

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bahan penyusun beton yang akan digunakan harus dilakukan pengujian terlebih dahulu, pengujian dilakukan guna mengetahui kualitas dari bahan penyusun beton berdasarkan ketetapan dari Badan Standardisasi Nasional. Pengujian bahan penyusun beton hanya dilakukan pada agregat kasar dan semen. Adapun hasil pengujian semen dan agregat kasar sebagai berikut :

1.1. Hasil Pengujian Semen

1. Pengujian berat satuan semen

Dari pengujian berat satuan semen didapatkan hasil sebesar 1433 kg/m³. Dari hasil tersebut semen dapat dikategorikan normal berdasarkan ASTM C150 (ASTM, 2006). Pada Lampiran I dapat dilihat hasil dari pengujian berat satuan semen secara keseluruhan.

1.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Pada praktek umumnya di laboratorium nilai berat jenis agregat kasar berkisar antara 2,50-2,70. Dari Tabel 4.1 dapat dilihat hasil pengujian berat jenis jenuh kering muka (SSD) yaitu sebesar 2,62 maka agregat tergolong kategori agregat normal. Sedangkan dari pengujian penyerapan air didapatkan hasil sebesar 1,13 %. Hasil pengujian secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran II.

Tabel 4.1 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

| No | Pemeriksaan | Hasil |
|-----------|---|--------------|
| 1 | Berat jenis curah kering (Sd) | 2,59 |
| 2 | berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss) | 2,62 |
| 3 | Berat jenis semu (Sa) | 2,66 |
| 4 | Penyerapan air (Sw) (%) | 1,13 |

2. Pengujian kadar air agregat kasar

Dari pengujian kadar air agregat kasar didapatkan hasil sebesar 2,83 %. Pengujian kadar air ini dilakukan untuk mengetahui persentase kandungan air dalam pori-porinya. Pengujian ini tidak memiliki acuan khusus. Pada Lampiran III dapat dilihat hasil dari pengujian kadar air agregat kasar secara keseluruhan.

3. Pengujian berat satuan agregat kasar

Dari pengujian berat satuan agregat kasar didapatkan hasil sebesar 1383 kg/m³. Pengujian berat satuan agregat kasar tidak memiliki acuan khusus dalam penentuan hasilnya. Pada Lampiran IV dapat dilihat hasil dari pengujian berat satuan agregat kasar secara keseluruhan.

4. Pengujian keausan

Dari pengujian keausan agregat kasar didapatkan hasil sebesar 26,47 %. Hasil tersebut memenuhi syarat berdasarkan SNI 03-6861-2002 (BSN, 2002), yaitu keausan untuk beton kelas I dengan $f_c' \leq 10$ MPa dan ukuran agregat 1,9 cm – 3 cm memiliki nilai keausan $\leq 50\%$. Pada Lampiran IV dapat dilihat hasil dari pengujian keausan secara keseluruhan.

Tabel 4.2 Hasil pengujian agregat kasar

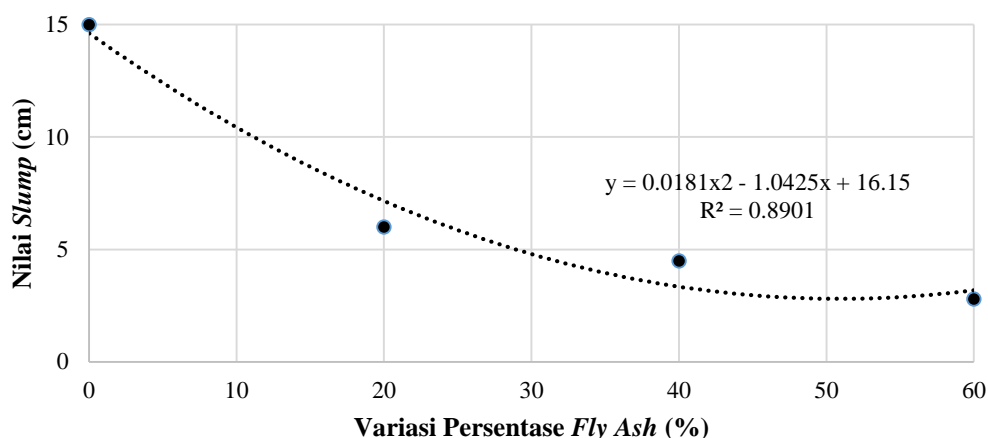
| No. | Pengujian Agregat | Hasil | Satuan |
|-----|-----------------------------------|-------|-------------------|
| 1 | Berat jenis | 2,62 | - |
| 2 | Penyerapan air (%) | 1,13 | % |
| 3 | Kadar air (%) | 2,83 | % |
| 4 | Berat satuan (kg/m ³) | 1383 | kg/m ³ |
| 5 | Keausan (%) | 26,47 | % |

1.3. Hasil Pengujian Nilai *Slump* Beton Non Pasir

Pengujian *slump* dilakukan setelah proses pencampuran adukan beton telah selesai dilakukan. Kelecekan dan kemudahan proses pengerjaan beton dimulai dari proses pencampuran adukan beton sampai campuran adukan beton dituang ke dalam cetakan dapat dilihat dari nilai *slump*, semakin tinggi nilai *slump* yang dihasilkan semakin mudah proses pengerjaannya dan semakin rendah nilai *slump* yang dihasilkan semakin sulit proses pengerjaannya. Nilai *slump* terbesar diperoleh dari beton non pasir dengan variasi *fly ash* 0% yaitu sebesar 15 cm. Setelah itu disusul dengan variasi *fly ash* 20% yaitu sebesar 6 cm, variasi *fly ash* 40% sebesar 4,5 cm dan *fly ash* 60% sebesar 2,8 cm. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa hubungan antara persentase variasi *fly ash* dengan nilai *slump* berbanding terbalik, semakin besar penambahan persentase *fly ash* maka semakin kecil nilai *slump* yang dihasilkan. Pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 dapat dilihat hubungan variasi *fly ash* dengan hasil pengujian *slump* secara keseluruhan.

Tabel 4.3 Hasil pengujian nilai *slump*

| No. | Variasi <i>Fly Ash</i> (%) | Nilai <i>Slump</i> (cm) |
|-----|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 0 | 15 |
| 2 | 20 | 6 |
| 3 | 40 | 4,5 |
| 4 | 60 | 2,8 |

Gambar 4.1 Hubungan variasi *fly ash* terhadap nilai *slump*

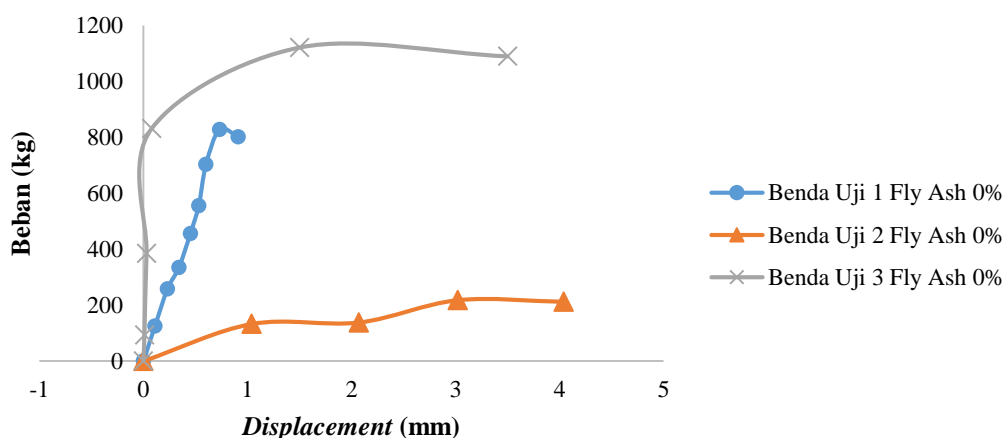
1.4. Hubungan Antara Beban dan *Displacement* Dengan Variasi *Fly Ash* 0% dan *Superplasticizer* 0,5%

Baik atau tidaknya nilai kuat lentur yang akan diperoleh dapat dilihat dari hubungan antara beban yang diterima beton non pasir saat pengujian dengan nilai *displacement* yang dihasilkan pada saat pengujian. Semakin besar beban yang diberikan namun *displacement* yang dihasilkan kecil maka pelat beton tersebut memiliki nilai kuat lentur yang baik. Jika semakin besar beban yang diberikan dan *displacement* yang dihasilkan juga besar maka nilai kuat lentur beton tersebut kurang baik. Beban terbesar yang dapat diterima oleh variasi *fly ash* 0% dan *superplasticizer* 0,5% sebesar 1089,9 kg dengan *displacement* sebesar 3,5 mm pada benda uji 3. Dilanjutkan dengan benda uji 1 yang dapat menerima beban sebesar 801,45 dengan *displacement* sebesar 0,91 mm. dan yang terakhir adalah benda uji 2 yang dapat menerima beban sebesar 211,65 kg dengan *displacement* sebesar 4,04 mm. Jika dilihat pada Gambar 4.2 ketiga benda uji memiliki hasil yang berbeda walaupun campurannya sama, hal ini dapat dikarenakan ketika proses pemadatan yang dilakukan manual sehingga kepadatan setiap benda uji berbeda-beda dan

permukaan benda uji yang tidak rata menyebabkan sulitnya dilakukan pembacaan beban di komputer dan pembacaan *displacement* di *dial gauge*. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.4 Data hasil pengujian beban dan *displacement* pada variasi *fly ash* 0% dan *superplasticizer* 0,5%

| Benda Uji | Beban Maksimum (kg) | <i>Displacement</i> (mm) |
|-------------|---------------------|--------------------------|
| Benda Uji 1 | 801,45 | 0,91 |
| Benda Uji 2 | 211,65 | 4,04 |
| Benda Uji 3 | 1089,9 | 3,5 |



Gambar 4.2 Hubungan antara beban dan *displacement* variasi *fly ash* 0% dan *superplasticizer* 0,5%

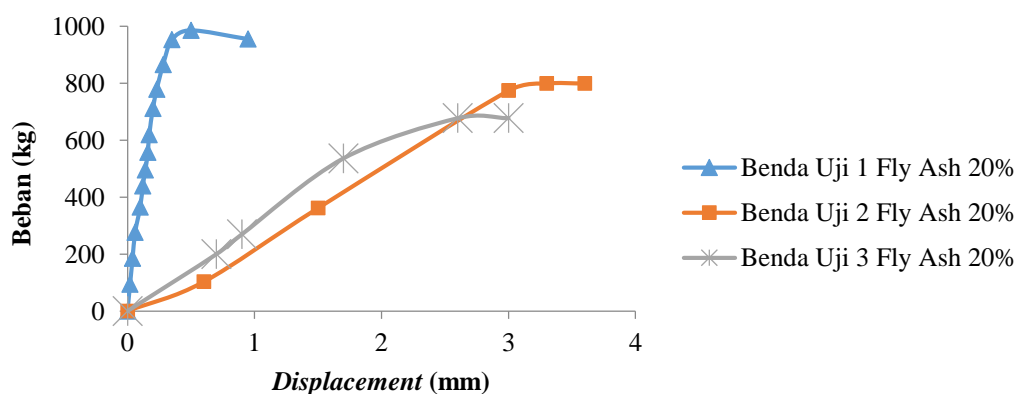
1.5. Hubungan Antara Beban dan *Displacement* Dengan Variasi *Fly Ash* 20% dan *Superplasticizer* 0,5%

Pemberian *fly ash* 20% sebagai *filler* bertujuan untuk mengisi sedikit rongga yang terdapat pada beton non pasir, agar beton memiliki kepadatan yang lebih tinggi dari pada beton non pasir tanpa pemberian *fly ash*. Dan pemberian *superplasticizer* sebanyak 0,5% bertujuan untuk mengurangi air, yang diharapkan dengan pengurangan air tersebut dapat memudahkan proses pengerjaan beton non pasir itu sendiri. Dari hasil pengujian didapatkan nilai hubungan antara beban dan *displacement* tertinggi terdapat pada benda uji 1 dengan beban sebesar 955,05 kg dan *displacement* sebesar 0,95 mm. Dilanjutkan dengan benda uji 2 dengan beban sebesar 799,5 kg dan *displacement* sebesar 3,6 mm. Dan terakhir benda uji 3 dengan beban sebesar 677,25 kg dan *displacement* sebesar 3 mm. Beban yang dapat diterima beton non pasir pada variasi *fly ash* 20% dan *superplasticizer* 0,5% cenderung meningkat dari pada beban yang mampu diterima beton non pasir

dengan variasi *fly ash* 0% dan *superplasticizer* 0,5%. Hal ini dikarenakan penambahan *fly ash* dapat mengisi sedikit rongga pada beton non pasir. Sehingga rongga yang dihasilkan tidak terlalu besar dan hasilnya pun menjadi lebih padat. Sebagaimana diketahui kepadatan beton non pasir mempengaruhi kekuatan beton non pasir dalam menerima beban, semakin sedikit rongga yang dihasilkan maka beton akan semakin padat dan bertambahlah kemampuan beton dalam menerima beban dan *displacement*. Semakin besar rongga yang dihasilkan beton non pasir maka beton non pasir memiliki kepadatan yang kurang, maka semakin kecil kemampuan beton non pasir dalam menerima beban dan *displacement*. Karena kepadatan mempengaruhi kekuatan beton maka penting memperhatikan proses pemadatan pada saat pembuatan benda uji ke dalam cetakan. Jika dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.3 ketiga benda uji memiliki hasil yang berbeda walaupun variasi campuran *fly ash* dan *superplasticizer* yang digunakan sama, hal ini dapat dikarenakan ketika proses pemadatan yang dilakukan manual sehingga kepadatan setiap benda uji berbeda-beda dan benda uji yang tidak rata menyebabkan sulitnya dilakukan pembacaan beban di komputer dan pembacaan *displacement* di *dial gauge*. Hasil pengujian antara beban dan *displacement* variasi *fly ash* 20% dan *superplasticizer* 0,5% dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.5 Data hasil pengujian beban dan *displacement* pada variasi *fly ash* 20% dan *superplasticizer* 0,5%

| Benda Uji | Beban Maksimum (kg) | <i>Displacement</i> (mm) |
|-------------|---------------------|--------------------------|
| Benda Uji 1 | 955,05 | 0,95 |
| Benda Uji 2 | 799,5 | 3,6 |
| Benda Uji 3 | 677,25 | 3 |



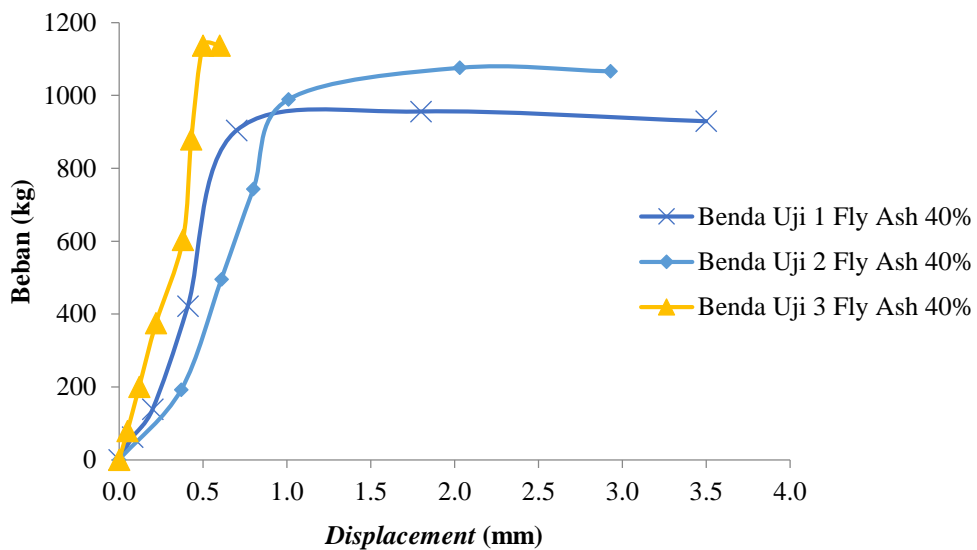
Gambar 4.3 Hubungan antara beban dan *displacement* variasi *fly ash* 20% dan *superplasticizer* 0,5%

1.6. Hubungan Antara Beban dan *Displacement* Dengan Variasi *Fly Ash* 40% dan *Superplasticizer* 0,5%

Sama seperti beton non pasir dengan variasi *fly ash* 20% dan *superplasticizer* 0,5%. Penambahan *fly ash* 40% juga bertujuan sebagai *filler* untuk mengisi sedikit rongga yang terdapat pada beton non pasir, agar beton memiliki kepadatan yang lebih tinggi dari pada beton non pasir dengan variasi *fly ash* 0% dan *superplasticizer* 0,5% dan beton non pasir dengan variasi *fly ash* 20% dan *superplasticizer* 0,5%. Dan pemberian *superplasticizer* sebanyak 0,5% bertujuan untuk mengurangi air, yang diharapkan dengan pengurangan air tersebut dapat memudahkan proses pengerjaan. Dari hasil pengujian didapatkan nilai hubungan antara beban dan *displacement* tertinggi terdapat pada benda uji 3 dengan beban sebesar 1136,1 kg dan *displacement* sebesar 0,6 mm. Dilanjutkan dengan benda uji 2 dengan beban sebesar 1065,9 kg dan *displacement* sebesar 2,93 mm. Dan terakhir benda uji 3 dengan beban sebesar 929,1 kg dan *displacement* sebesar 3,5 mm. Beban yang dapat diterima beton non pasir pada variasi *fly ash* 40% dan *superplasticizer* 0,5% cenderung meningkat dari pada beban yang mampu diterima beton non pasir dengan variasi *fly ash* 0% dan *superplasticizer* 0,5% dan dengan variasi *fly ash* 20% dan *superplasticizer* 0,5%. Hal ini dikarenakan penambahan *fly ash* dapat mengisi sedikit rongga pada beton non pasir. Sehingga rongga yang dihasilkan tidak terlalu besar dan beton non pasir yang dihasilkan pun menjadi lebih padat. Jika dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.4 ketiga benda uji memiliki hasil yang berbeda walaupun variasi campuran *fly ash* dan *superplasticizer* yang digunakan sama, hal ini dapat dikarenakan ketika proses pemadatan yang dilakukan manual sehingga kepadatan setiap benda uji berbeda-beda dan benda uji yang tidak rata menyebabkan sulitnya dilakukan pembacaan beban di komputer dan pembacaan *displacement* di *dial gauge*. Hasil pengujian antara beban dan *displacement* dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.6 Data hasil pengujian beban dan *displacement* pada variasi *fly ash* 40% dan *superplasticizer* 0,5%

| Benda Uji | Beban Maksimum (kg) | <i>Displacement</i> (mm) |
|-------------|---------------------|--------------------------|
| Benda Uji 1 | 929,1 | 3,5 |
| Benda Uji 2 | 1065,9 | 2,93 |
| Benda Uji 3 | 1136,1 | 0,6 |



Gambar 4.4 Hubungan antara beban dan *displacement* variasi *fly ash* 40% dan *superplasticizer* 0,5%

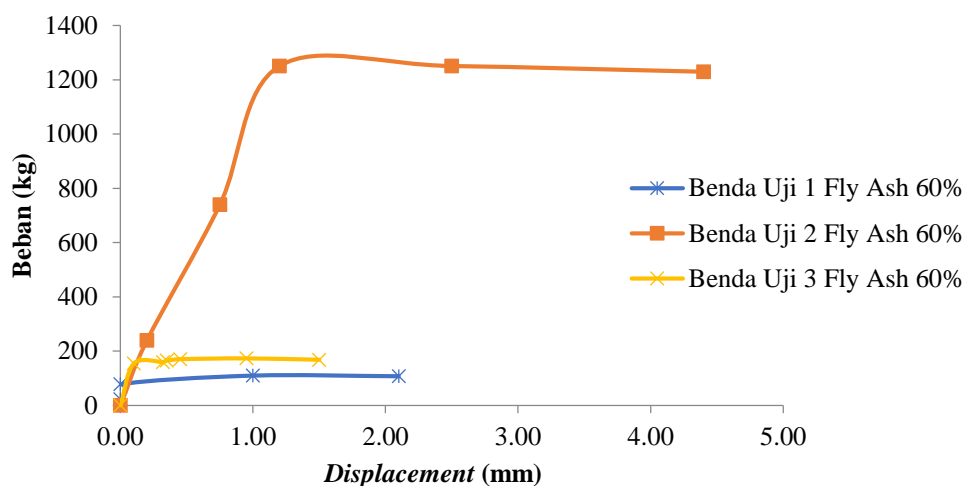
1.7. Hubungan Antara Beban dan *Displacement* Dengan Variasi *Fly Ash* 60% dan *Superplasticizer* 0,5%

Sama dengan pemberian *fly ash* pada variasi sebelumnya. Penambahan *fly ash* 60% juga bertujuan sebagai *filler* untuk mengisi sedikit rongga yang terdapat pada beton non pasir, diharapkan beton non pasir dengan variasi *fly ash* 60% memiliki kemampuan menahan beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan 3 variasi sebelumnya. Pemberian *superplasticizer* sebanyak 0,5% bertujuan untuk mengurangi air dan dapat memudahkan proses pengerjaan. Dari hasil pengujian didapatkan nilai hubungan antara beban dan *displacement* tertinggi terdapat pada benda uji 2 dengan beban sebesar 1229,4 kg dan *displacement* sebesar 4,4 mm. Dilanjutkan dengan benda uji 3 dengan beban sebesar 167,55 kg dan *displacement* sebesar 1,5 mm. Dan terakhir benda uji 1 dengan beban sebesar 106,8 kg dan *displacement* sebesar 2,1 mm. Beban yang dapat diterima beton non pasir pada variasi *fly ash* 60% dan *superplasticizer* 0,5% mengalami penurunan dibandingkan dengan 3 variasi sebelumnya. Hal ini dikarenakan kadar *fly ash* yang digunakan terlalu banyak sedangkan kadar *superplasticizer* dan fas yang digunakan terlalu sedikit. Sehingga adukan beton menjadi terlalu kering tidak dapat mengikat seluruh material dengan baik. Karena kurangnya daya ikat yang dihasilkan, kemampuan beton dalam menerima beban pun berkurang. Hasil pengujian antara beban dan *displacement* dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.5.

Pada Gambar 4.5 terdapat perbedaan hasil yang cukup jauh antara benda uji 1 dan benda uji 3 dengan benda uji 2. Hal ini dikarenakan pada saat pengujian benda uji 1 dan benda uji 3 banyak mengalami *error* saat pembabanan dimana komputer dan *dial gauge* tidak dapat membaca beban dan *displacement* yang telah dihasilkan ketika pengujian, sehingga harus dilakukan pembebanan ulang. Karena pembebanan dilakukan tidak hanya sekali, nilai beban dan *displacement* yang dihasilkan tidak maksimal.

Tabel 4.7 Data hasil pengujian beban dan *displacement* pada variasi *fly ash* 60% dan *superplasticizer* 0,5%

| Benda Uji | Beban Maksimum (kg) | <i>Displacement</i> (mm) |
|-------------|---------------------|--------------------------|
| Benda Uji 1 | 106,8 | 2,1 |
| Benda Uji 2 | 1229,4 | 4,4 |
| Benda Uji 3 | 167,55 | 1,5 |



Gambar 4.5 Hubungan antara beban dan *displacement* variasi *fly ash* 60% dan *superplasticizer* 0,5%

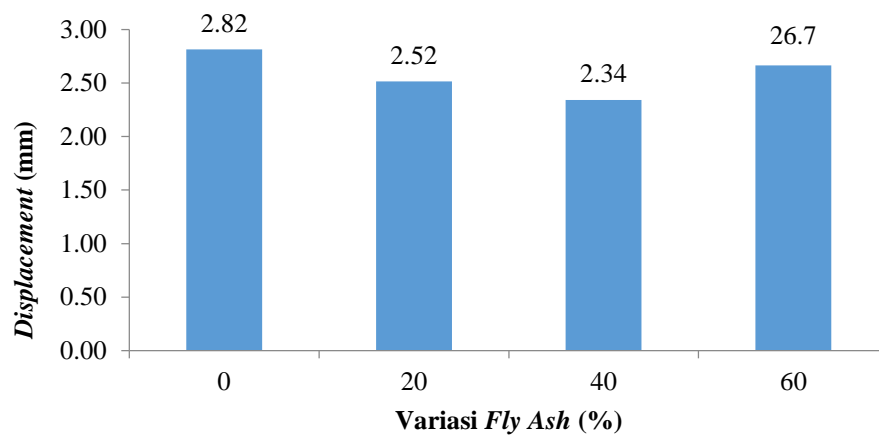
1.8. Hubungan Antara *Displacement* Dengan Variasi *Fly Ash*

Pada pengujian pelat beton non pasir dihasilkan nilai *deplacement* yang berbeda-beda setiap benda uji. Untuk mengetahui baik atau tidaknya nilai kuat lentur dapat dilihat dari nilai *displacement*. Semakin kecil nilai *displacement* yang dihasilkan dengan beban yang semakin besar maka semakin baik kuat lenturnya. Pada hasil pengujian ini didapatkan rata-rata nilai *deplacement* terbesar pada variasi *fly ash* 0% sebesar 2,82 mm dan nilai *displacement* terkecil pada variasi *fly ash* 40% sebesar 2,34 mm. Namun pada variasi 60% *displacement* mengalami peningkatan lagi menjadi 2,67 mm. Dari hasil ini dapat dilihat untuk mengurangi *displacement* penambahan *fly ash* pada beton non pasir baik dilakukan, karena seiring

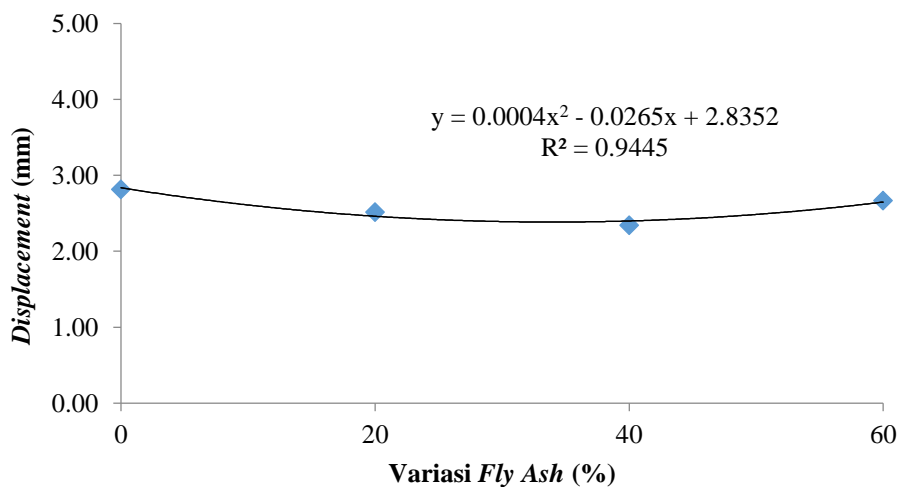
bertambahnya variasi *fly ash* semakin kecil nilai *displacement* yang dihasilkan sampai pada variasi 40%. Pada variasi 60% *displacement* mengalami peningkatan dikarenakan, nilai fas yang digunakan terlalu kecil untuk kadar 60% sehingga adukan beton menjadi lebih kering daripada variasi lain dan daya ikat antar material pun berkurang. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8, Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.

Tabel 4.8 Hasil pengujian hubungan variasi *fly ash* dan *displacement*

| Variasi <i>Fly Ash</i> (%) | Rata-Rata <i>Displacement</i> (mm) |
|----------------------------|---------------------------------------|
| 0% | 2,82 |
| 20% | 2,52 |
| 40% | 2,34 |
| 60% | 2,67 |



Gambar 4.6 Hubungan variasi *fly ash* dan *displacement*



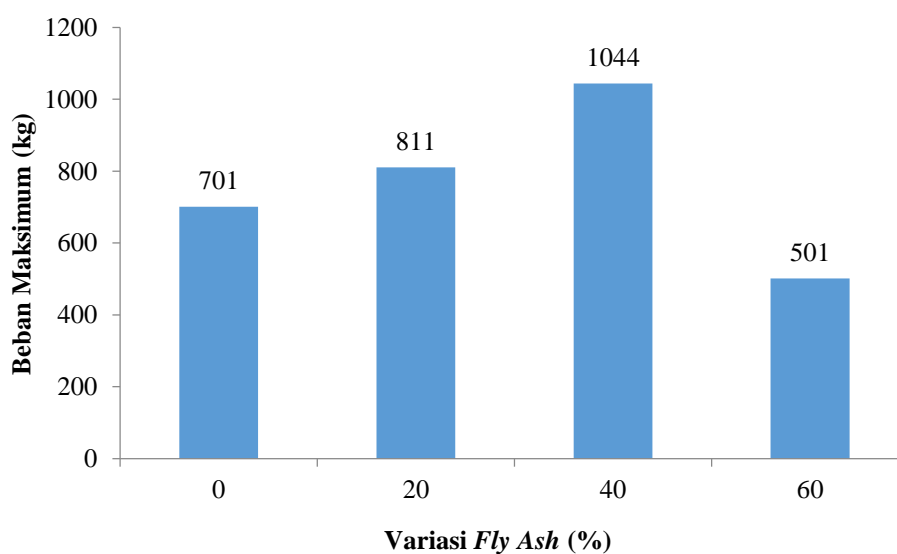
Gambar 4.7 Hubungan variasi *fly ash* dan *displacement*

1.9. Hubungan Antara Beban Dengan Variasi *Fly Ash*

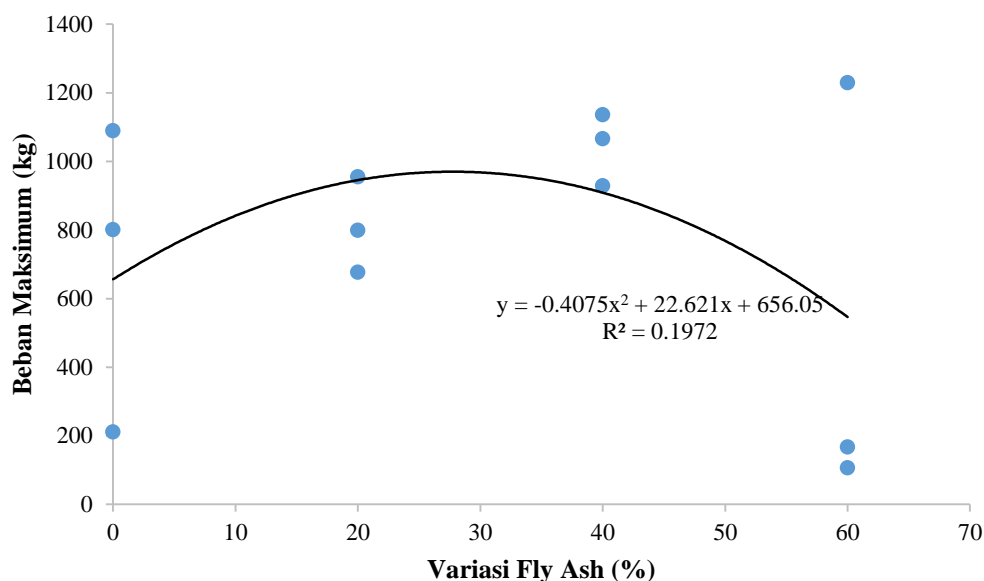
Pada pengujian pelat beton non pasir dihasilkan nilai beban yang berbeda-beda setiap benda uji. Variasi 40% memiliki ketahanan dalam menerima beban tertinggi yaitu sebesar 1044 kg. Setelahnya dilanjutkan oleh variasi 20% yaitu sebesar 811 kg dan variasi 0% sebesar 701. Variasi 60% menempati urutan terakhir atau memiliki kemampuan menahan beban yang terkecil yaitu sebesar 501 kg. Beban yang diterima beton non pasir dengan variasi *fly ash* terus mengalami peningkatan sampai pada variasi *fly ash* 40%, namun pada variasi 60% mengalami penurunan. Dari hasil tersebut dapat dilihat penambahan *fly ash* dalam beton non pasir baik dilakukan dengan kadar tertentu yang menyesuaikan dengan nilai fas yang digunakan. Karena jika *fly ash* yang dicampurkan terlalu banyak dan tidak sebanding dengan nilai fas yang digunakan maka campuran yang dihasilkan akan menjadi terlalu kering sehingga daya ikat antara semen, agregat dan *fly ash* kurang baik dan menyebabkan buruknya kemampuan beton non pasir dalam menerima beban. Hasil pengujian hubungan antara beban dan variasi *fly ash* dapat dilihat pada Tabel 4.9, Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.

Tabel 4.9 Data hasil pengujian beban dengan variasi *fly ash*

| Variasi <i>Fly Ash</i> (%) | Rata-Rata Beban Maksimal (kg) |
|----------------------------|-------------------------------|
| 0% | 701 |
| 20% | 811 |
| 40% | 1044 |
| 60% | 501 |



Gambar 4.8 Hubungan antara beban maksimum dan variasi *fly ash*



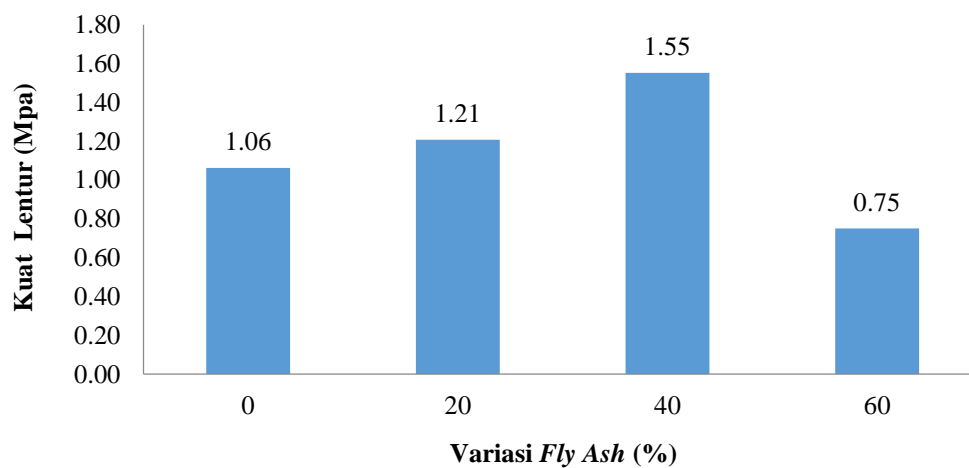
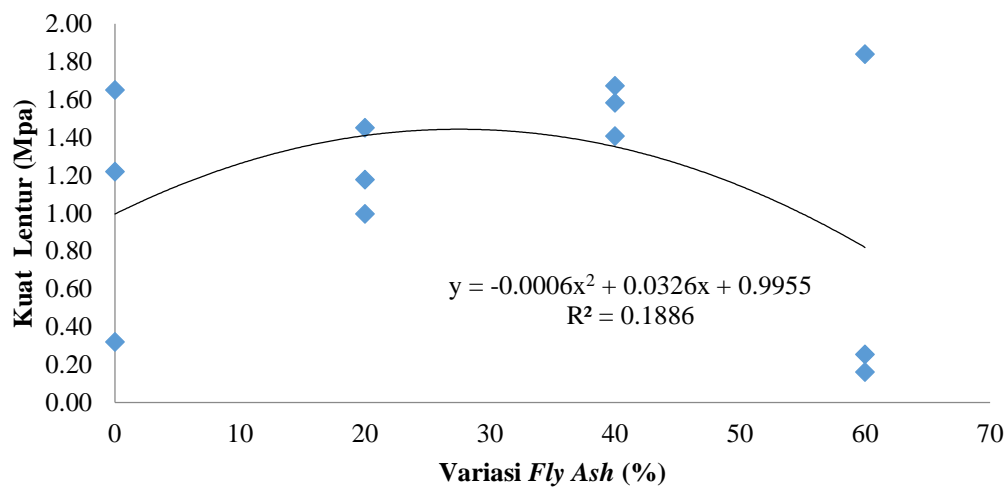
Gambar 4.9 Hubungan antara beban maksimum dan variasi *fly ash*

1.10. Hubungan Antara Nilai Kuat Lentur Dengan Variasi *Fly Ash*

Kuat lentur menentukan kemampuan dari beton tersebut dalam menerima beban. Kuat lentur beton yang dihasilkan berbeda-beda setiap benda. Untuk membandingkan nilai kuat lentur yang dihasilkan dari masing-masing variasi, nilai kuat lentur yang diambil adalah nilai kuat lentur rata-rata. Nilai rata-rata kuat lentur terdapat pada beton non pasir dengan variasi *fly ash* 40% yaitu sebesar 1,55 MPa. Selanjutnya disusul oleh variasi *fly ash* 20% sebesar 1,21 MPa dan variasi *fly ash* 0% sebesar 1,06 MPa. Rata-rata nilai kuat lentur terendah terdapat pada variasi *fly ash* 60% sebesar 0,75 MPa. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa dengan penambahan *fly ash* nilai kuat lentur semakin meningkat sampai pada variasi *fly ash* 40%, namun pada variasi *fly ash* 60% kuat lentur mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan penggunaan *fly ash* pada beton non poros baik dilakukan dengan kadar yang optimal dan sesuai dengan nilai fasnya, karena jika variasi yang digunakan terlalu besar sedangkan nilai fasnya kecil campuran beton non pasir yang dihasilkan terlalu kering, sehingga daya ikat antara semen, agregat dan *fly ash* kurang baik. Namun, jika nilai fas yang digunakan terlalu kecil dan kadar *fly ash* yang digunakan terlalu sedikit akan menyebabkan campuran beton non pasir terlalu cair sehingga adukan semen dan *fly ash* tidak mengikat seutuhnya dengan agregat dan mengendap dibawah beton. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.10, Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.

Tabel 4.10 Nilai kuat lentur yang dihasilkan masing-masing variasi *fly ash*

| Variasi <i>Fly Ash</i> | Kode | <i>Peak Point</i> (kg) | Dimensi (cm) | | | <i>Peak Point</i> (Newton) | Tegangan lentur (Mpa) | Rata-rata Kuat Lentur (Mpa) |
|---------------------------|------|---------------------------|--------------|-----|-----|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | | | b | H | L | | | |
| 0% | L | 828,30 | 400 | 100 | 600 | 8125,62 | 1,22 | 1,06 |
| | K | 217,35 | 400 | 100 | 600 | 2132,20 | 0,32 | |
| | J | 1121,40 | 400 | 100 | 600 | 11000,93 | 1,65 | |
| 20% | I | 985,95 | 400 | 100 | 600 | 9672,17 | 1,45 | 1,21 |
| | H | 799,5 | 400 | 100 | 600 | 7843,10 | 1,18 | |
| | G | 677,25 | 400 | 100 | 600 | 6643,82 | 1,00 | |
| 40% | F | 955,80 | 400 | 100 | 600 | 9376,40 | 1,41 | 1,55 |
| | E | 1075,65 | 400 | 100 | 600 | 10552,13 | 1,58 | |
| | D | 1136,10 | 400 | 100 | 600 | 11145,14 | 1,67 | |
| 60% | C | 109,20 | 400 | 100 | 600 | 1071,25 | 0,16 | 0,75 |
| | B | 1250,55 | 400 | 100 | 600 | 12267,90 | 1,84 | |
| | A | 172,65 | 400 | 100 | 600 | 1693,70 | 0,25 | |

Gambar 4.10 Hubungan kuat lentur dengan variasi *fly ash*Gambar 4.11 Hubungan kuat lentur dengan variasi *fly ash*