

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH DIAMETER DAN KUAT TEKAN INKLUSI TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR

Robertus Wahyu Pambudi, Wisnu Wardhana, Han Ay Lie ^{*)}, Parang Sabdono ^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh diameter dan kuat tekan inklusi terhadap kuat tekan mortar. Untuk mendapatkan kuat tekan inklusi yang bervariasi, inklusi dalam penelitian ini adalah agregat buatan dari material mortar yang dimasukkan ke dalam benda uji. Penelitian sejauh ini mengatakan inklusi berbentuk silinder adalah bentuk yang memberikan kuat tekan paling tinggi. Oleh karena itu muncul usulan dalam penelitian ini untuk meneliti bagaimana pengaruh diameter dan kuat tekan inklusi bentuk silinder terhadap kuat tekan mortar. Pada penelitian ini digunakan 4 variasi diameter inklusi yaitu ukuran 11,7 mm, 20,8 mm, 29,7 mm, dan 45,7 mm serta 5 variasi kuat tekan inklusi yang didapat dari variasi campuran semen dan pasir berupa 1:3,81; 1:3,21; 1:2,62; 1:2,02 serta 1:1,42. Penelitian ini meninjau pengaruh diameter dan kuat tekan inklusi dari benda uji berukuran 100x100x50 mm. Pengujian yang dilakukan dengan pembebanan uniaksial (satu arah) dan menggunakan load cell untuk mengetahui beban maksimum yang dihasilkan. Melalui penelitian ini diharapkan, selain mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tekan benda uji, dapat juga mengetahui hubungannya terhadap pola retak benda uji dapat diamati saat pengujian dan dianalisa dengan menggunakan SAP 2000.

kata kunci: *Diameter, Kuat Tekan Inklusi, Kuat Tekan Mortar, Pola Retak*

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of inclusion diameter and compressive strength of the mortar compressive strength. To get a compressive strength varying inclusion, inclusion in this study were artificial aggregate of mortar material that is fed into the test specimen. Research has so far said cylindrical inclusion is a form that provides the highest compressive strength. Therefore, there was a suggestion in this study to examine how strong the influence of diameter and press inclusion cylindrical shape of compressive strength of mortar. In this study used four variations of which is a measure of inclusion diameter of 11.7 mm, 20.8 mm, 29.7 mm and 45.7 mm and 5 variations inclusion compressive strength obtained from the variation mixture of cement and sand in the form of 1:3.81; 1:3.21; 1:2.62; 1:2.02 and 1:1.42. This study reviewed the effect of inclusion diameter and compressive strength of the test specimen measuring 100x100x50 mm. Tests conducted with uniaxial loading (one way) and use the load cell to determine the maximum load is generated. Through this research is expected, in addition to determine the effect of

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

compressive strength test specimen, can also determine its relationship to the crack pattern of the test specimen can be observed when testing and analyzed by using SAP 2000.

keywords: *Diameter, Inclusion Compressive Strength, Mortar Compressive Strength, Pattern Cracks.*

PENDAHULUAN

Mortar merupakan campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen portland) dan air dengan komposisi tertentu. Dalam pekerjaan konstruksi bangunan, biasanya Mortar merupakan bahan bangunan berupa campuran dari semen, pasir dan air dengan komposisi tertentu. Nilai kekuatan tekan mortar diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai benda uji mengalami keruntuhan.

Inklusi dalam penelitian ini adalah agregat buatan yang dibuat dari material mortar yang dimasukkan kedalam benda uji. Pada penelitian ini digunakan inklusi berbentuk silinder. Penggunaan inklusi berbentuk silinder ini berdasarkan penelitian Setiawan (2014), yang membandingkan benda uji mortar dengan beragam bentuk inklusi, yaitu silinder, segitiga, dan persegi.

Pada penelitian ini akan digali lebih dalam mengenai pengaruh inklusi berbentuk silinder dengan 4 variasi diameter dan 5 variasi kuat tekan terhadap kuat tekan benda uji. Dari penelitian ini dapat diketahui perbandingan benda uji pada 4 variasi diameter inklusi. Penelitian ini juga membandingkan benda uji dengan 5 variasi kuat tekan inklusi. Dengan pendekatan tersebut dapat diketahui seberapa besar pengaruh diameter dan kuat tekan inklusi terhadap kuat tekan benda uji.

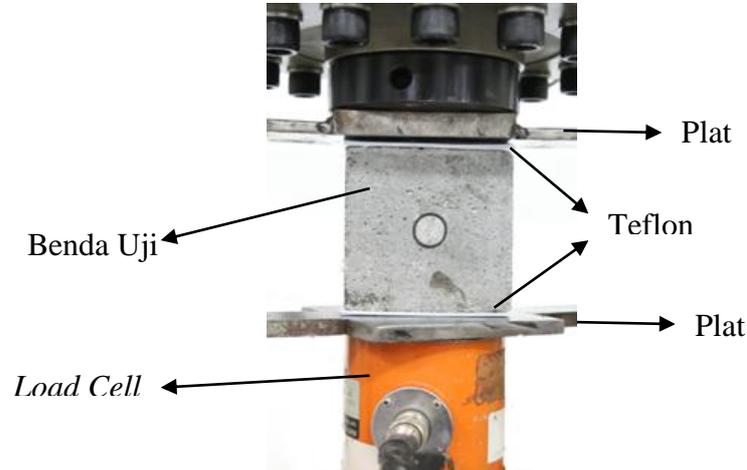
METODOLOGI PENELITIAN

Inklusi terbuat dari mortar yang memiliki panjang 5 cm. Inklusi terdiri dari 4 variasi diameter yaitu diameter 11,7 mm, 20,8 mm, 29,7 mm, dan 45,7 mm. Inklusi terdiri dari 5 variasi kuat tekan. Komposisi material menggunakan perbandingan berat semen : pasir yang digunakan untuk menghasilkan 5 variasi kuat tekan yaitu 1:3,81; 1:3,21; 1:2,62; 1:2,02 serta 1:1,42. Benda uji yang digunakan berukuran 100 mm x 50 mm x 100 mm. Semen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semen *Ordinary Portland Cement (OPC)* dan pasir yang digunakan yaitu pasir muntilan. Inklusi akan dibuat terlebih dulu dengan cetakan kayu yang kemudian akan dilakukan *core drill* setelah mortar inklusi berumur 28 hari sesuai ukurannya.

Pada tahap pembuatan benda uji, sebelum pengecoran inklusi dibuat SSD agar tidak menyerap air dari selimut benda uji. Pada saat pengecoran, mortar yang dituangkan pada cetakan ditumbuk 2 x 25 tumbukan, setelah cetakan diisi penuh oleh mortar, dilakukan penggetaran dengan meja getar selama 30 detik. Benda uji disimpan selama 24 jam, setelah itu cetakan dilepas dan dilakukan perawatan dengan disimpan di dalam air.

Pengujian semua benda uji dilakukan setelah mencapai umur 28 hari. Sebelum dilakukan pengujian benda uji akan dikeringkan dan diratakan untuk mendapatkan permukaan halus. Pengujian benda uji menggunakan *Servo Hydraulic Compression Testing Machine* merk Hung Ta. Gambar 1 adalah *set-up* pengujian, *load cell* digunakan untuk pembacaan beban,

pelat baja digunakan untuk meratakan beban, sedangkan *teflon* berfungsi sebagai tumpuan roll, dan membuat benda uji dapat meregang, karena tidak adanya ikatan antara benda uji dengan *teflon*.



Gambar 1. *Setting* Alat Pengujian

HASIL PENGUJIAN

Pada pengujian benda uji dalam penelitian ini, terlebih dahulu diuji kuat tekan dari masing-masing komponen penyusun benda uji, yaitu inklusi, dan mortar. Pengujian kuat tekan inklusi menggunakan benda uji mortar berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm, masing-masing berjumlah 6 buah silinder untuk masing-masing komposisi material. Untuk data hasil kuat tekan rata-rata inklusi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Inklusi

Komponen Material Semen:Pasir	1:3,81	1:3,21	1:2,62	1:2,02	1:1,42
Nilai Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	23,95	30,11	36,12	41,63	46,80

Untuk komposisi material mortar menggunakan perbandingan semen:pasir = 1:3,21. Dalam pengecoran mortar dilakukan 2 kali pengecoran, hal ini disebabkan karena kapasitas *mixer* yang kurang memadai apabila dilakukan sekali pengecoran. Pengujian kuat tekan inklusi menggunakan benda uji mortar berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm, masing-masing berjumlah 6 buah silinder untuk masing-masing pengecoran. Data hasil kuat tekan rata-rata mortar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

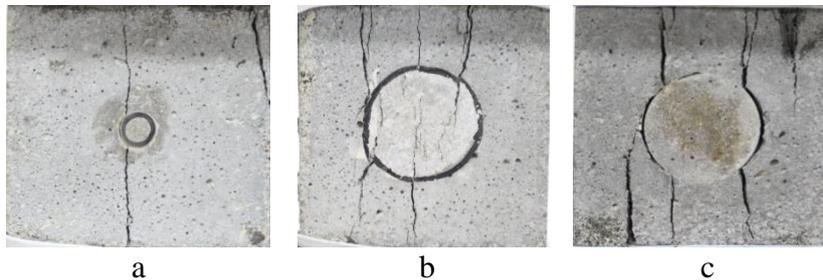
Komposisi Material	Hasil Kuat Tekan Rata-Rata Pengecoran 1 (MPa)	Hasil Kuat Tekan Rata-Rata Pengecoran 2 (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata Mortar (MPa)
1:3,21	29,48	28,84	29,16

Benda uji mortar tanpa inklusi digunakan sebagai benda uji kontrol terhadap nilai kuat tekan benda uji yang terdapat inklusi didalamnya, nilai rata-rata beban puncak benda uji tanpa inklusi adalah sebesar 156,69 KN. Untuk pengujian benda uji dengan inklusi menggunakan 4 sample benda uji inklusi untuk masing-masing diameter dan kuat tekan inklusi, sehingga didapat beban puncak rata-rata seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Beban Puncak Benda Uji Berinklusi

Diameter Inklusi (mm)	Beban Puncak Benda Uji dengan Kuat Tekan Inklusi (KN)				
	23,95 MPa	30,11 MPa	36,12 MPa	41,63 MPa	46,80 MPa
11,7	144,85	135,81	149,26	138,01	155,52
20,8	141,75	130,27	124,74	137,56	170,37
29,7	127,98	116,95	107,64	132,12	151,60
45,7	116,05	101,79	102,69	123,84	143,64

Selain mengambil data kuat tekan dan beban puncak benda uji, dalam penelitian ini juga mengamati pola retak yang terjadi pada benda uji saat pengujian benda uji berlangsung. Pada benda uji dengan kuat tekan inklusi 23,95 MPa dengan diameter inklusi lebih besar dari 11,7 mm, pola retak terjadi pada area inklusi, seperti pada Gambar 2b. Akan tetapi pada benda uji dengan kuat tekan inklusi 23,95 MPa dengan diameter 11,7 mm, pola retak terjadi pada lekatan antara inklusi dengan mortar, seperti pada Gambar 2a. Untuk benda uji dengan kuat tekan inklusi > 23,95 MPa, pola retak terjadi di area lekatan antara inklusi dengan mortar, seperti pada Gambar 2c.



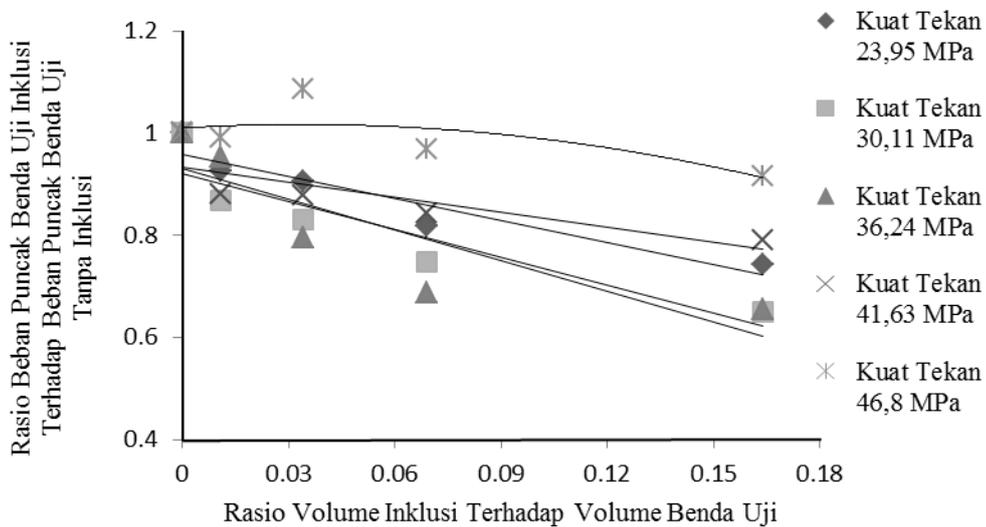
Gambar 2a. Benda Uji dengan Kuat Tekan Inklusi 23,95 MPa Diameter 11,7 mm
 b. Benda Uji dengan Kuat Tekan Inklusi 23,95 MPa Diameter 45,7 mm
 c. Benda Uji dengan Kuat Tekan Inklusi 46,8 MPa Diameter 45,7 mm

ANALISA HASIL

Benda uji memiliki 4 variasi diameter inklusi untuk masing-masing tipe kuat tekan inklusi yaitu diameter 11,7 mm, 20,8 mm, 29,7 mm, dan 45,7 mm. Hasil kuat tekan yang diperoleh pada pengujian benda uji untuk membandingkan pengaruh diameter inklusi terhadap kuat tekan benda uji dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini. Hasil tersebut disajikan dalam bentuk grafik hubungan rasio volume inklusi terhadap volume benda uji dengan rasio beban puncak benda uji inklusi terhadap beban puncak benda uji tanpa inklusi.

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa benda uji yang memiliki inklusi mengalami penurunan beban puncak dibanding dengan benda uji tanpa inklusi, dan semakin diameter inklusi bertambah besar maka beban puncak mortar cenderung semakin turun. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh lekatan yang tidak sempurna antara mortar dengan inklusi, karena semakin besar diameter inklusi mengakibatkan area lekatan antara inklusi

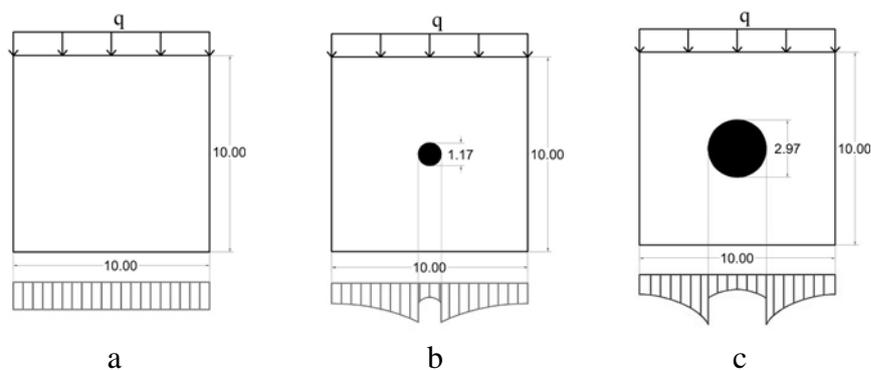
dan mortar semakin besar, daerah lekatan tersebut merupakan bagian terlemah dari benda uji karena pada area sekitar inklusi terjadi konsentrasi tegangan yang membesar dibanding dengan area yang jauh dari inklusi.



Gambar 3. Grafik Hubungan Pengaruh Diameter Inklusi Terhadap Kuat Tekan Benda Uji

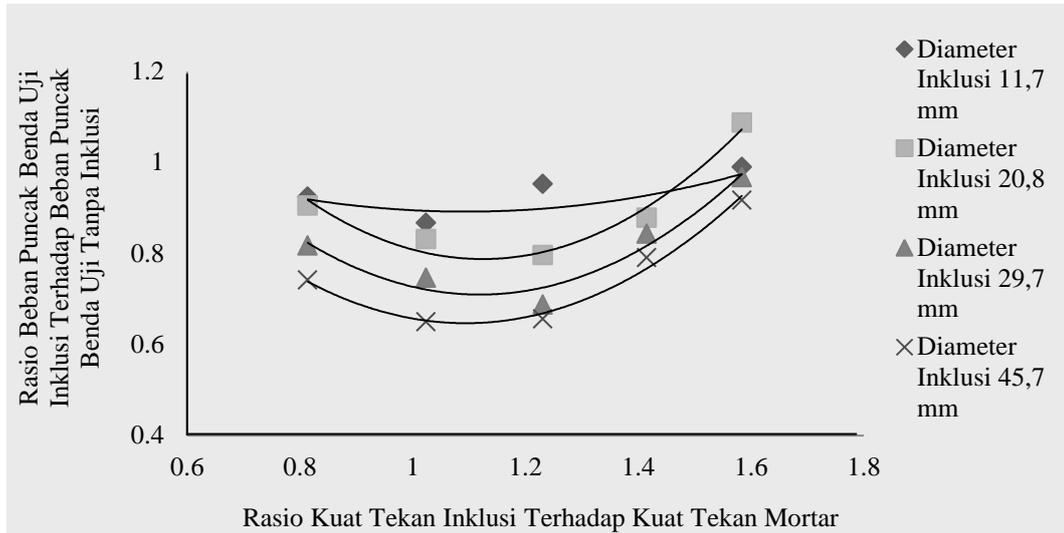
Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa benda uji dengan kuat tekan inklusi 46,8 MPa mengalami perubahan karakteristik, yaitu bahwa benda uji dengan kuat tekan tersebut pada saat diameter inklusi 20,8 atau rasio volume inklusi terhadap volume benda uji 0,03, benda uji tersebut mampu menahan beban puncak yang lebih besar. Hal ini berbeda dengan karakteristik benda uji dengan kuat tekan inklusi kurang dari 46,8 MPa, oleh karena itu perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan benda uji yang mempunyai kuat tekan inklusi lebih dari 46,8 MPa.

Pada benda uji tanpa inklusi distribusi tegangan yang terjadi merata seperti pada Gambar 4a, namun ketika benda uji diberi inklusi didalamnya timbul konsentrasi tegangan pada area lekatan antara inklusi dengan mortar seperti pada Gambar 4b. Selain itu, semakin besar diameter inklusi juga mengakibatkan area mortar semakin sempit sehingga konsentrasi tegangan pun lebih cepat tercapai seperti pada Gambar 4c.



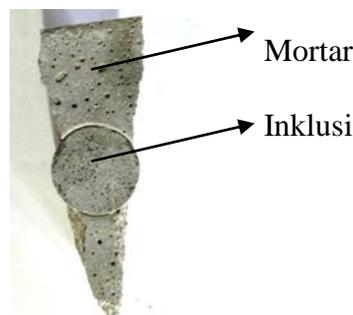
Gambar 4a. Diagram Distribusi Tegangan Benda Uji Tanpa Inklusi
 b. Diagram Distribusi Tegangan Benda Uji dengan Inklusi Diameter 11,7 mm
 c. Diagram Distribusi Tegangan Benda Uji dengan Inklusi Diameter 29,7 mm

Sedangkan pengaruh kuat tekan inklusi terhadap kuat tekan mortar dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil tersebut disajikan dalam bentuk grafik hubungan rasio kuat tekan inklusi terhadap kuat tekan mortar dengan rasio beban puncak benda uji inklusi terhadap beban puncak benda uji tanpa inklusi.



Gambar 5. Grafik Hubungan Pengaruh Kuat Tekan Inklusi Terhadap Kuat Tekan Benda Uji

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa benda uji dengan rasio kuat tekan inklusi terhadap kuat tekan mortar < 1 (kuat tekan inklusi $< 30,21$ MPa) akan mengalami penurunan kuat tekan hingga rasio kuat tekan inklusi terhadap mortar $= 1$ (kuat tekan inklusi $30,21$ MPa). Setelah itu untuk benda uji dengan rasio kuat tekan inklusi terhadap mortar > 1 (kuat tekan inklusi $> 30,21$ MPa), cenderung mengalami peningkatan kuat tekan benda uji. Semakin besarnya nilai kuat tekan benda uji ini disebabkan karena inklusi juga memiliki kekuatan untuk ikut memikul beban yang diterima mortar.

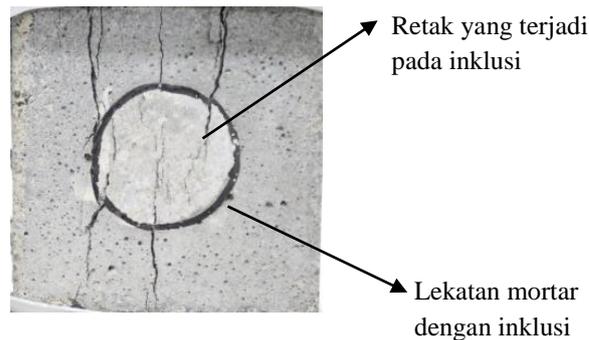


Gambar 6. Contoh Mortar dan Inklusi yang Terlepas Pada Bagian yang Mengalami Tarik (Benda Uji dengan Kuat Tekan Inklusi $46,80$ MPa Diameter $20,8$ mm)

Berdasarkan pengamatan pola retak benda uji saat pengujian, dapat diamati bahwa pola retak yang terjadi untuk benda uji tanpa inklusi dan untuk benda uji dengan kuat tekan inklusi $23,95$ MPa terjadi pola retak *columnar*, yaitu pola retak vertikal yang mengarah dari ujung ke ujung benda uji. Pola retak *columnar* ini disebabkan karena pemakaian *teflon*

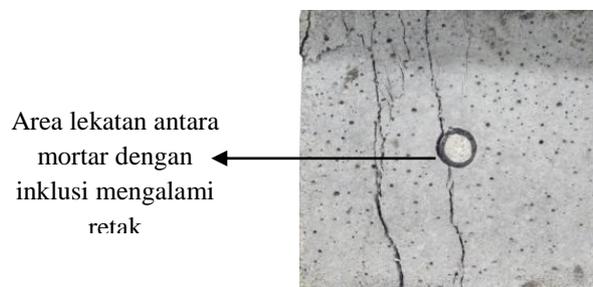
saat pengujian. Akan tetapi untuk benda uji dengan kuat tekan inklusi > 23,95 MPa pola retak terbentuk dari ujung kemudian mengikuti bidang kontak dari inklusi dengan mortar. Hal ini disebabkan karena lemahnya lekatan antara inklusi dan mortar tersebut, sehingga saat beban mencapai beban puncak, lekatan antara mortar dan inklusi pun terlepas pada bagian yang mengalami tarik seperti terlihat pada Gambar 6.

Pada benda uji dengan kuat tekan inklusi 23,95 MPa dan memiliki diameter inklusi 20,8 mm; 29,7 mm serta 45,7 mm mengalami retak pada inklusinya seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Contoh Benda Uji yang Mengalami Retak Pada Inklusi
(Benda Uji dengan Kuat Tekan Inklusi 23, 95 MPa Diameter 45,7 mm)

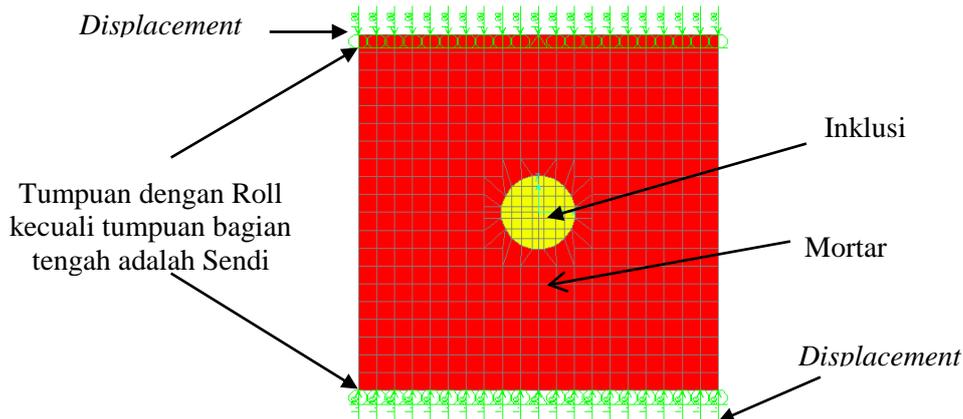
Retak pada inklusi tersebut terjadi karena kekuatan inklusi lebih lemah dibandingkan dengan kekuatan lekatan antara inklusi dan mortar, sehingga ketika benda uji tersebut menerima beban yang diberikan, lekatan antar inklusi dengan mortar mampu menahan tegangan tarik yang terjadi akibat adanya pembebanan, sedangkan karena inklusi memiliki kekuatan yang rendah maka inklusi tersebut tidak mampu untuk menahan tegangan tarik yang terjadi dan mengakibatkan retak pada inklusi tersebut. Pada kasus lain ketika inklusi memiliki diameter yang kecil (11,7 mm) maka area lekatan antara mortar dan inklusi juga menjadi lebih kecil, sehingga lekatan tersebut tidak mampu menahan tegangan tarik yang terjadi akibat adanya pembebanan benda uji dan menimbulkan retak di area lekatan antara mortar dan inklusi seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Contoh Benda Uji yang Tidak Mengalami Retak Pada Inklusi
(Benda Uji dengan Kuat Tekan Inklusi 23,95 MPa Diameter 11,7 mm)

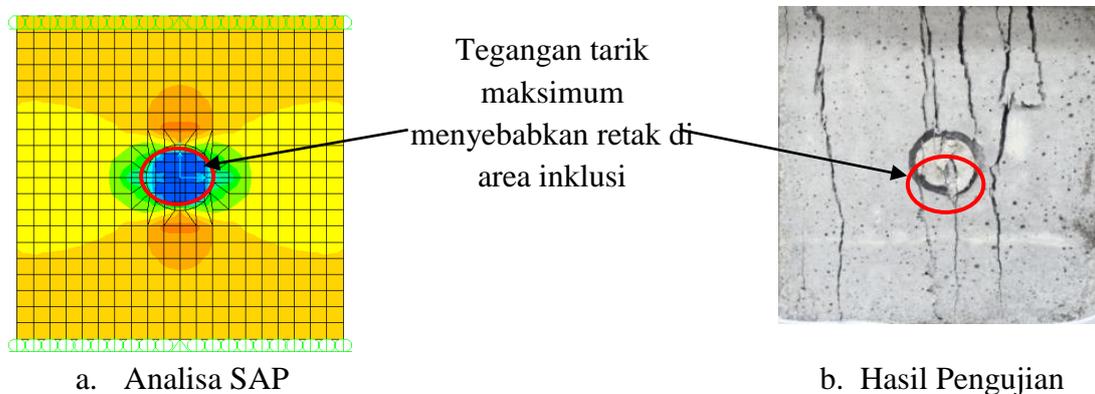
Dalam penelitian ini juga dilakukan analisa dengan menggunakan program SAP 2000 yang bertujuan untuk memberi gambaran perilaku pola retak benda uji saat pengujian. Pemodelan digunakan bentuk model dua dimensi dimana diberikan tumpuan berupa rol

dan dibagian tengah menggunakan tumpuan sendi, agar perilaku yang dihasilkan sama seperti pada saat *set up* pengujian di laboratorium. Benda uji yang digunakan untuk pemodelan yaitu benda uji dengan diameter inklusi 20,8 mm dengan variasi kuat tekan 23,95 MPa; 36,12 MPa; 41,63 MPa, serta 46,80 MPa. Pemodelan benda uji dengan program SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 9



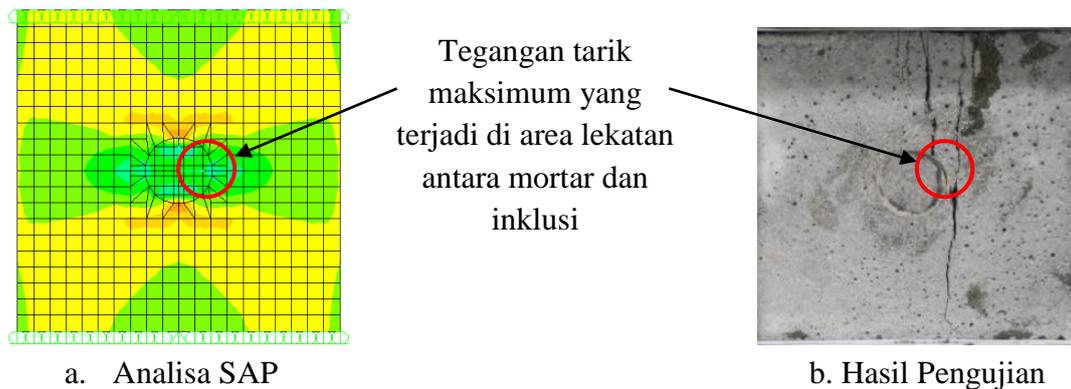
Gambar 9. Pemodelan Benda Uji Pada Program SAP 2000

Displacement yang digunakan dalam pemodelan ini ditentukan sebesar 1 mm, hanya untuk menggambarkan pola tegangan yang diterima benda uji. Pada pemrograman SAP untuk benda uji dengan kuat tekan inklusi 23,95 MPa, area berwarna biru mengalami tegangan tarik sebesar $10 \text{ N/mm}^2 - 17,5 \text{ N/mm}^2$, area berwarna hijau mengalami tegangan tarik sebesar $2,5 \text{ N/mm}^2 - 10 \text{ N/mm}^2$, area berwarna kuning mengalami tegangan tarik sebesar $0 \text{ N/mm}^2 - 2,5 \text{ N/mm}^2$, dan area berwarna oranye mengalami tegangan tekan sebesar $0 \text{ N/mm}^2 - 7,5 \text{ N/mm}^2$. Berdasarkan hasil dari pemrograman SAP dapat dilihat bahwa pada benda uji dengan kuat tekan inklusi 23,95 MPa, letak dari tegangan maksimum berada pada area inklusi. Hal ini juga sebagai penggambaran timbulnya retakan pada area inklusi pada benda uji dengan kuat tekan inklusi 23,95 MPa, seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Analisa SAP dan Hasil Pengujian Benda Uji dengan Kuat Tekan Inklusi 23,95 MPa Menunjukkan Distribusi Tegangan yang Sama

Pada pemrograman SAP untuk benda uji dengan kuat tekan inklusi 46,80 MPa, area berwarna biru mengalami tegangan tarik sebesar $13 \text{ N/mm}^2 - 32,5 \text{ N/mm}^2$, area berwarna hijau mengalami tegangan tarik sebesar $0 \text{ N/mm}^2 - 13 \text{ N/mm}^2$, area berwarna kuning mengalami tegangan tekan sebesar $0 \text{ N/mm}^2 - 13 \text{ N/mm}^2$, dan area berwarna oranye mengalami tegangan tekan sebesar $13 \text{ N/mm}^2 - 32,5 \text{ N/mm}^2$. Berdasarkan hasil pemrograman SAP, tegangan maksimum terjadi pada daerah lekatan antara inklusi dengan mortar. Hal ini membuktikan bahwa adanya konsentrasi tegangan di daerah sekitar inklusi, selain itu juga menggambarkan penyebab retak yang terjadi pada benda uji dengan rasio kuat tekan inklusi terhadap kuat tekan mortar > 1 (36,12 MPa, 41,63 MPa, dan 46,80 MPa) disebabkan karena adanya tegangan tarik maksimum di area lekatan antara inklusi dengan mortar, seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Analisa SAP dan Hasil Pengujian Benda Uji dengan Kuat Tekan Inklusi 46,80 MPa Menunjukkan Distribusi Tegangan yang Sama

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa diameter dan kuat tekan inklusi berpengaruh terhadap kekuatan benda uji. Semakin besar diameter inklusi maka kekuatan benda uji akan semakin menurun. Penurunan ini disebabkan semakin besar diameter maka konsentrasi tegangan akan semakin cepat tercapai karena area mortar akan semakin sempit. Sedangkan pengaruh kuat tekan inklusi pada benda uji dengan rasio kuat tekan inklusi terhadap kuat tekan mortar < 1 (kuat tekan inklusi 23,95 MPa) nilai kuat tekan benda uji akan cenderung menurun hingga rasio kuat tekan inklusi terhadap kuat tekan mortar = 1 (kuat tekan inklusi 30,21 MPa), kemudian saat rasio kuat tekan inklusi terhadap kuat tekan mortar > 1 (kuat tekan inklusi 36,12 MPa, 41,63 MPa, dan 46,80 MPa) maka nilai kuat tekan benda uji akan bertambah karena inklusi pada nilai kuat tekan tersebut mampu untuk ikut memikul beban yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 33/03, 2003. *Standard Specification for Concrete Aggregates*, Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM 109/C 109M-02, *Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars*, ASTM Book of Standards.
- Han, A.L. and Sabdono, P., 2011, *Experimental Study to the Load-Displacement Response of the Interfacial Transition Zone in Concrete*, The 3rd International Conference

European Asian Civil Engineering Forum (EACEF-2011), Designing and Constructing Sustainability, 20-22 September 2011, Yogyakarta.