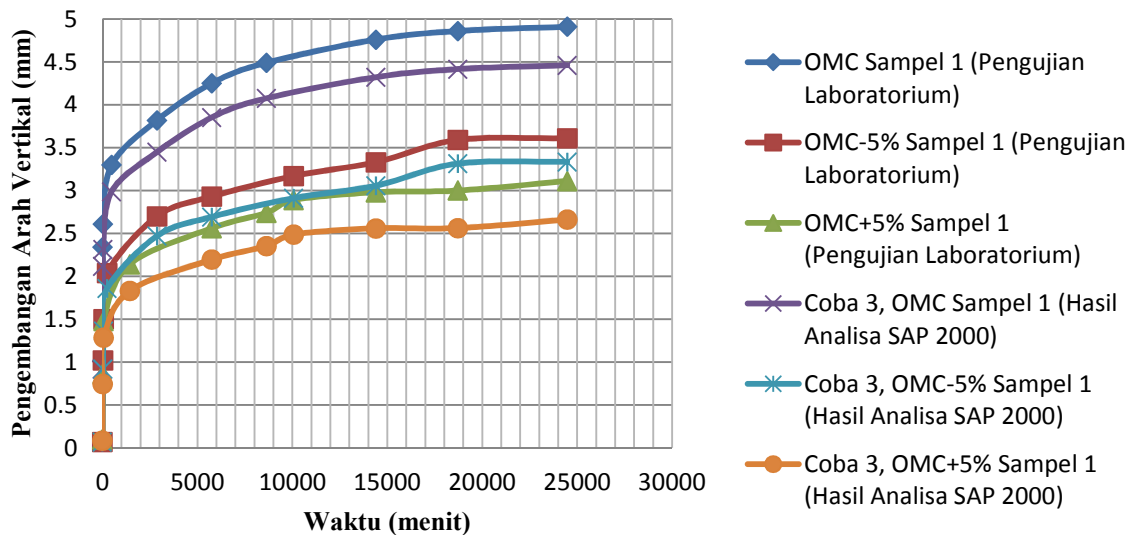


**Gambar 4.18** Simulasi hasil pengujian laboratorium dengan program SAP 2000 arah horizontal saat OMC sampel 1 ( $E = 11480 \text{ gr/cm}^2$ )

Hasil yang diperoleh pada gambar 4.17 dan 4.18 terlihat bagus dengan asumsi untuk gaya pengembangan arah horizontal sesuai persamaan 2.8 pada bab 2. Selisih pengembangan arah vertikal antara pengembangan hasil pengujian laboratorium dengan program SAP 2000 adalah  $\frac{(3.82-3.4501)}{3.82} \times 100\% = 9.6832\%$ , sedangkan untuk arah horizontal  $\frac{(2.66-2.5673)}{2.66} \times 100\% = 3.485\%$ .

Berikut adalah gabungan hasil pengujian laboratorium dan analisis program bantu SAP 2000.

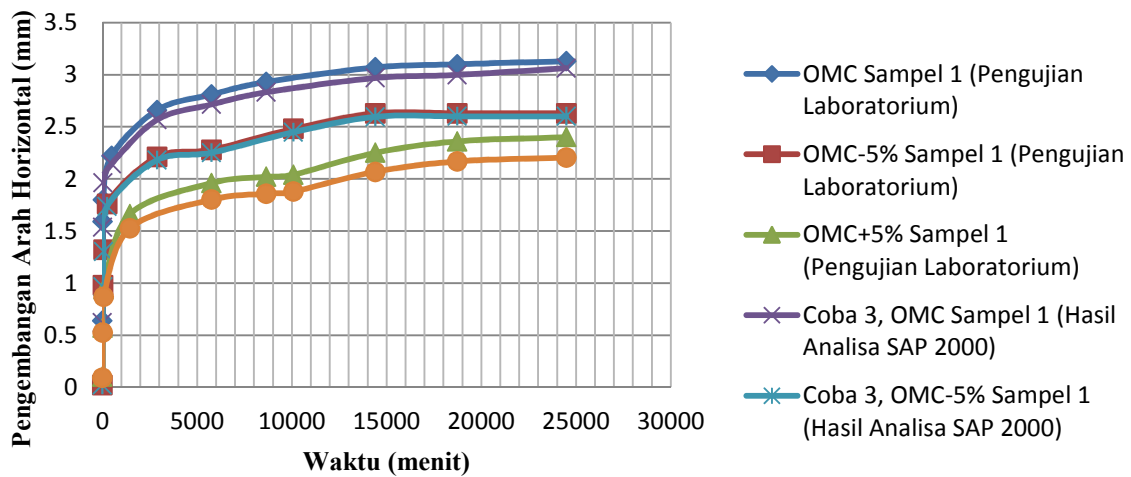
**Gabungan Hubungan Pengembangan dan Waktu Arah Vertikal**



(a)

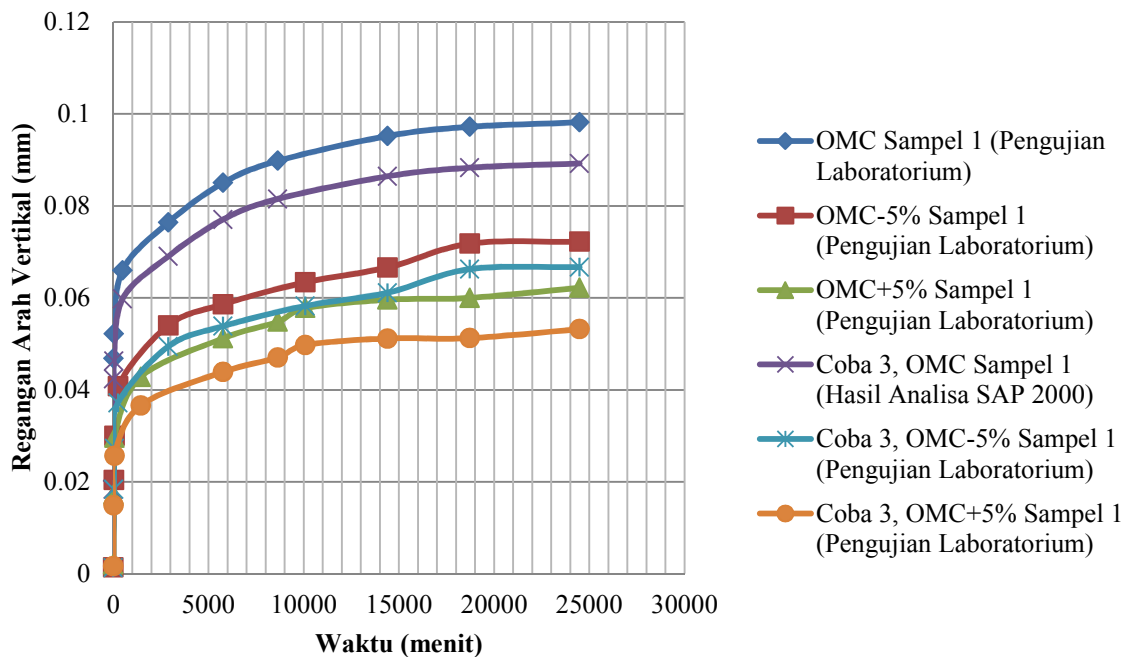


### Gabungan Hubungan Pengembangan dan Waktu Arah Horizontal

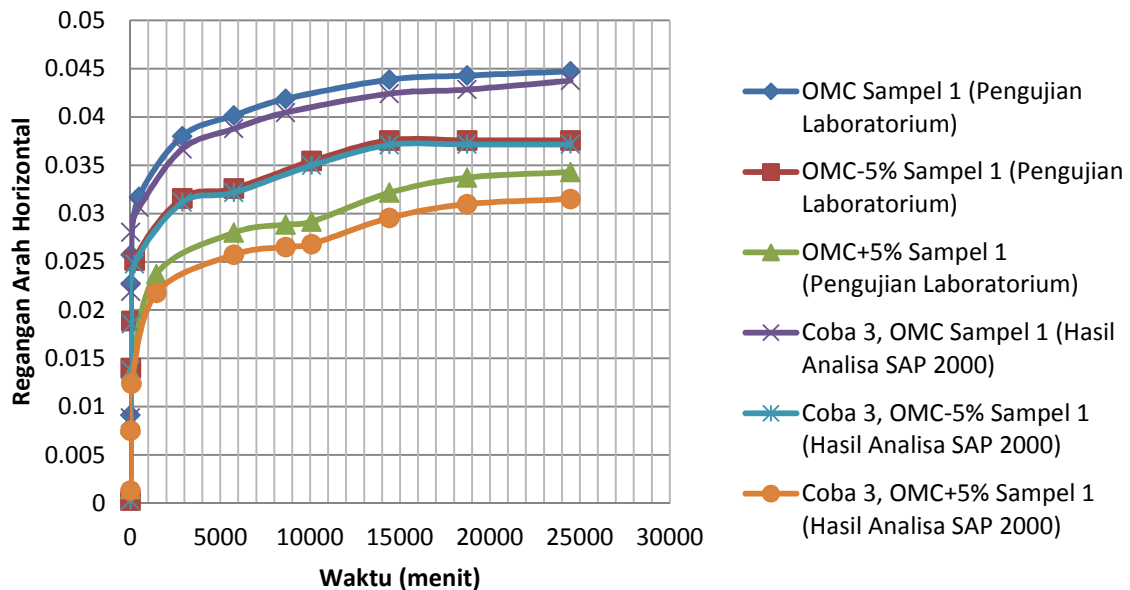


(b)

### Gabungan Hubungan Regangan dan Waktu Arah Vertikal



(c)

**Gabungan Hubungan Regangan dan Waktu Arah Horizontal**

(d)

**Gambar 4.19** (a) Grafik gabungan hubungan Pengembangan arah vertikal dan waktu hasil pengujian laboratorium dan SAP 2000; (b) Grafik gabungan hubungan Pengembangan arah horizontal dan waktu hasil pengujian laboratorium dan SAP 2000; (c) Grafik gabungan hubungan regangan arah vertikal dan waktu hasil pengujian laboratorium dan analisa SAP 2000; (d) Grafik gabungan hubungan regangan arah horizontal dan waktu hasil pengujian laboratorium dan SAP 2000

Berdasarkan gambar 4.19 terlihat bahwa hasil analisa program SAP 2000 mendekati hasil pengujian laboratorium. Sehingga rekapitulasi input parameter coba-coba pada program SAP 2000 untuk analisa khusus pada penelitian Rofi T. S. (2014) adalah sebagai berikut.

| E (gr/cm <sup>2</sup> ) |       |          |
|-------------------------|-------|----------|
| OMC-5%                  | OMC   | OMC + 5% |
| 11190                   | 11480 | 12030    |

**Tabel 4.6** Rekapitulasi nilai E sebagai input analisa dengan program bantu SAP 2000