

**BAB V**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**5.1 Hasil Penelitian**

Hasil penelitian ini meliputi pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar, dan hasil uji kuat desak beton.

**5.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus dan Agregat Kasar**

Pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar terdiri dari pemeriksaan modulus halus butir, berat volume dan berat jenis agregat.

**1. Pemeriksaan Modulus Halus Butir**

Dari hasil pemeriksaan yang dilakukan dilaboratoium, didapat hasil yang dapat dilihat pada tabel 5.1

**Tabel 5.1** Data pemeriksaan modulus halus butir

| No     | Lubang ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal kumulatif (%) | Persen lolos kumulatif (%) |
|--------|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1      | 4,80               | 0                       | 0                    | 0                              | 100                        |
| 2      | 2,40               | 1                       | 0,05                 | 0,05                           | 99,95                      |
| 3      | 1,20               | 4                       | 0,20                 | 0,25                           | 99,75                      |
| 4      | 0,60               | 780                     | 39,00                | 39,25                          | 60,75                      |
| 5      | 0,30               | 770                     | 38,50                | 77,75                          | 22,25                      |
| 6      | 0,15               | 393                     | 19,65                | 97,40                          | 2,60                       |
| 7      | sisa               | 52                      | 2,60                 | -                              | -                          |
| Jumlah |                    | 2000                    | 100                  | 216                            | -                          |

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{216}{100} = 2,16$$

## 2. Pemeriksaan Berat Volume

Dari pemeriksaan dilaboratorium diperoleh data sebagai berikut seperti pada tabel 5.2 dan 5.3

Tabel 5.2 Berat volume pasir

|  | BENDA UJI |
|--|-----------|
| Berat tabung ( $W_1$ ), gram                         | 15967     |
| Berat tabung + agregat kering tungku ( $W_2$ ), gram | 32000     |
| Berat agregat bersih ( $W_3$ ), gram                 | 16033     |
| Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^2$                 | 10760     |
| Berat isi gembur = ( $W_3/V$ ), $\text{gram/cm}^3$   | 1,4901    |

Tabel 5.3 Berat volume *split*

|  | BENDA UJI |
|--|-----------|
| Berat tabung ( $W_1$ ), gram                         | 15967     |
| Berat tabung + agregat kering tungku ( $W_2$ ), gram | 33000     |
| Berat agregat bersih ( $W_3$ ), gram                 | 17033     |
| Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^2$                 | 10760     |
| Berat isi gembur = ( $W_3/V$ ), $\text{gram/cm}^3$   | 1,5830    |

## 3. Pemeriksaan Berat Jenis

Dari pemeriksaan dilaboratorium diperoleh data sebagai berikut seperti pada tabel 5.4 dan 5.5

Tabel 5.4 Berat jenis pasir

|  | BENDA UJI |
|--|-----------|
| Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram                              | 500       |
| Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)                         | 1333      |
| Berat piknometer berisi air, gram (B)                                    | 1030      |
| Berat jenis jenuh kering muka = $500/(B+500-Bt)$<br>gram/cm <sup>2</sup> | 2,5380    |

Tabel 5.5 Berat jenis split

|  | BENDA UJI |
|--|-----------|
| Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram (Bj) | 5000      |
| Berat kerikil dalam air, gram (Ba)                 | 3102      |
| Berat jenis jenuh kering muka = $Bj/(Bj - Ba)$     | 2,6340    |

### 5.1.3 Hasil Uji Kuat Desak Beton

Dari hasil uji kuat desak beton dilaboratorium dapat dilihat pada tabel 5.6 sampai 5.10 untuk hasil uji kuat desak yang menggunakan bahan tambah limbah katalis, sedangkan hasil uji kuat desak beton yang menggunakan bahan tambah abu batu dapat dilihat pada tabel 5.12 sampai 5.16

Tabel 5.6 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 0 %

| NO | SLUMP<br>(cm) | DIAMETER<br>(cm) | TINGGI<br>(cm) | LUAS<br>(cm <sup>2</sup> ) | VOLUME<br>(cm <sup>3</sup> ) | BERAT<br>kg | BEBAN<br>MAKS<br>KN | BEBAN<br>MAKS<br>Mpa |
|----|---------------|------------------|----------------|----------------------------|------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1  | 9             | 14,5             | 30             | 165,0463                   | 4951,3875                    | 12,4        | 502                 | 30,4157              |
| 2  | 9             | 14,5             | 30             | 165,0463                   | 4951,3875                    | 12,5        | 532,4               | 32,2576              |
| 3  | 9             | 14,6             | 30             | 167,3306                   | 5019,918                     | 12,6        | 563,6               | 33,6818              |
| 4  | 9             | 14,6             | 29,8           | 167,3306                   | 4986,4519                    | 12,8        | 516,5               | 30,8670              |
| 5  | 9             | 14,5             | 30             | 165,0463                   | 4951,3875                    | 12,7        | 593,5               | 35,9596              |

Tabel 5.7 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 5 %

| NO | SLUMP<br>(cm) | DIAMETER<br>(cm) | TINGGI<br>(cm) | LUAS<br>(cm <sup>2</sup> ) | VOLUME<br>(cm <sup>3</sup> ) | BERAT<br>kg | BEBAN<br>MAKS<br>KN | BEBAN<br>MAKS<br>Mpa |
|----|---------------|------------------|----------------|----------------------------|------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1  | 8,5           | 14,5             | 29,9           | 165,0463                   | 4934,8829                    | 12,6        | 656                 | 39,7464              |
| 2  | 8,5           | 14,5             | 29,9           | 165,0463                   | 4934,8829                    | 12,6        | 620,7               | 37,6076              |
| 3  | 8,5           | 14,5             | 29,7           | 165,0463                   | 4901,8736                    | 12,5        | 516,2               | 31,2761              |
| 4  | 8,5           | 14,5             | 29,9           | 165,0463                   | 4934,8829                    | 12,5        | 548,4               | 33,2270              |
| 5  | 8,5           | 14,5             | 29,6           | 165,0463                   | 4885,369                     | 12,4        | 633,9               | 38,4074              |

Tabel 5.8 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 10 %

| NO | SLUMP<br>(cm) | DIAMETER<br>(cm) | TINGGI<br>(cm) | LUAS<br>(cm <sup>2</sup> ) | VOLUME<br>(cm <sup>3</sup> ) | BERAT<br>kg | BEBAN<br>MAKS<br>KN | BEBAN<br>MAKS<br>Mpa |
|----|---------------|------------------|----------------|----------------------------|------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1  | 8,5           | 14,5             | 30,2           | 165,0463                   | 4984,3968                    | 12,8        | 540                 | 32,7181              |
| 2  | 8,5           | 14,6             | 29,7           | 167,3306                   | 4969,7188                    | 12,8        | 572,4               | 34,2077              |
| 3  | 8,5           | 14,4             | 29,7           | 162,7776                   | 4834,4947                    | 12,8        | 532                 | 32,6826              |
| 4  | 8,5           | 14,6             | 30             | 167,3306                   | 5019,918                     | 13          | 505,5               | 30,2097              |
| 5  | 8,5           | 14,5             | 30             | 165,0463                   | 4951,3875                    | 12,9        | 609,3               | 36,9169              |

Tabel 5.9 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 15 %

| NO | SLUMP<br>(cm) | DIAMETER<br>(cm) | TINGGI<br>(cm) | LUAS<br>(cm <sup>2</sup> ) | VOLUME<br>(cm <sup>3</sup> ) | BERAT<br>kg | BEBAN<br>MAKS<br>KN | BEBAN<br>MAKS<br>Mpa |
|----|---------------|------------------|----------------|----------------------------|------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1  | 8             | 14,7             | 29,9           | 169,6307                   | 5071,9564                    | 12,7        | 582,8               | 34,3570              |
| 2  | 8             | 14,5             | 29,9           | 165,0463                   | 4934,8829                    | 12,9        | 539,4               | 32,6817              |
| 3  | 8             | 14,4             | 29,8           | 162,7776                   | 4850,7725                    | 12,7        | 521,9               | 32,0622              |
| 4  | 8             | 14,5             | 30             | 165,0463                   | 4951,3875                    | 12,5        | 501                 | 30,3551              |
| 5  | 8             | 14,7             | 30,1           | 169,6307                   | 5105,8826                    | 12,7        | 475,7               | 28,0433              |

Tabel 5.10 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 20 %

| NO | SLUMP<br>(cm) | DIAMETER<br>(cm) | TINGGI<br>(cm) | LUAS<br>(cm <sup>2</sup> ) | VOLUME<br>(cm <sup>3</sup> ) | BERAT<br>kg | BEBAN<br>MAKS<br>KN | BEBAN<br>MAKS<br>Mpa |
|----|---------------|------------------|----------------|----------------------------|------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1  | 7,5           | 14,4             | 29,7           | 162,7776                   | 4834,4947                    | 12,7        | 393,9               | 24,1987              |
| 2  | 7,5           | 14,5             | 29,9           | 165,0463                   | 4934,8829                    | 12,7        | 434,9               | 26,3502              |
| 3  | 7,5           | 14,5             | 30,2           | 165,0463                   | 4984,3968                    | 12,8        | 398,6               | 24,1508              |
| 4  | 7,5           | 14,6             | 29,9           | 167,3306                   | 5003,1849                    | 12,7        | 490,3               | 29,3013              |
| 5  | 7,5           | 14,5             | 30             | 165,0463                   | 4951,3875                    | 12,6        | 459,9               | 27,8649              |

Dari tabel 5.6 sampai dengan tabel 5.10 maka dapat ditabulasikan seperti terlihat pada tabel 5.11

Tabel 5.11 Hasil pengujian kuat desak beton dengan berbagai variasi penambahan limbah katalis

| VARIASI              | 0%             | 5%             | 10%            | 15%            | 20%            |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| f <sub>ci</sub>      | 30,4157        | 39,7464        | 32,7181        | 34,3570        | 24,1987        |
|                      | 32,2576        | 37,6076        | 34,2077        | 32,6817        | 26,3502        |
|                      | 33,6818        | 31,2761        | 32,6826        | 32,0622        | 24,1508        |
|                      | 30,8670        | 33,2270        | 30,2097        | 30,3551        | 29,3013        |
|                      | 35,9596        | 38,4074        | 36,9169        | 28,0433        | 27,8649        |
| TOTAL                | 163,1818       | 180,2646       | 166,7350       | 157,4993       | 131,8658       |
| f <sub>cr</sub>      | 32,6364        | 36,0529        | 33,3470        | 31,4999        | 26,3732        |
| 1                    | 20,3422        | 52,4066        | 24,1650        | 23,1346        | 20,4670        |
| sd                   | 2,2551         | 3,6196         | 2,4579         | 2,4049         | 2,2620         |
| <b>f<sub>c</sub></b> | <b>28,9380</b> | <b>30,1167</b> | <b>29,3161</b> | <b>27,5558</b> | <b>22,6634</b> |

Contoh hasil perhitungan kuat desak beton yang menggunakan bahan tambah limbah katalis pada 0 %

$$\begin{aligned}
 F'_{cr} &= \frac{\sum f'_{ci}}{n} \\
 &= \frac{163,1818}{5} \\
 &= 32,63636 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 sd &= \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{20,34223}{4}} \\
 &= 2,25512 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_c &= f'_{cr} - k \cdot sd \\
 &= 32,63636 - (1,64 \times 2,25512) \\
 &= 28,93797 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil laboratorium pengujian kuat desak beton yang menggunakan bahan tambah abu batu didapatkan hasil sebagai berikut seperti yang terlihat pada tabel 5.12 sampai dengan tabel 5.16

Tabel 5.12 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 0 %

| NO | SLUMP<br>(cm) | DIAMETER<br>(cm) | TINGGI<br>(cm) | LUAS<br>(cm <sup>2</sup> ) | VOLUME<br>(cm <sup>3</sup> ) | BERAT<br>kg | BEBAN<br>MAKS<br>KN | BEBAN<br>MAKS<br>Mpa |
|----|---------------|------------------|----------------|----------------------------|------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1  | 9             | 14,5             | 30             | 165,0463                   | 4951,3875                    | 12,4        | 502                 | 30,4157              |
| 2  | 9             | 14,5             | 30             | 165,0463                   | 4951,3875                    | 12,5        | 532,4               | 32,2576              |
| 3  | 9             | 14,6             | 30             | 167,3306                   | 5019,918                     | 12,6        | 563,6               | 33,6818              |
| 4  | 9             | 14,6             | 29,8           | 167,3306                   | 4986,4519                    | 12,8        | 516,5               | 30,8670              |
| 5  | 9             | 14,5             | 30             | 165,0463                   | 4951,3875                    | 12,7        | 593,5               | 35,9596              |

Tabel 5.13 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 5 %

| NO | SLUMP<br>(cm) | DIAMETER<br>(cm) | TINGGI<br>(cm) | LUAS<br>(cm <sup>2</sup> ) | VOLUME<br>(cm <sup>3</sup> ) | BERAT<br>kg | BEBAN<br>MAKS<br>KN | BEBAN<br>MAKS<br>Mpa |
|----|---------------|------------------|----------------|----------------------------|------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1  | 8,5           | 14,5             | 29,8           | 165,0463                   | 4918,3783                    | 12,7        | 609,2               | 36,9109              |
| 2  | 8,5           | 14,5             | 29,7           | 165,0463                   | 4901,8736                    | 12,7        | 556                 | 33,6875              |
| 3  | 8,5           | 14,5             | 29,5           | 165,0463                   | 4868,8644                    | 12,7        | 490                 | 29,6886              |
| 4  | 8,5           | 14,5             | 30             | 165,0463                   | 4951,3875                    | 12,8        | 547,6               | 33,1786              |
| 5  | 8,5           | 14,4             | 29,7           | 162,7776                   | 4834,4947                    | 12,8        | 539,7               | 33,1557              |

Tabel 5.14 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 10 %

| NO | SLUMP<br>(cm) | DIAMETER<br>(cm) | TINGGI<br>(cm) | LUAS<br>(cm <sup>2</sup> ) | VOLUME<br>(cm <sup>3</sup> ) | BERAT<br>kg | BEBAN<br>MAKS<br>KN | BEBAN<br>MAKS<br>Mpa |
|----|---------------|------------------|----------------|----------------------------|------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1  | 9,5           | 14,5             | 29,8           | 165,0463                   | 4918,3783                    | 12,8        | 532,2               | 32,2455              |
| 2  | 9,5           | 14,4             | 29,7           | 162,7776                   | 4834,4947                    | 12,8        | 530                 | 32,5598              |
| 3  | 9,5           | 14,4             | 29,8           | 162,7776                   | 4850,7725                    | 12,8        | 560,4               | 34,4273              |
| 4  | 9,5           | 14,4             | 30             | 162,7776                   | 4883,3280                    | 12,9        | 472                 | 28,9966              |
| 5  | 9,5           | 14,5             | 29,7           | 165,0463                   | 4901,8736                    | 13          | 529,1               | 32,0577              |

Tabel 5.15 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 15 %

| NO | SLUMP (cm) | DIAMETER (cm) | TINGGI (cm) | LUAS (cm <sup>2</sup> ) | VOLUME (cm <sup>3</sup> ) | BERAT kg | BEBAN MAKS KN | BEBAN MAKS Mpa |
|----|------------|---------------|-------------|-------------------------|---------------------------|----------|---------------|----------------|
| 1  | 10         | 14,5          | 29,8        | 165,0463                | 4918,3783                 | 13,1     | 526           | 31,8699        |
| 2  | 10         | 14,5          | 29,9        | 165,0463                | 4934,8829                 | 12,8     | 456           | 27,6286        |
| 3  | 10         | 14,4          | 29,8        | 162,7776                | 4850,7725                 | 12,9     | 524,5         | 32,2219        |
| 4  | 10         | 14,5          | 30,1        | 165,0463                | 4967,8921                 | 12,9     | 529           | 32,0516        |
| 5  | 10         | 14,7          | 30,2        | 169,6307                | 5122,8456                 | 13       | 544,5         | 32,0992        |

Tabel 5.16 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 20 %

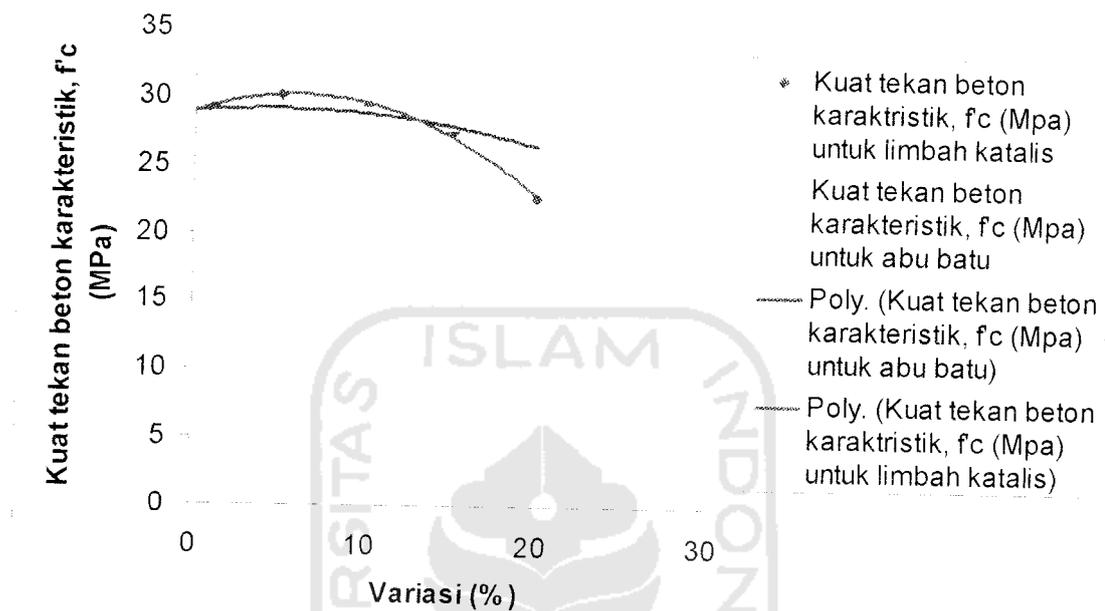
| NO | SLUMP (cm) | DIAMETER (cm) | TINGGI (cm) | LUAS (cm <sup>2</sup> ) | VOLUME (cm <sup>3</sup> ) | BERAT kg | BEBAN MAKS KN | BEBAN MAKS Mpa |
|----|------------|---------------|-------------|-------------------------|---------------------------|----------|---------------|----------------|
| 1  | 8,5        | 14,5          | 30,2        | 165,0463                | 4984,3968                 | 12,9     | 455,3         | 27,5862        |
| 2  | 8,5        | 14,5          | 30,2        | 165,0463                | 4984,3968                 | 12,8     | 444,6         | 26,9379        |
| 3  | 8,5        | 14,7          | 30,2        | 169,6307                | 5122,8456                 | 12,8     | 456,2         | 26,8937        |
| 4  | 8,5        | 14,5          | 29,8        | 165,0463                | 4918,3783                 | 12,7     | 470,1         | 28,4829        |
| 5  | 8,5        | 14,5          | 30,2        | 165,0463                | 4984,3968                 | 12,8     | 461,7         | 27,9740        |

Dari tabel 5.12 sampai dengan tabel 5.16 maka dapat ditabulasikan seperti terlihat pada tabel 5.17

Tabel 5.17 Hasil pengujian kuat desak beton dengan berbagai variasi penambahan abu batu

| VARIASI              | 0%             | 5%             | 10%            | 15%            | 20%            |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| f <sub>ci</sub>      | 30,4157        | 36,9109        | 32,2455        | 31,8699        | 27,5862        |
|                      | 32,2576        | 33,6875        | 32,5598        | 27,6286        | 26,9379        |
|                      | 33,6818        | 29,6886        | 34,4273        | 32,2219        | 26,8937        |
|                      | 30,8670        | 33,1786        | 28,9966        | 32,0516        | 28,4829        |
|                      | 35,9596        | 33,1557        | 32,0577        | 32,0992        | 27,9740        |
| TOTAL                | 163,1818       | 166,6213       | 160,2869       | 155,8711       | 137,8747       |
| f <sub>cr</sub>      | 32,6364        | 33,3243        | 32,0574        | 31,1742        | 27,5749        |
| 1                    | 20,3422        | 26,2630        | 15,2728        | 15,7781        | 1,8537         |
| sd                   | 2,2551         | 2,5624         | 1,9540         | 1,9861         | 0,6807         |
| <b>f<sub>c</sub></b> | <b>28,9380</b> | <b>29,1220</b> | <b>28,8528</b> | <b>27,9170</b> | <b>26,4585</b> |

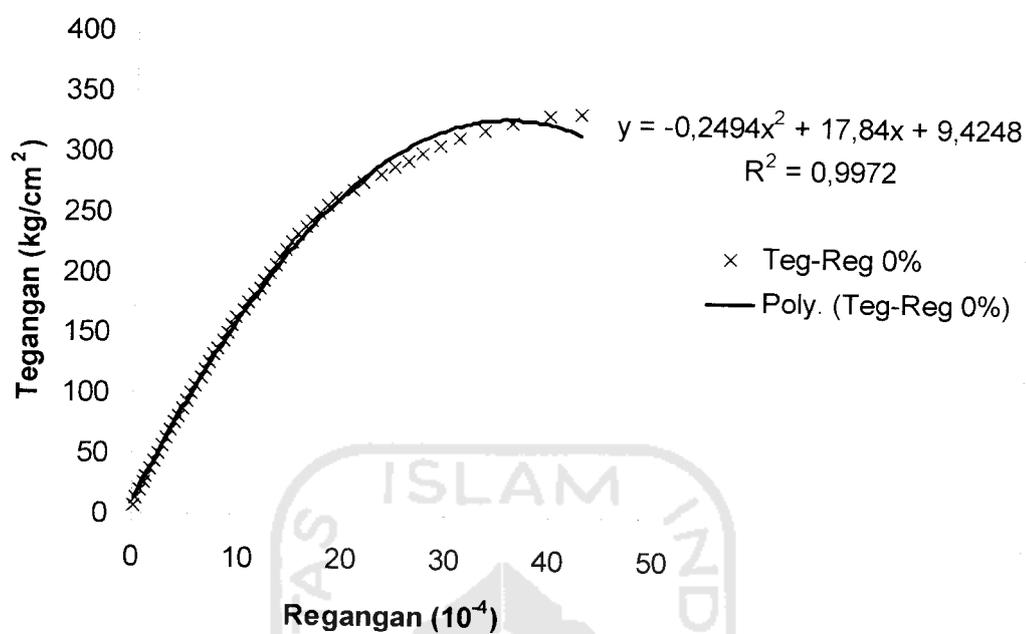
Dari tabel 5.11 dan 5.17 bila diplotkan dalam satu grafik akan terlihat seperti pada gambar 5.1



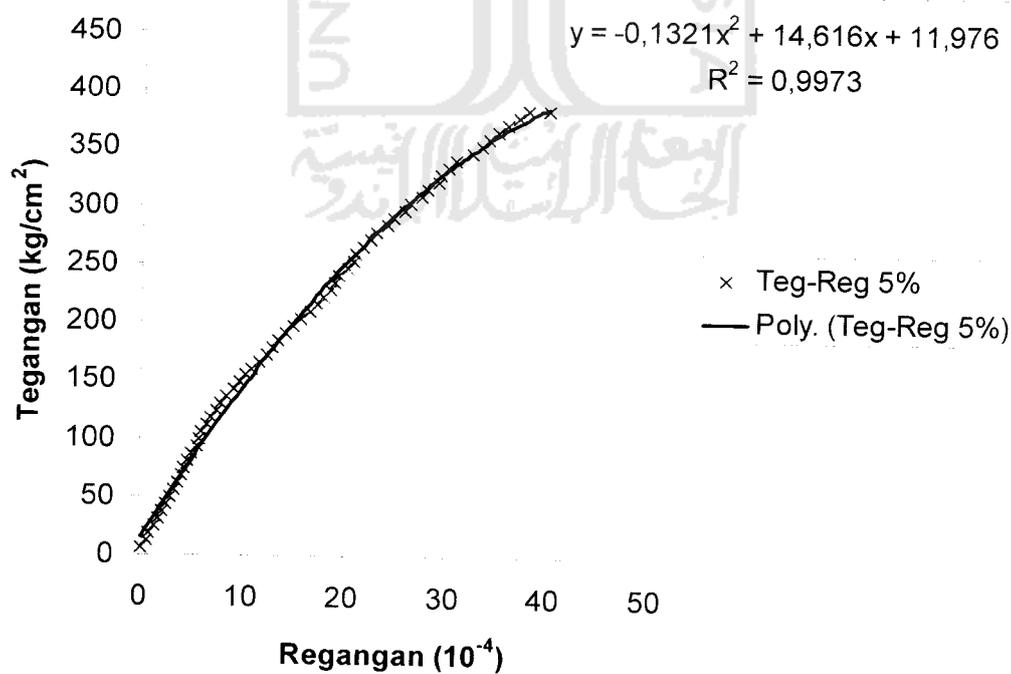
Gambar 5.1 Grafik hubungan antara variasi penggunaan limbah katalis dan abu batu dengan kuat desak beton ( $f'c$ )

#### 5.1.4 Hasil Uji Tegangan dan Regangan

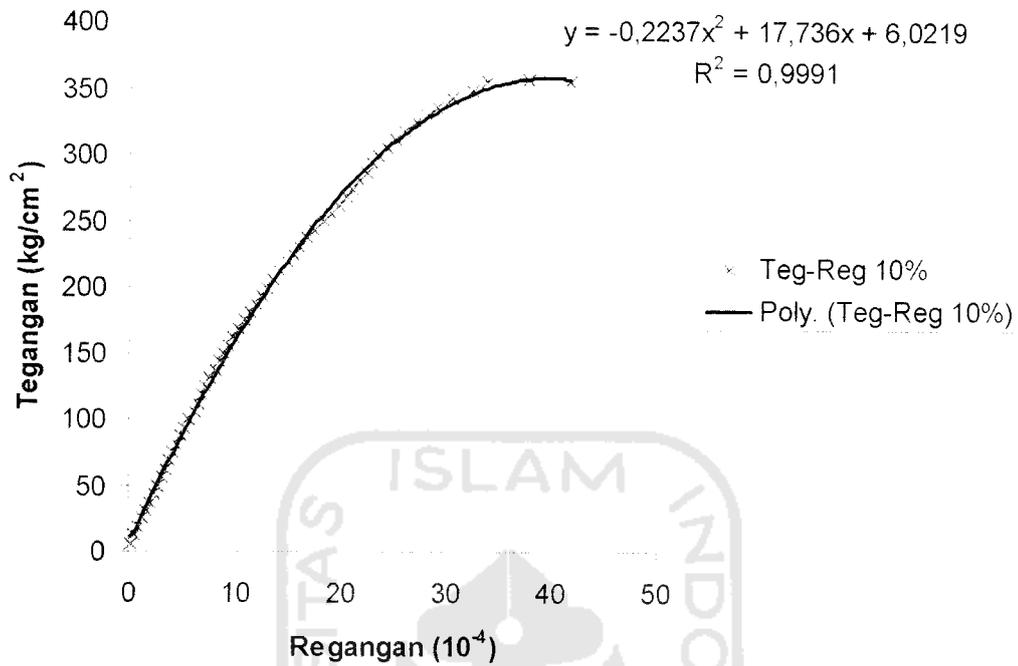
Dalam penelitian ini hanya diteliti 1 sampel silinder dalam setiap variasinya untuk mengetahui grafik tegangan dan regangan. Dari hasil uji tegangan dan regangan dilaboratorium, didapat nilai tegangan dan regangan. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada lampiran XI sampai dengan XV hasil uji tegangan dan regangan. Dari data lampiran hasil uji regangan dan tegangan bisa diplotkan menjadi grafik seperti pada gambar 5.3 sampai dengan gambar 5.5 untuk bahan tambah limbah katalis.



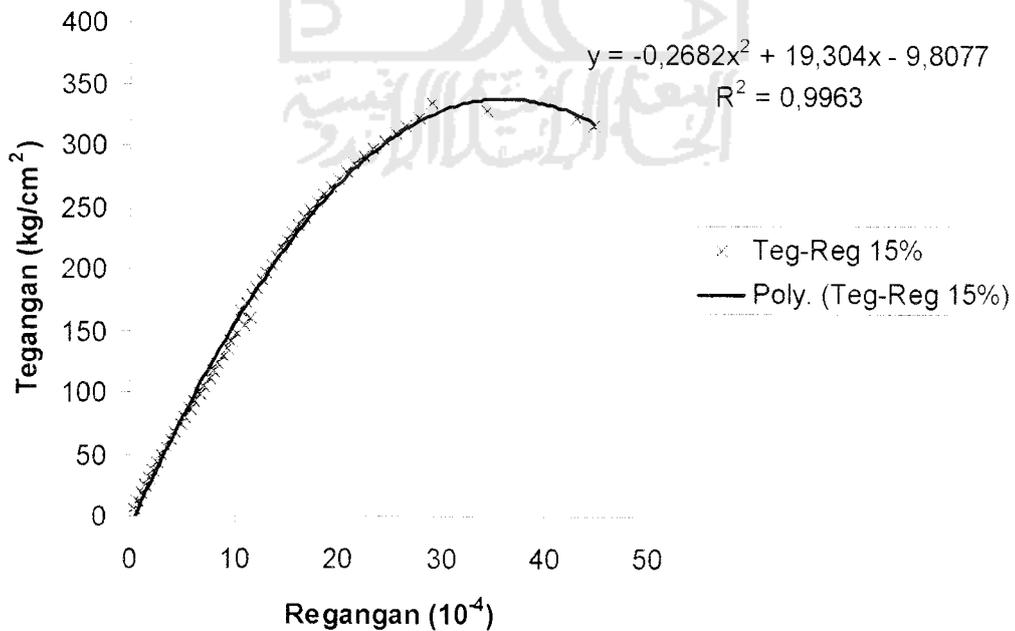
Gambar 5.2 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 0%



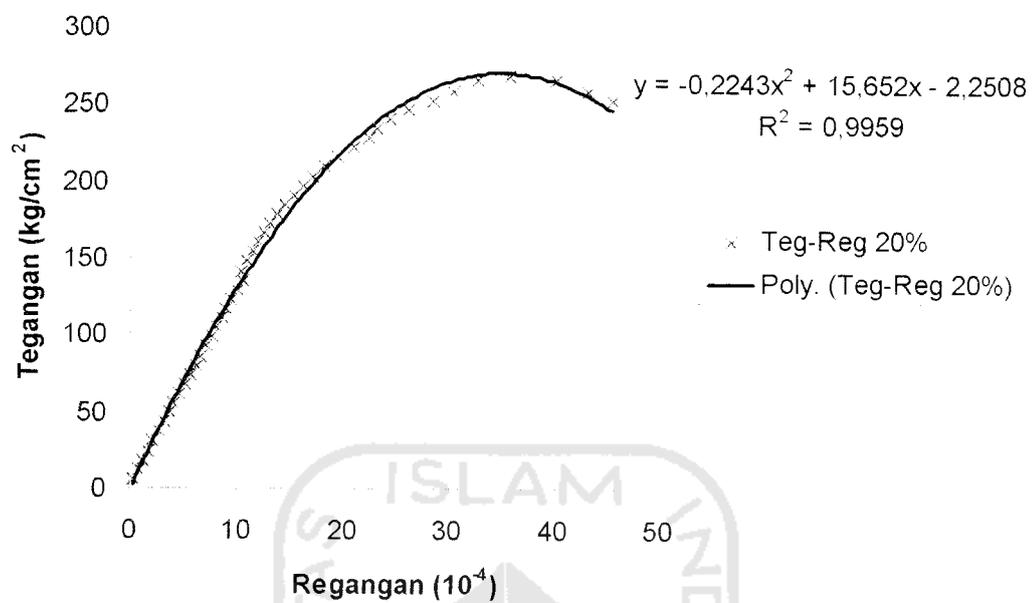
Gambar 5.3 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 5%



Gambar 5.4 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 10%

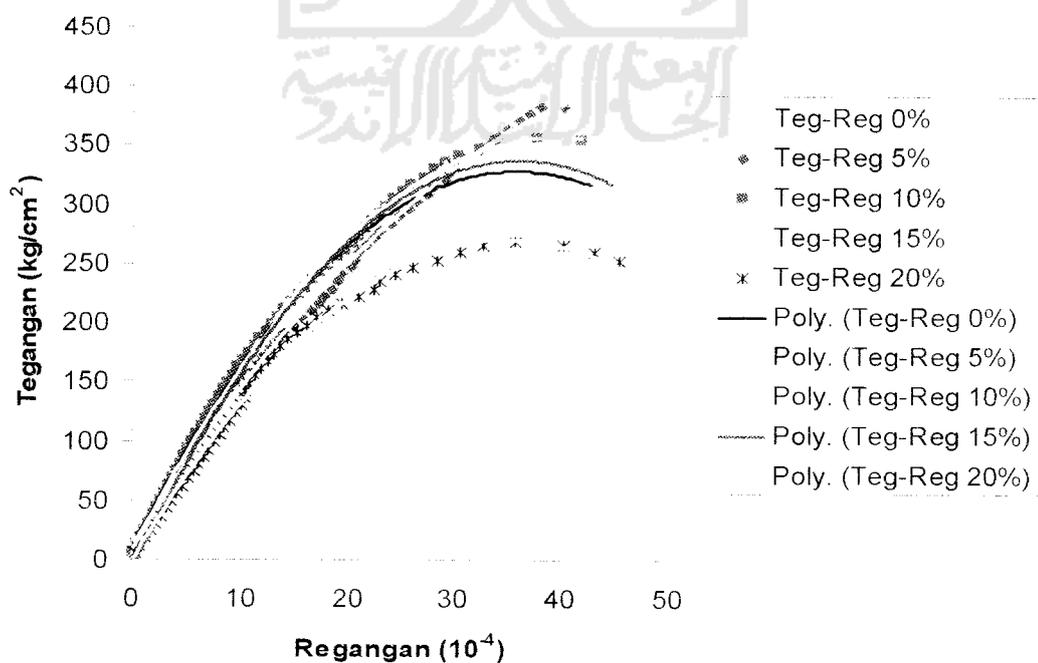


Gambar 5.5 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 15%



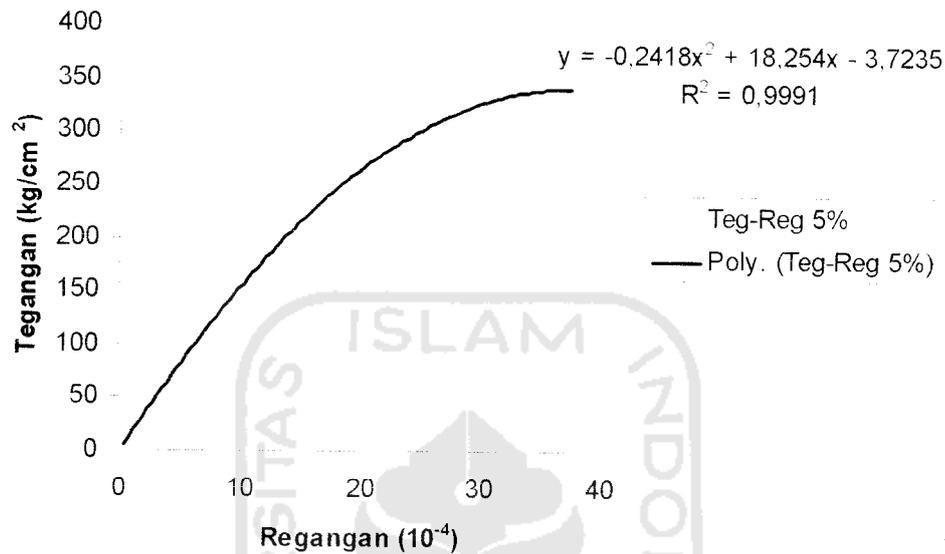
Gambar 5.6 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 20%

Dari gambar 5.2 sampai 5.6 bila diplotkan dalam satu grafik akan terlihat seperti pada gambar 5.7

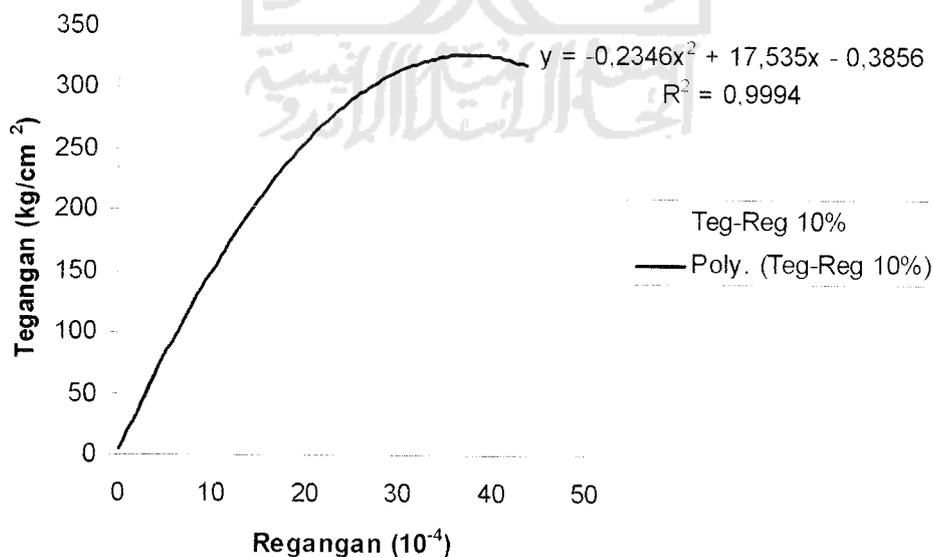


Gambar 5.7 Grafik tegangan-regangan pada berbagai variasi penggunaan limbah katalis

Untuk hasil pengujian tegangan regangan yang menggunakan bahan tambah abu batu dapat dilihat pada garafik 5.8 sampai dengan grafik 5.11.

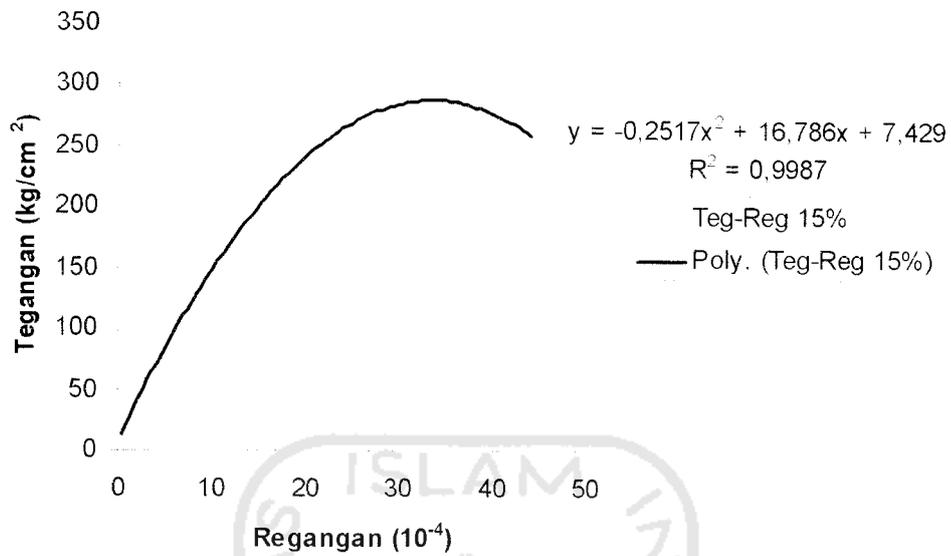


Gambar 5.8 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 5%

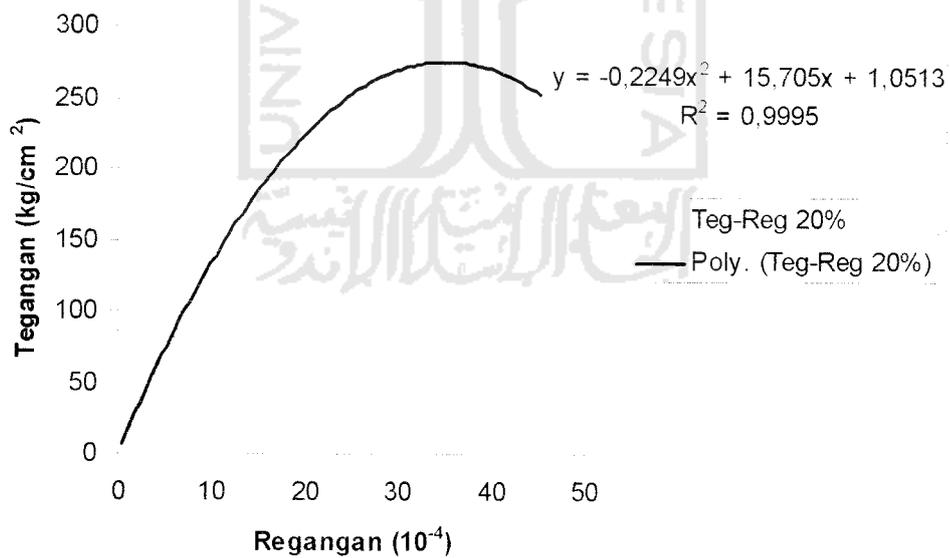


Gambar 5.9 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 10%



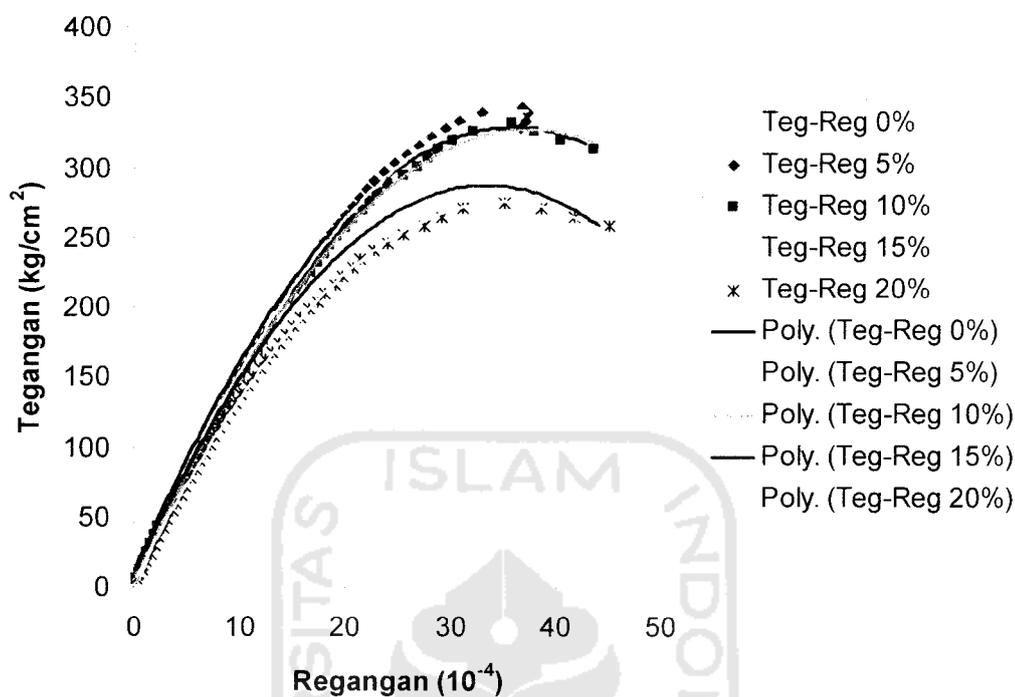


Gambar 5.10 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 15%



Gambar 5.11 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 20%

Dari gambar 5.8 sampai 5.11 bila diplotkan dalam satu grafik akan terlihat seperti pada gambar 5.12



Gambar 5.12 Grafik tegangan-regangan pada berbagai variasi penggunaan abu batu

## 5.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Dalam perencanaan campuran (*mix design*) penelitian ini menggunakan kekuatan rancana  $f'_c = 20$  MPa. Dari hasil penelitian yang telah diperoleh dilaboratorium diperoleh kekuatan  $f'_c = 28,9380$  MPa. Dari hasil perhitungan di tabel 5.11 didapatkan hasil bahwa penggunaan katalis sebagai pengganti sebagian semen dapat meningkatkan juga mengurangi kuat tekan beton. Penggunaan limbah katalis pada persentase 5% dan 10% terjadi kenaikan kuat desak beton. Hal ini dikarenakan antara lain disamping sifat-sifat kimiawi dari limbah katalis ikut berperan dalam proses pengikatan campuran beton, bentuk fisik dari limbah katalis yang berupa butiran-butiran halus juga berperan dalam mengisi pori, sehingga beton menjadi lebih padat dan kuat.

Pada penggunaan limbah katalis sebesar 15% dan 20% terjadi penurunan kuat desak beton. Hal ini terjadi karena limbah katalis tidak mempunyai daya ikat yang baik seperti semen, sehingga pada penggunaan limbah katalis yang cukup banyak, akan mengurangi daya ikat antar agregat pada campuran beton, sehingga menurunkan kekuatan beton.

Kuat desak maksimum didapat pada variasi penggunaan limbah katalis sebesar 5% dari berat semen, yang menghasilkan kuat tekan ( $f'c$ ) 30,1168 MPa. Penggunaan limbah katalis sebesar 5% ini meningkatkan kuat tekan beton sebesar 4,0724 % dibandingkan dengan beton normal.

Berdasarkan hasil regresi polinomial, maka akan didapatkan hubungan antara penambahan limbah katalis serta abu batu terhadap kuat desak beton yang bisa dilihat pada tabel 5.18 dan tabel 5.19

Tabel 5.18 Hubungan antara penggunaan limbah katalis dengan kuat desak beton berdasarkan hasil regresi polinomial

| <b>X</b><br><b>(penambahan limbah katalis dalam %)</b> | <b>Y</b><br><b>(kuat desak beton dalam Mpa)</b> |
|--|---|
| 0  | 28,9380   |
| 5  | 30,1167   |
| 10   | 29,3161   |
| 15   | 27,5558   |
| 20   | 22,6634   |

Persamaan 4.3 dapat ditulis dalam bentuk persamaan matrik seperti berikut :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 \\ 50 & 750 & 12500 \\ 750 & 12500 & 221250 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 138,5900 \\ 1310,3497 \\ 18949,95 \end{pmatrix}$$

Dengan menggunakan metode eliminasi gauss akan diperoleh :

$$a_0 = 28,868$$

$$a_1 = 0,4465$$

$$a_2 = -0,0374$$

dari hasil diatas dapat ditulis persamaan polinomial

$$y = -0,0374x^2 + 0,4465x + 28,868$$

untuk nilai optimum penambahan limbah katalis bisa ditentukan dengan cara

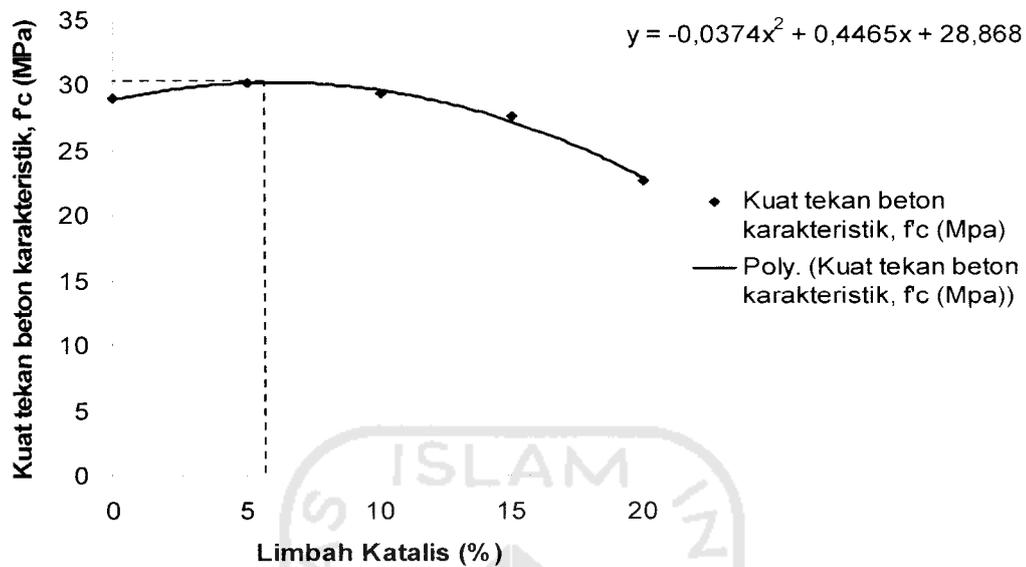
mencari nilai ekstrim  $x_{opt} = \frac{-b}{2a}$  dari persamaan kurva regresi polinomial diatas.

$$\text{Maka nilai } x \text{ dapat dihitung } x_{opt} = \frac{-0,4465}{2 \cdot -0,0374} = 5,9693 \%$$

nilai  $x_{opt} = 5,9693$  dimasukkan kedalam persamaan

$$y = -0,0374x^2 + 0,4465x + 28,868. \text{ Akan menghasilkan nilai } y_{opt} = 30,2009 \text{ MPa.}$$

Hasil ini bisa diplotkan menjadi grafik seperti yang terlihat pada gambar 5.13



Gambar 5.13 Grafik hubungan antara variasi penggunaan limbah katalis dengan kuat tekan beton berdasarkan kurva regresi polinomial  
 $y = - 0,0374x^2 + 0,4465x + 28,868$

Berdasarkan kurva regresi polinomial  $y = - 0,0374x^2 + 0,4465x + 28,868$ , maka nilai optimum penggunaan limbah katalis adalah 5,9693% yang akan menghasilkan peningkatan kekuatan sebesar 4,3643% dibandingkan beton yang tanpa menggunakan penambahan limbah katalis.

Untuk penambahan dengan menggunakan abu batu terhadap kuat desak beton dapat dilihat pada tabel 5.19

Tabel 5.19 Hubungan antara penggunaan abu batu dengan kuat desak beton berdasarkan hasil regresi polinomial

| X<br>(penambahan abu batu dalam %) | Y<br>(kuat desak beton dalam Mpa) |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 0                                  | 28,9380                           |
| 5                                  | 29,1220                           |
| 10                                 | 28,8528                           |
| 15                                 | 27,9170                           |
| 20                                 | 26,4585                           |

Persamaan 4.4 dapat ditulis dalam bentuk persamaan matrik seperti berikut :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 \\ 50 & 750 & 12500 \\ 750 & 12500 & 221250 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 141,2783 \\ 1382,0639 \\ 4561,2544 \end{pmatrix}$$

Dengan menggunakan metode eliminasi gauss akan diperoleh :

$$a_0 = 28,926$$

$$a_1 = 0,1025$$

$$a_2 = -0,0113$$

dari hasil diatas dapat ditulis persamaan polinomial

$$y = -0,0113x^2 + 0,1025x + 28,926$$

untuk nilai optimum penambahan limbah katalis bisa ditentukan dengan cara

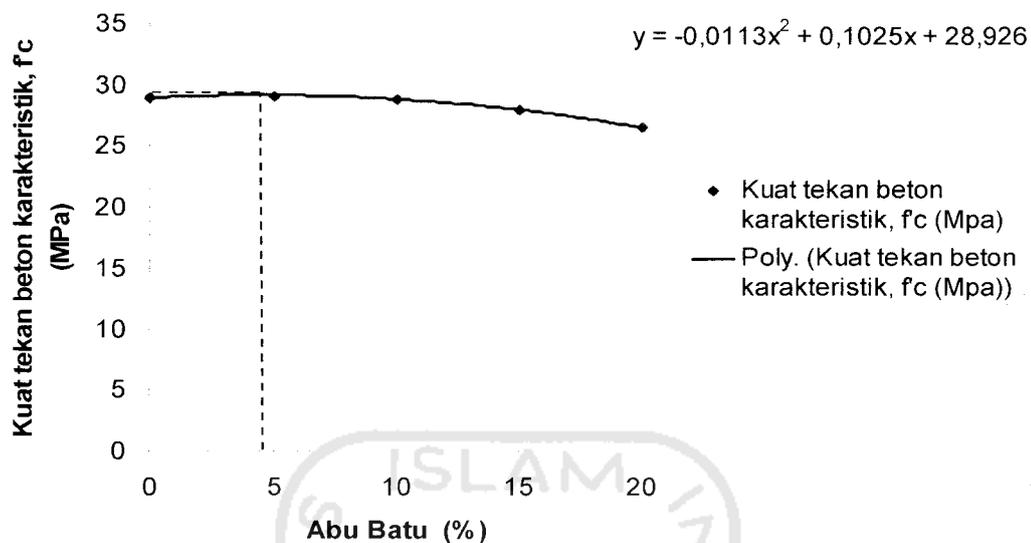
mencari nilai ekstrim  $x_{opt} = \frac{-b}{2a}$  dari persamaan kurva regresi polinomial diatas.

$$\text{Maka nilai } x \text{ dapat dihitung } x_{opt} = \frac{-0,1025}{2 \cdot -0,0113} = 4,5353 \%$$

nilai  $x_{opt} = 4,5353$  dimasukkan kedalam persamaan

$$y = -0,0113x^2 + 0,1025x + 28,926. \text{ Akan menghasilkan nilai } y_{opt} = 29,1584 \text{ MPa.}$$

Hasil ini bisa diplotkan menjadi grafik seperti yang terlihat pada gambar 5.13



Gambar 5.14 Grafik hubungan antara variasi penggunaan abu batu dengan kuat tekan beton berdasarkan kurva regresi polinomial  
 $y = -0,0113x^2 + 0,1025x + 28,926$

Berdasarkan kurva regresi polinomial  $y = -0,0113x^2 + 0,1025x + 28,926$ , maka nilai optimum penggunaan abu batu adalah 4,5353% yang akan menghasilkan peningkatan kekuatan sebesar 0,7617% dibandingkan beton yang tanpa menggunakan penambahan abu batu.

Perbandingan antara kuat desak beton dengan menggunakan limbah katalis dan abu batu dapat dilihat pada tabel 5.20.

Tabel 5.20 Perbandingan kuat desak beton dengan menggunakan limbah katalis dan abu batu

| Variasi | Limbah Katalis<br>( Kuat desak beton, MPa ) | Abu Batu<br>( Kuat desak beton, MPa ) |
|---------|---|---------------------------------------|
| 0       | 28,9380                                     | 28,9380                               |
| 5       | 30,1167                                     | 29,1220                               |
| 10      | 29,3161                                     | 28,8528                               |
| 15      | 27,5558                                     | 27,9170                               |
| 20      | 22,6634                                     | 26,4585                               |

Dari tabel 5.20 maka dapat dilihat bahwa pada variasi tertentu penggunaan limbah katalis dan abu batu sebagai pengganti sebagian semen dapat meningkatkan kuat desak beton, dibandingkan dengan beton normal. Tetapi bila dibandingkan antara penambahan limbah katalis dan abu batu maka dapat dilihat penggunaan limbah katalis memberikan peningkatan kuat desak yang lebih besar dibandingkan beton yang menggunakan bahan tambah abu batu.

Dari kurva tegangan-regangan penggunaan limbah katalis maka dapat dilihat terjadinya pergeseran nilai regangan, dimana pada variasi 0%, 15% dan 20% limbah katalis berada pada regangan diatas 0,0042. Sedangkan pada beton dengan limbah katalis dengan variasi 5% dan 10% berada pada regangan dibawah 0,0042.

Hal yang sama juga berlaku untuk penggunaan abu batu sebagai pengganti sebagian semen, walaupun kuat desak yang dicapai dibawah nilai kuat desak pada penambahan limbah katalis. Pada penambahan abu batu juga terjadi pergeseran nilai regangan.

### **5.3 Tinjauan Umum Hasil Penelitian Terhadap Penelitian Lainnya**

Pada sub bab ini kita akan membandingkan hasil penelitian kami ini dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh :

#### **5.3.1 Pengaruh penambahan limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi terhadap kuat desak beton.**

Pada penelitian Kurniawan, penelitian dilakukan pada beton menggunakan limbah katalis sebagai *filler* dengan variasi 1,5%, 3%, 4,5% dan 6%, yang kemudian dirawat dengan cara direndam dan pengujian dilakukan pada umur 28

hari. Adapun hasil pengujian pada penelitian ini bahwa nilai optimum pada variasi 3% dengan kuat desak beton sebesar 32,6152 MPa.

Terjadinya kenaikan kuat desak beton disebabkan karena pemakaian limbah katalis sebagai *filler* dapat mengisi pori-pori pada beton, sehingga beton menjadi lebih padat. Pada penelitian ini, seluruh variasi penggunaan limbah katalis dapat meningkatkan kuat desak beton jika dibandingkan dengan beton normal. (Kurniawan, 2006).

### **5.3.2 Perilaku mekanik *paving block* dengan variasi bahan tambah limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen.**

Pada penelitian Deden, penelitian dilakukan pada *paving block* dengan menggunakan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen, dengan variasi limbah katalis sebesar 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen. Pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari. Adapun hasil pengujian pada penelitian ini bahwa kuat desak *paving block* dengan menggunakan limbah katalis terus mengalami penurunan dibandingkan dengan *paving block* tanpa menggunakan limbah katalis (normal).

Terjadinya penurunan kuat desak *paving block* disebabkan karena kurangnya daya ikat pada limbah katalis, sehingga ikatan bahan campuran *paving block* menjadi kurang kuat dan padat, yang menyebabkan turunnya kuat desak *paving block*. (Deden Rudianto, 2006)

Berdasarkan hasil-hasil penelitian diatas, jika dibandingkan dengan penelitian yang saya lakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen kurang baik, namun limbah katalis lebih tepat digunakan sebagai *filler*. Hal ini Dikarenakan komposisi kimia limbah

katalis kurang berperan dalam pembuatan beton. Limbah katalis lebih berperan dalam mengisi rongga-rongga pada beton, disamping juga menyerap kelebihan air pada beton.

