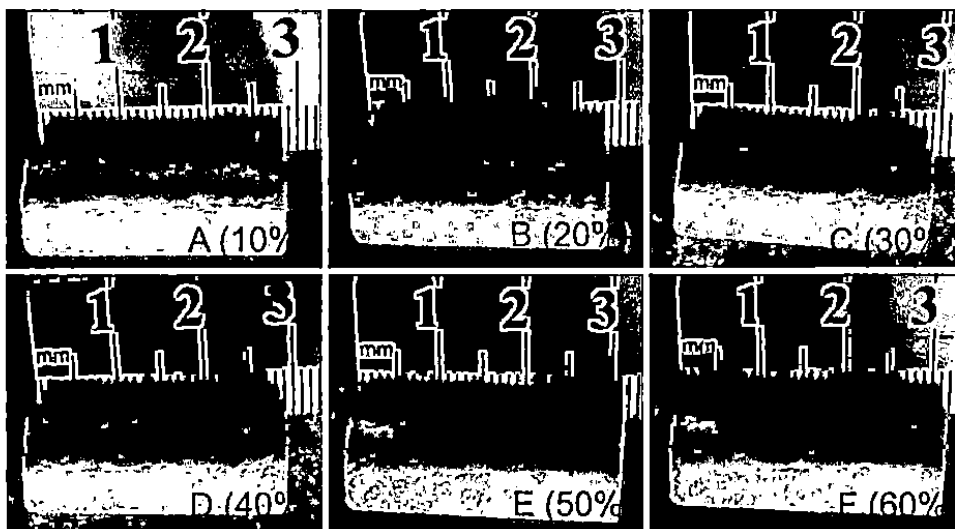


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Kompaksi Aluminium Berongga

Pada tahapan kompaksi, tekanan (*pressure*) merupakan parameter yang sangat penting dalam menentukan hasil spesimen (*green compact*). Semakin besar tekanan maka *density green compact* semakin tinggi dan persentase porositas semakin menurun. Hasil tekanan kompaksi yaitu terjadi peristiwa saling mengunci (*mechanical interlocking*) antar butir sehingga pergeseran antar serbuk sangat sulit dan hasil *green compact* menjadi lebih kuat. Peristiwa ini terjadi pada temperatur kamar dimana butir-butir tersebut saling berikatan. Tekanan kompaksi diberikan secara bertahap hingga mencapai tekanan yang diinginkan. Proses ini akan memberikan kesempatan kepada partikel-partikel untuk mengisi rongga kosong atau pori yang masih tersisa sehingga dihasilkan *green compact* yang memiliki komposisi yang padat. Tekanan kompaksi yang diberikan pada *green compact* aluminium dengan urea sebesar 310 MPa dan ditahan selama 3 menit.



Gambar 4.1 Hasil *green compact* (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40% (e) 50% (f) 60%

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa spesimen A dan B adalah spesimen yang memiliki ketinggian tertinggi yaitu 28 mm sedangkan pada spesimen C memiliki ketinggian yaitu 31 mm. Perbedaan ketinggian setiap *green compact* ini disebabkan perbedaan pemampakan serbuk ke dalam cetakan (*die*) berbeda beda dan masa urea yang

berbeda pula, sehingga *density* untuk setiap variabel akan berbeda. Bentuk dan dimensi *green compact* hasil kompaksi dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Fraksi massa urea (*carbamide*) terhadap *density* untuk setiap specimen

Fraksi Massa (%)	Berat Spesimen (g)	Tinggi (mm)	Fraksi Volume AL (%)	Fraksi Volume urea (%)	Density (g/cm ³)
10	4,31	28	81,60	18,40	1,30
20	4,38	28	66,33	33,67	1,32
30	4,42	29	53,48	46,52	1,29
40	4,45	29	42,49	57,51	1,30
50	5,41	31	33,00	67,00	1,48
60	5,53	31	24,72	75,28	1,51

Pada spesimen 10% urea memiliki nilai *density* yang paling rendah diantara spesimen lainnya, hal ini dikarenakan sedikitnya porositas yang terkandung di dalamnya dengan *density* sebesar 1,30, sedangkan untuk spesimen 60% urea memiliki *density* yang paling tinggi berada di poin 1,51, hal ini disebabkan besarnya persentase porositas di dalamnya. Untuk nilai *density* dari spesimen lainya dapat dilihat pada Tabel 4.1 .

4.2. Hasil Proses *Sinter* Aluminium Berongga

Mekanisme dari proses *sinter* adalah terjadi ikatan antar partikel pada kondisi temperatur dibawah temperatur titik lebur. Pada peristiwa tersebut terjadi difusi antar permukaan atom sehingga atom-atom yang berikatan mengalami *necking* dan pada akhirnya batas dinding antar partikel akan hilang dan terjadi homogenisasi antar partikel.

Dalam penelitian ini temperatur *sinter* yang digunakan adalah 550°C yang membuat ikatan antar partikel baik dan tingkat porositas antar partikel serbuk aluminium yang rendah selama 1 jam dengan tekanan kompaksi 310 MPa. Sedangkan temperatur lebur aluminium adalah 660°C dan temperatur lebur urea adalah 132.7-135°C. Hal ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan dalam penelitian berada pada metode *solid state sintering* dan temperatur 550°C masih

berada pada batasan yang aman. Hasil dari proses *sinter* dapat dilihat pada Gambar 4.2.

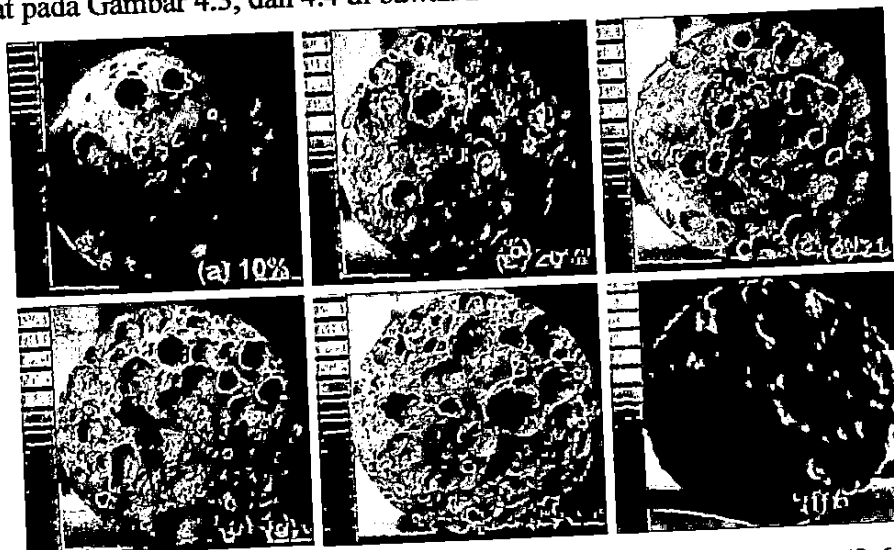
Logam aluminium merupakan salah satu logam yang reaktif terhadap lingkungan. Hasil yang didapat dari proses *sinter* terlihat adanya lapisan oksida dipermukaan spesimen. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tempat *sinter* masih belum *inert*. Pada hasil *sinter* terlihat adanya rongga atau pori di sisi samping spesimen dikarenakan pada saat proses kompaksi urea tertekan ke arah luar dan bersentuhan dengan dinding cetakan yang menyebabkan adanya jalur keluar *space holder* yang menguap, hasil foto dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Foto spesimen hasil *sinter* (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40% (e) 50%

4.3. Hasil Pengamatan Struktur Makro

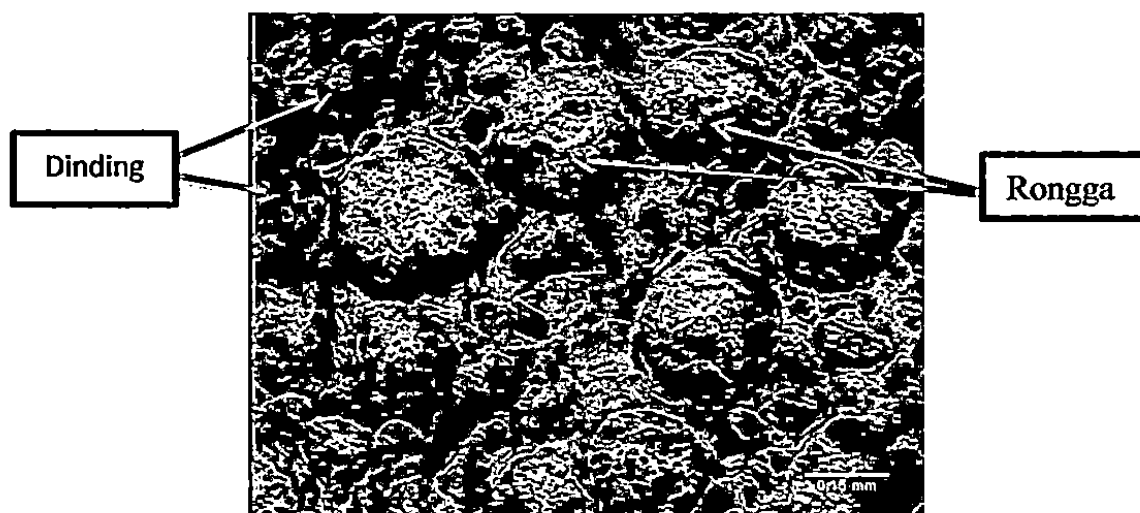
Pengamatan struktur makro dilakukan pada spesimen M, A, B, C, D, E dan F. foto makro diambil pada bagian melintang (*cross section*) sehingga terlihat jelas bagian dalam yang berpori. Hasil dari foto makro setiap spesimen dapat dilihat pada Gambar 4.3, dan 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.3. Spesimen fraksi (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40% (e) 50% (f) 60%

Hasil foto makro pada spesimen tipe A dan B dapat dilihat tidak terlalu banyak terdapat rongga makro yang terlihat karena paduan ureanya yang sedikit, sedangkan spesimen tipe C-F terdapat rongga yang lebih banyak karena paduan ureanya yang lebih banyak, dapat terlihat rongga hasil pengeluaran *space holder* dengan nilai densitas dari spesimen A – F yang semakin meningkat karena semakin berkurangnya *space holder*. Dari gambar 4.3 dapat dilihat banyak terdapat pori-pori yang kecil-kecil, itu disebabkan karena urea yang saling berhimpitan pada saat kompaksi dan setelah di sinter urea menguap terbentuklah pori-pori yang kecil-kecil.

Dilihat dari sisi morfologi pada spesimen diatas terlihat banyak terbentuknya pori di bagian permukaan. Selain itu dimensi yang tidak beraturan terjadi akibat jumlah urea yang terlarut cukup banyak. Jika spesimen ini dipotong melintang akan didapat pori-pori yang merata tetapi kekuatannya sangat mudah rapuh. Secara umum hasil disolusi spesimen yang didapat, memiliki jumlah porositas yang sesuai dengan jumlah fraksi ureanya. Dengan kenaikan jumlah fraksi urea akan meningkatkan persentase porositas.



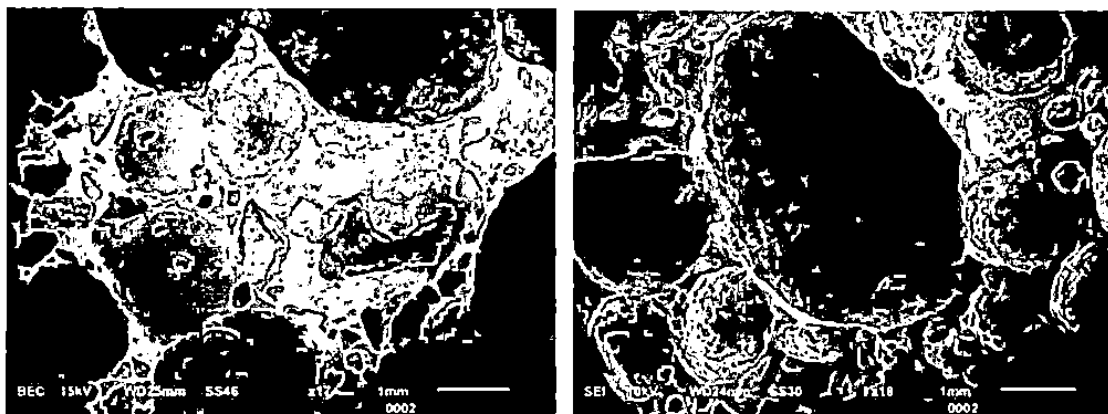
Gambar 4.4. Struktur makro sampel 50% H_2NCONH_2

Pada Gambar 4.3, dan 4.4 foto makro tersebut dapat dilihat adanya pori-pori pada spesimen A, B, C, D, E dan F. Pada spesimen A sampai F terdapat pori-pori yang merata dan saling menumpuk yang menyebabkan semakin besarnya pori yang terbentuk seperti pada gambar 4.4, saling menumpuknya pori disebabkan pada saat proses kompaksi jarak butiran-butiran urea yang semakin

dekat/bahkan bersentuhan dengan urea di sekitarnya. Semakin dekat jarak antara pori maka konsentrasi tegangan pada setiap pori semakin besar sehingga kekuatan tekan menjadi lebih rendah. Oleh karena itu diharapkan jarak pori yang optimum sehingga beban yang diterima dapat didistribusikan secara merata kesetiap pori dan kekuatan tekan spesimen lebih optimal.

4.4. Hasil Pengamatan Struktur Makro Dengan SEM

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope). Tujuan dan pengamatan ini adalah untuk mengetahui bentuk dan ukuran pori yang dihasilkan dari proses disolusi. Selain itu untuk mengetahui komposisi yang terjadi di setiap variabel sehingga dapat dianalisa sifat-sifat yang terjadi. Gambar 4.9 adalah hasil dari foto struktur makro variabel 60% dengan beberapa analisa yang mendukung.



Gambar 4.5. Struktur makro SEM dengan fraksi berat 60% H_2NCONH_2

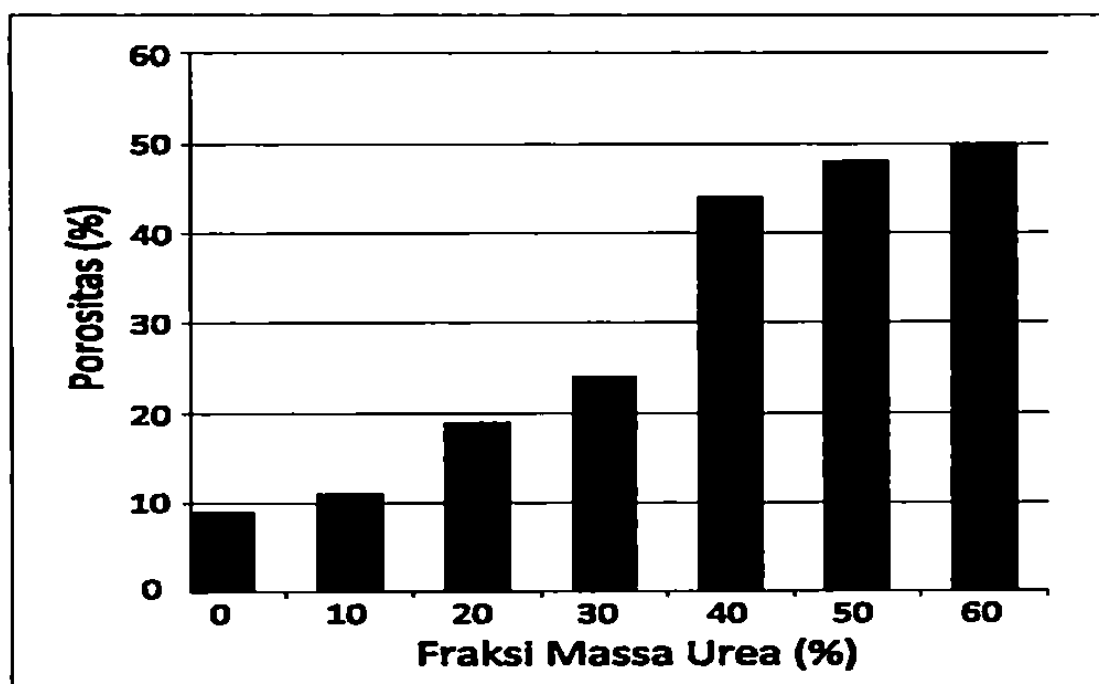
Pada gambar diatas terlihat pori yang terbentuk hampir terdistribusi merata tetapi terdapat pemusatan pori dengan ukuran yang lebih besar. Jika dibandingkan dengan ukuran urea secara keseluruhan maka pori tersebut masih tergolong kedalam ukuran urea walaupun rata-rata pori yang dihasilkan lebih besar. Adanya ukuran urea yang terlalu besar dikarenakan beberapa partikel urea saling berhimpitan satu sama lain atau disebut dengan *interconnecting cells channels* sehingga pada saat disolusi didapat pori yang besar, dan juga disebabkan karena ukuran urea yang tidak sama besar karena tidak dilakukan pemilihan butiran urea

4.5. Pengaruh Massa Urea (*Carbamide*) Terhadap Porositas

Fenomena porositas merupakan suatu hal yang diharapkan dalam penelitian ini. Pada gambar 4.5 terlihat semakin besar nilai fraksi massa urea maka akan maningkat pula nilai porositas dari spesimen sesuai dengan nilai fraksi massa *space holder*. Pengaruh massa urea terhadap porositas dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. fraksi massa urea (*carbamide*) terhadap porositas untuk setiap specimen

Fraksi Berat Urea (%)	Massa Urea (gram)	Porositas (%)	density (g/m ³)
0	0	8,90	2,53
10	0,5	10,72	2,41
20	1	18,98	2,19
30	1,5	24,34	2,04
40	2	44,35	1,50
50	2,5	47,89	1,41
60	3	49,66	1,36

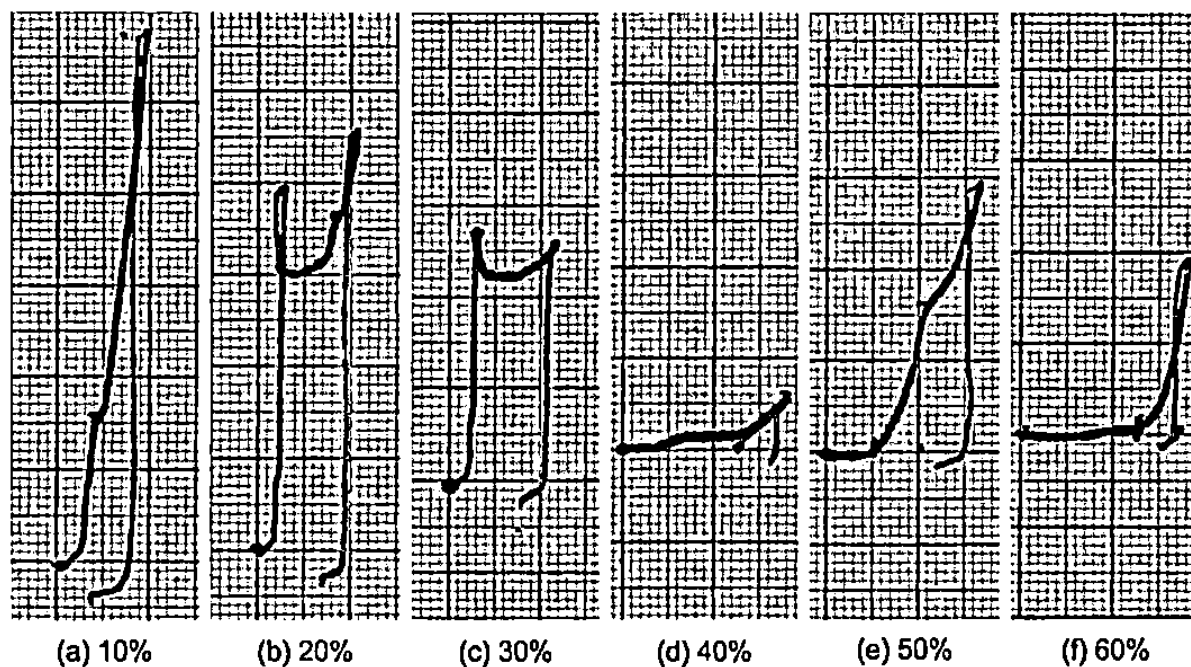


Gambar 4.6. Grafik porositas terhadap massa urea (*carbamide*) untuk masing masing

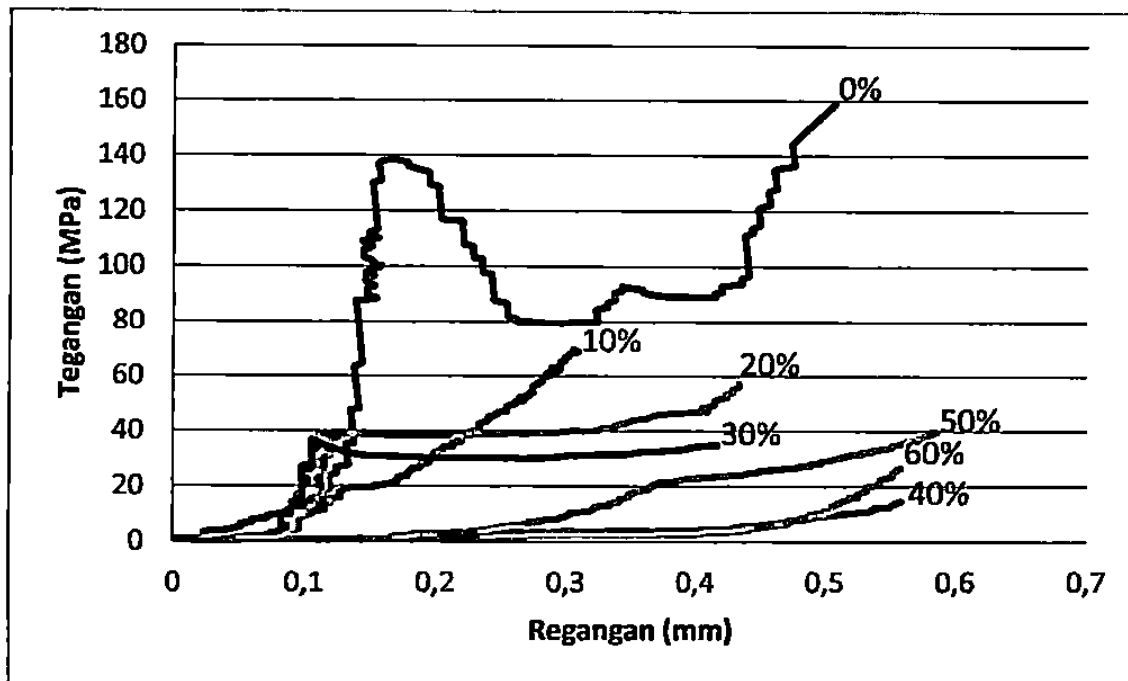
Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa grafik akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya massa/volume urea (carbamide) dalam *green compact*, dan semakin meningkatnya porositas dari masing-masing spesimen. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa porositas 40%, 50% dan 60% urea jauh lebih banyak porositas yang dihasilkan daripada 0%, 10%, 20%, 30% urea, ini disebabkan pada saat pemotongan spesimen berbeda-beda. Pada fraksi massa 0% juga terdapat porositas, karena pada saat kompaksi ikatan antar partikel serbuk aluminium tidak terlalu rapat dikarenakan kurangnya daya penekanan, dan pada saat di panaskan ikatan partikel serbuk tidak sepenuhnya merapat maka terdapatlah porositas.

4.6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Aluminium Berongga

Pengujian kuat tekan dilakukan pada spesimen. Hasil pengujian kuat tekan dari tiap spesimen dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Gambar hasil uji tekan

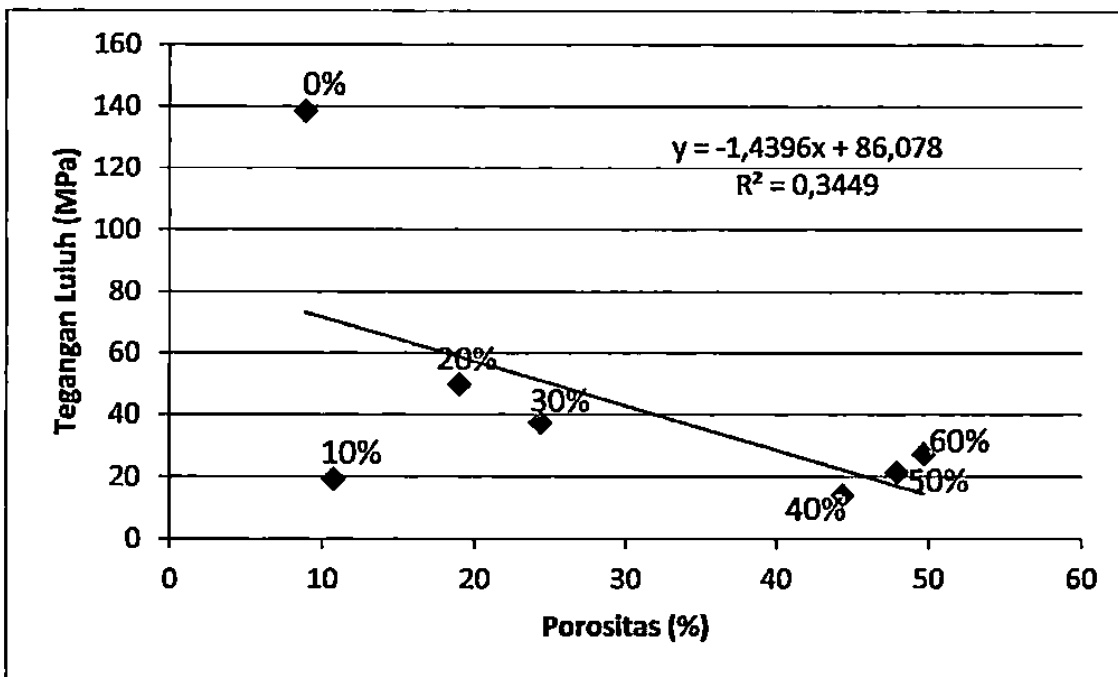


Gambar 4.8. Grafik hubungan % regangan dengan kuat tekan pada tiap variabel

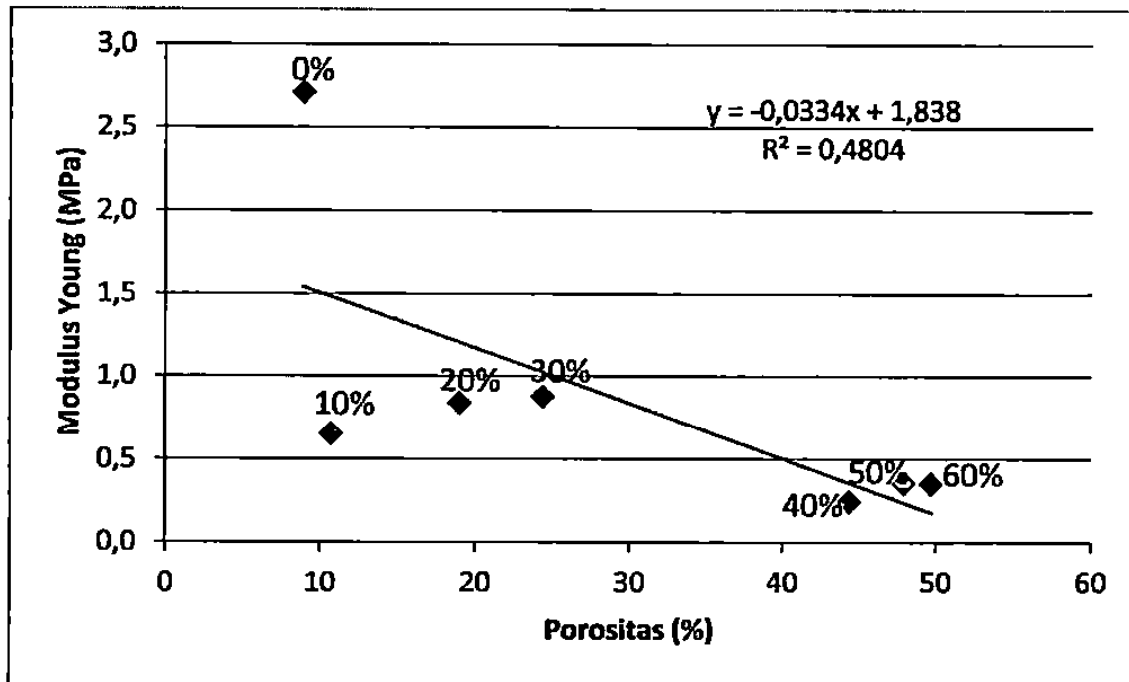
Pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa kurva akan semakin landai seiring dengan bertambahnya massa/volume urea (*carbamide*) semakin meningkat porositas spesimen. Pada spesimen 0% urea memiliki nilai tegangan luluh yang paling tinggi diantara spesimen lainnya, hal ini dikarenakan sedikitnya porositas yang terkandung di dalamnya dengan tegangan luluh sebesar 138,44 MPa, sedangkan untuk spesimen 40% urea menerima tegangan luluh yang paling rendah berada di poin 14,07 MPa, hal ini disebabkan besarnya persentase porositas di dalamnya. Tingkat porositas yang ada menentukan jumlah energi yang diserap. Semakin banyak pori, maka energi yang diserap akan didistribusikan ke tiap-tiap pori sehingga penyerapan energi semakin besar (Zhao, X Y 2005). Untuk nilai tegangan luluh dari spesimen lainnya dapat dilihat pada

Tabel 4.3. Tegangan luluh terhadap porositas untuk setiap spesimen

Spesimen	Tegangan Luluh (MPa)	Modulus Young (MPa)	Porositas (%)
0%	138,44	2,71	8,90
10%	19,28	0,65	10,72
20%	49,77	0,84	32,39
30%	37,42	0,88	24,34
40%	14,07	0,25	44,35
50%	21,42	0,35	47,89
60%	27,25	0,35	49,66



Gambar 4.0 Grafik tegangan luluh terhadap porositas untuk masing masing

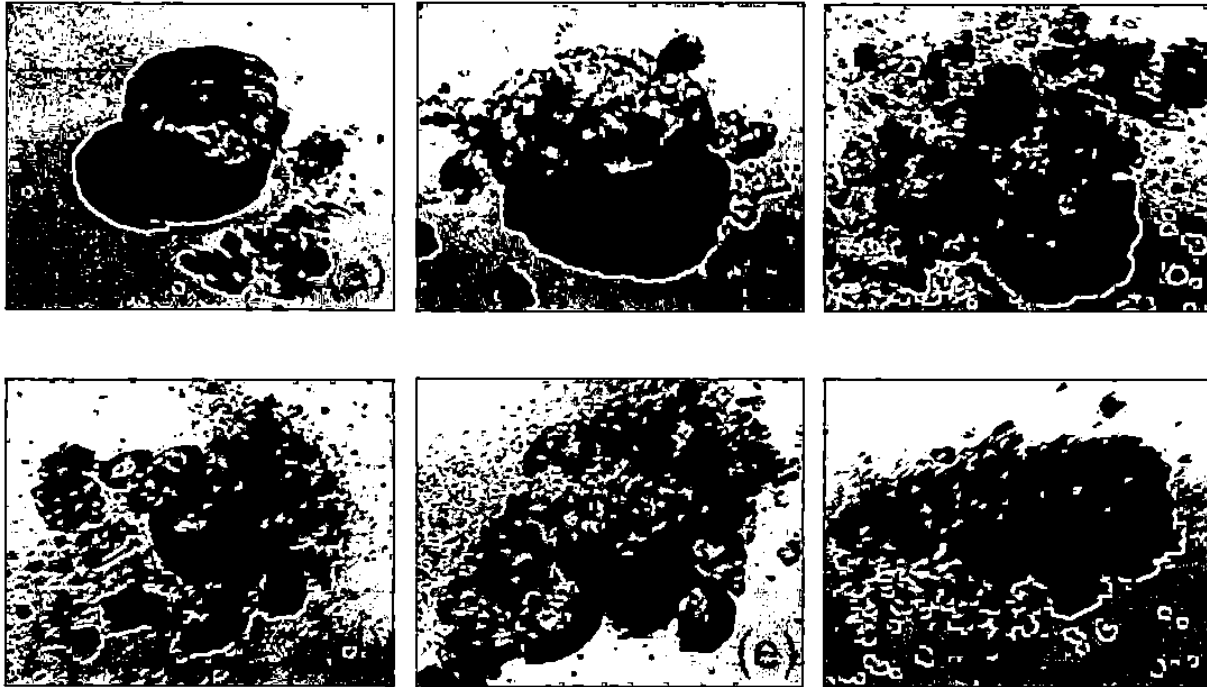


Gambar 4.10. Grafik *modulus youngs* terhadap porositas untuk masing masing spesimen.

. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Hasan Bafti, Ali habibolahzadeh 2010. Terdapat beberapa perbedaan. Pada Tabel 4.4 Terdapat perbedaan nilai tegangan luluh yang dikarenakan perbedaan nilai porositas, semakin tinggi nilai porositas maka semakin tinggi nilai tegangan luluhnya

Tabel 4.4. Tabel perbandingan penelitian.

Parameter	Hasan Bafti, Ali Habibolahzadeh (2010)	Shohibul Fadli (Penelitian ini)
Waktu temper <i>sinter</i>	120 menit	60 menit
Suhu <i>sinter</i>	640°C	550°C
Penekanan kompaksi	330 MPa	310 MPa
Tegangan luluh	10 MPa	14,07 MPa – 138,44 Mpa
porositas	40 – 85 %	8,90 – 49,66 %



Gambar 4.11. Spesimen fraksi (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40% (e) 50% (f) 60% setelah diuji tekan

Spesimen yang telah diuji tekan kerusakan terjadi pada bagian yang terdapat banyak rongga seperti pada Gambar 4.11. Semakin banyak rongga yang dihasilkan akan semakin meningkat pula porositas dari masing-masing spesimen tersebut dan mengakibatkan perubahan deformasi semakin cepat sehingga