

## PENGARUH PENAMBAHAN BATU KAPUR (*LIMESTONE*) TERHADAP KARAKTERISTIK SEMEN

M. Shofi'ul Amin<sup>(1)</sup>, Mirza Ghulam R.<sup>(2)</sup>, Tri Yayuk S.<sup>(3)</sup>

<sup>1</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi, Hp. 082336056463, email: [shofiul@poliwangi.ac.id](mailto:shofiul@poliwangi.ac.id)

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi, Hp. 085204605145, email: [mirza@poliwangi.ac.id](mailto:mirza@poliwangi.ac.id)

<sup>3</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi, Hp. 08383525515, email: [triyayuk.zenfonego@gmail.com](mailto:triyayuk.zenfonego@gmail.com)

### ABSTRAK

Semen adalah bahan perekat yang berbentuk halus jika ditambahkan air akan terjadi reaksi hidrasi dan dapat mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan massa yang kokoh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik semen dengan variasi penambahan campuran yang berbeda-beda. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen yaitu memvariasikan bahan baku *limestone* dengan variasi mulai 0%, 5%, 10% dan 15%. Sifat karakteristik semen terhadap pengaruh penambahan batu kapur (*limestone*) dapat diketahui dari hasil uji kehalusan, uji hilang pijar dan uji kuat tekan semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar presentase pemakaian batu kapur (*limestone*) didalam campuran, maka kehalusan semen semakin meningkat. Kuat campuran tertinggi terletak pada umur 28 hari dan pada penggunaan semen dengan variasi penambahan 0% (tanpa *limestone*). Campuran optimum dengan penambahan bervariasi batu kapur (*limestone*) didalam campuran semen adalah 84,2% klinker, 5% batu kapur (*limestone*), 1,8% gipsum dan 9% trass.

**Kata kunci:** Karakteristik, semen, *limestone*, kuat tekan

### 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya pertumbuhan permintaan semen hingga saat ini masih dipengaruhi oleh tingginya pembangunan yang dilakukan dan tingginya kebutuhan perumahan bagi masyarakat. Dengan peningkatan produksi semen nasional dari tahun ke tahun, penggunaan batu kapur sebagai bahan baku pembuatan semen juga semakin meningkat. Indonesia memiliki potensi gunung kapur yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia.

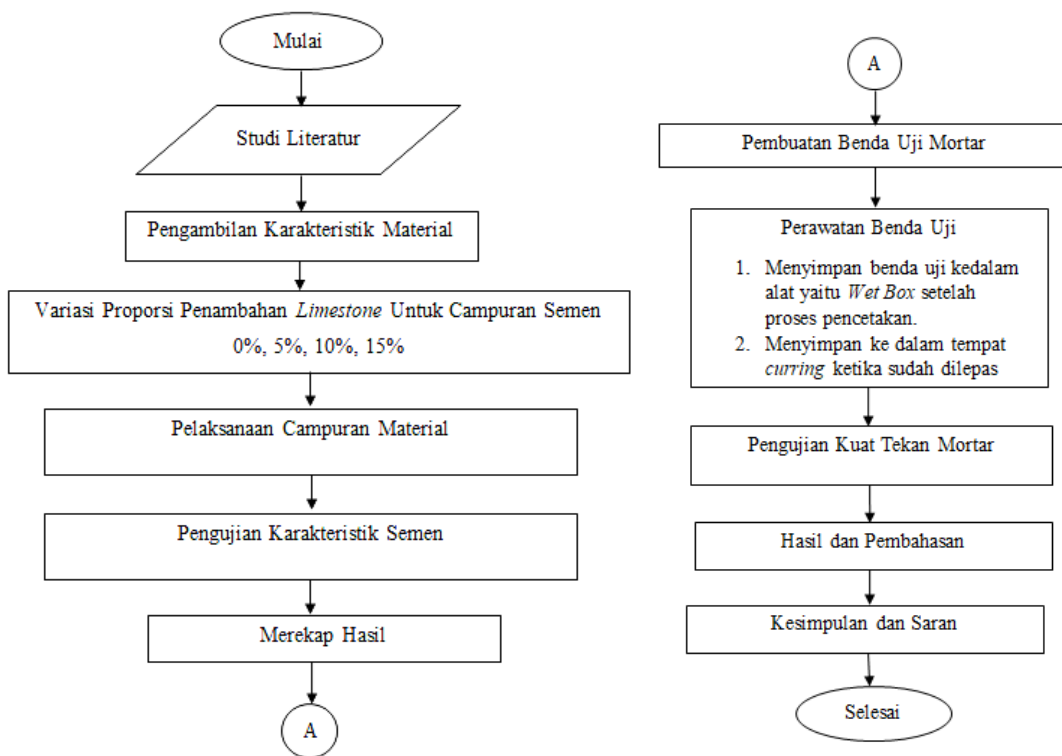
Pemakaian bahan tambahan *limestone* sangat tergantung dari pengaruh positif terhadap sifat campuran dan ketersediaan bahan yang dekat dengan lokasi produksi. Kuat tekan pada campuran dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya adalah jenis material yang ditambahkan kedalam campuran. Penambahan *limestone* ke dalam campuran semen berfungsi meningkatkan kuat tekan. Hal ini terjadi karena bahan baku *limestone* mempunyai bentuk fisik yang mudah halus, sehingga dengan nilai kehalusan tersebut, *limestone* dapat menutup rongga-rongga yang terdapat di dalam campuran [1].

Dengan melimpahnya bahan baku *limestone* di negara Indonesia ± 15,4 juta atau hampir mencakup 20% dari total negara Indonesia hektar dan diiringi dengan kebutuhan akan bahan semen yang meningkat maka perlu adanya penelitian yang membahas dengan variasi penambahan yang berbeda dan bervariasi dalam proses pembuatan suatu campuran semen tersebut. Penambahan *limestone* dalam campuran semen dalam penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh pengurangan penggunaan klinker

dengan menambahkan *limestone* dalam proses pembuatan campuran semen. Pada peneliti sebelumnya, penambahan batu kapur (*limestone*) sebagai bahan tambahan terhadap pembuatan campuran semen dapat mempengaruhi dari kuat tekan campuran semen yaitu pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari yang semakin meningkat [5].

## 2. METODE PENELITIAN

Menentukan konsep penelitian, lalu dilanjutkan ke studi pustaka atau mencari referensi yang berkaitan, pengumpulan material-material (batu kapur, gypsum, trass dan klinker) setelah itu pengujian awal yaitu karakteristik material yang akan digunakan pengujiannya meliputi uji kadar air untuk semua material, *free lime* khusus untuk material klinker selanjutnya menimbang material sesuai perencanaan lalu dilakukan proses ball mill dan setelah pencampuran akan dilakukan pengujian karakteristik semen meliputi kehalusan, hilang pijar dan kuat tekan semen tersebut. Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 1**.

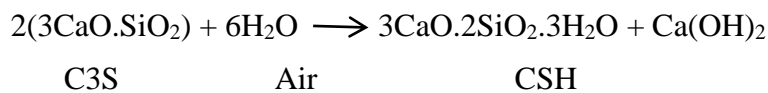


**Gambar 1.** Diagram Alir

**Gambar 1** menunjukkan alur pelaksanaan penelitian yang diawali dengan menentukan konsep penelitian, lalu dilanjutkan studi pustaka, pengumpulan bahan baku material (klinker, bahan tambahan lainnya seperti gypsum, batu kapur, *pozzolan*), serta peralatan yang dibutuhkan. Setelah bahan-bahan telah terkumpul dilanjutkan proses pengujian pendahuluan meliputi pengujian karakteristik material seperti *free lime* khusus klinker dan kadar air untuk semua material yaitu klinker, gypsum, batu kapur dan trass. Kemudian dari pengujian akan mendapatkan data yang selanjutnya dilakukan pembahasan untuk mendapatkan hasil dan kesimpulan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian semen yang dilakukan adalah uji kehalusan, hilang pijar, dan kuat tekan semen. Pengujian dilakukan pada variasi campuran penambahan batu kapur (*limestone*) yang berbeda-beda. Batu kapur mempunyai kadar  $\text{CaCO}_3$  diatas 90 % dengan nilai kekerasan antara 1.8 – 3.0 skala Mohs. Batu kapur dalam reaksi menyumbangkan senyawa  $\text{CaO}$  pembentukkan kekuatan campuran semen yang akan membentuk senyawa potensial.



#### Pengujian Karakteristik

Pengujian karakteristik material dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari material yang akan digunakan untuk proses pembuatan semen. Karakteristik material yang digunakan sebagai bahan baku akan mempengaruhi hasil akhir sebuah penelitian. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian FCaO (*free lime*) khusus untuk material klinker, dan kadar air untuk semua material berupa klinker, gypsum, batu kapur (*limestone*) dan trass.

##### 1. Pengujian (*Free Lime*) Klinker

Tujuan dari analisa ini adalah untuk mengetahui kadar % kapur bebas didalam semen atau klinker dengan cara volumetri. Sebelum melakukan analisa ini material berupa klinker harus dihaluskan terlebih dahulu dengan berat 1 gram dan menambahkan strontium nitrat sebanyak 2 gram. Pengujian ini menggunakan larutan solven sebanyak 60 ml. Dan 3 tetes NaOH yang menjadikan larutan menjadi berwarna kemerah merahan.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian FCaO (*Free Lime*) Klinker

Percobaan	1	2	3
Hasil Titrasi	2,6	2,7	2,6
Faktor Solven	0,54	0,54	0,54
% FCaO	1,40	1,46	1,40
Rata - Rata	1,42%		

Hasil pengujian FCaO (*free lime*) material klinker yang dilakukan sebanyak 3 kali percobaan. Didapatkan dari pengujian FCaO (*free lime*) klinker diperoleh kandungan *free lime* atau kapur bebas didalam klinker sebesar 1,42 %. Kandungan *free lime* dalam material klinker harus dikontrol karena akan mempengaruhi kualitas dari semen, sebab kandungan *free lime* yang berlebih dapat menurunkan kualitas semen.

##### 2. Pengujian Kadar Air Material

**Tabel 2.** Hasil Uji Kadar Air Material - Klinker

Percobaan	1	2	3
Berat Cawan(A)	181,5	180	182

Berat Klinker (B)	500	500	500
A+B sudah oven	680	679	681
%H <sub>2</sub> O	0,3	0,2	0,2
Rata-Rata	0,2%		

**Tabel 2** menunjukkan bahwa hasil pengujian kadar air pada material yang dilakukan pada bahan baku semen yaitu material klinker dengan 3 kali percobaan pada setiap pengujian. Adapun hasil pengujian uji kadar air diketahui bahwasanya kadar airnya sebesar 0,2 %. Kandungan air dalam material klinker harus tetap dikontrol pengaruh kadar air berlebih akan mengakibatkan kualitas dari klinker menurun sebab kandungan material klinker sudah bereaksi dengan air menimbulkan penurunan kualitas.

**Tabel 3.** Hasil Uji Kadar Air Material - *Gypsum*

Percobaan	1	2	3
Berat Cawan(A)	135	136	132
Berat <i>Gypsum</i> (B)	500	500	500
A+B sudah oven	623	626	624
%H <sub>2</sub> O	2,4%	2%	1,6%
Rata-Rata	2%		

**Tabel 3** menunjukkan bahwa hasil pengujian kadar air pada material yang dilakukan pada material gypsum dengan dilakukan sebanyak 3 kali percobaan pada setiap pengujian. Adapun hasil pengujian dan perhitungan diketahui bahwasanya kadar air yang dimiliki material *gypsum* ini sebesar 2%. Kandungan air dalam *gypsum* harus tetap dikontrol sebab jika material gypsum memiliki kandungan air yang berlebih akan mempengaruhi proses dalam proses dari penggilingannya tersebut.

**Tabel 4.** Hasil Uji Kadar Air Material - *Limestone*

Percobaan	1	2	3
Berat Cawan(A)	178	180	176,5
Berat <i>Limestone</i> (B)	500	500	500
A+B sudah oven	659,5	665	661
%H <sub>2</sub> O	3,7%	3%	3,1%
Rata-Rata	3,2%		

**Tabel 4** menunjukkan bahwa hasil pengujian kadar air pada material yang dilakukan terhadap material *limestone* dengan dilakukan sebanyak 3 kali percobaan pada setiap pengujian. Adapun hasil pengujian uji kadar air material *limestone* menghasilkan bahwa kadar air yang dimiliki oleh material *limestone* sebesar 3,2 %. *Limestone* yang dipakai diperoleh dari daerah jember.

**Tabel 5.** Hasil Uji Kadar Air Material - Trass

Percobaan	1	2	3
Berat Cawan(A)	170	174	172
Berat Trass (B)	500	500	500
A+B sudah oven	629	634	630
%H <sub>2</sub> O	8,2%	8%	8,4%
Rata-Rata	8,2%		

**Tabel 5** menunjukkan bahwa hasil pengujian kadar air pada material yang dilakukan terhadap material *trass* dengan dilakukan sebanyak 3 kali percobaan pada setiap pengujian. Adapun hasil pengujian uji kadar air material *trass* dapat diketahui bahwasanya menghasilkan kadar air dalam material tersebut yaitu material *trass* sebesar 8,2 % kadar air harus tetap dikontrol karena dapat mempengaruhi pencampuran.

### Pengujian Kehalusan

**Tabel 6.** Hasil Pengujian *Blaine* Semen Penambahan 0% Batu Kapur (*Limestone*)

Percobaan	1	2	3
Waktu Alir (detik)	49,55	49,54	49,52
Faktor Kalibrasi	495,25	495,25	495,25
Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3486,1	3485,8	3485,1
	5		
Rata – Rata	3485,68 (cm <sup>2</sup> /g)		

**Tabel 6** menunjukkan bahwa hasil pengujian *blaine* pada sampel semen yaitu Penambahan 0% dengan dilakukan 3 kali percobaan pada setiap pengujian. Adapun hasil pengujian *blaine* pada sampel semen yaitu diketahui bahwasanya hasil *blaine* sebesar 3485,68 cm<sup>2</sup>/g. Ketentuan batasan *blaine* dalam semen minimum yaitu sebesar cm<sup>2</sup>/g [3].

**Tabel 7.** Hasil Pengujian *Blaine* Semen Penambahan 5% Batu Kapur (*Limestone*)

Percobaan	1	2	3
Waktu Alir (detik)	53,82	53,86	53,85
Faktor Kalibrasi	495,25	495,25	495,25
Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3633,26	3634,61	3634,27
Rata – Rata	3634,05 (cm <sup>2</sup> /g)		

**Tabel 7** menunjukkan bahwa hasil pengujian *blaine* pada sampel semen yaitu Penambahan 5% batu kapur (*limestone*) dengan dilakukan 3 kali percobaan pada setiap pengujian. Adapun hasil pengujian *blaine* pada sampel semen yaitu diketahui bahwasanya hasil *blaine* sebesar 3634,05 cm<sup>2</sup>/g. Ketentuan batasan *blaine* dalam semen menurut SNI 7064:2014 minimum yaitu sebesar 2800 cm<sup>2</sup>/g.

**Tabel 8.** Hasil Pengujian *Blaine* Semen Penambahan 10% Batu Kapur (*Limestone*)

Percobaan	1	2	3
Waktu Alir (detik)	58,87	58,92	58,84
Faktor Kalibrasi	495,25	495,25	495,25
Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3799,90	3801,51	3798,93
Rata – Rata	3800,12 (cm <sup>2</sup> /g)		

**Tabel 8** menunjukkan bahwa hasil pengujian *blaine* pada sampel semen yaitu Penambahan 10% batu kapur (*limestone*) dengan dilakukan 3 kali percobaan pada setiap pengujian. Adapun hasil pengujian *blaine* pada sampel semen yaitu diketahui bahwasanya hasil *blaine* sebesar 3800,12 cm<sup>2</sup>/g. Ketentuan batasan *blaine* dalam semen minimum yaitu sebesar 2800 cm<sup>2</sup>/g [3].

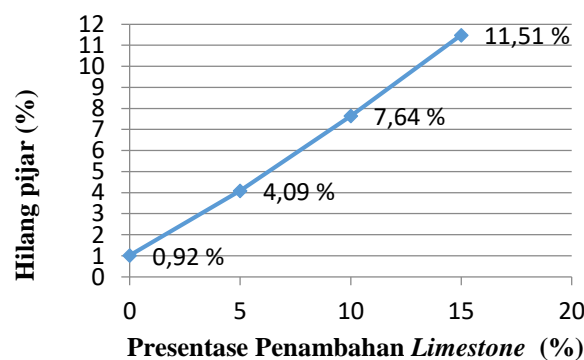
**Tabel 9.** Hasil Pengujian *Blaine* Semen Penambahan 15% Batu Kapur (*Limestone*)

Percobaan	1	2	3
Waktu Alir (detik)	64,86	64,82	64,85
Faktor Kalibrasi	495,25	495,25	495,25
Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3988,53	3987,30	3988,22
Rata – Rata	3988,02 (cm <sup>2</sup> /g)		

**Tabel 9** menunjukkan bahwa hasil pengujian *blaine* pada sampel semen yaitu Penambahan 15% batu kapur (*limestone*) dengan dilakukan 3 kali percobaan pada setiap pengujian. Adapun hasil pengujian kehalusan *blaine* pada sampel semen yaitu dapat diketahui bahwasanya hasil *blaine* sebesar 3988,02 cm<sup>2</sup>/g. Ketentuan batasan *blaine* dalam semen menurut minimum yaitu sebesar 2800 cm<sup>2</sup>/g [3]. Pada sampel ini masih memenuhi persyaratan karakteristik semen yang tercantum.

### Pengujian Hilang Pijar

Metode pengujian ini semen dipijarkan dalam furnace pada suhu yang telah diatur. Bagian yang hilang diasumsikan untuk menunjukkan jumlah air dan CO<sub>2</sub> dalam semen. Pengujian ini dengan menimbang 1 gram sampel kedalam cawan yang telah diketahui beratnya kemudian pijarkan kedalam *furnace* selama 15 menit lalu dinginkan dalam desikator selama 10 menit. Kemudian hitung berat yang hilang pada campuran semen pada setiap variasi penambahannya

**Gambar 2.** Grafik Hasil Pengujian Hilang Pijar

**Gambar 2** menunjukkan bahwa semakin bertambahnya penambahan batu kapur (*limestone*) maka kadar hilang pijarnya juga akan semakin bertambah. Oleh karena itu kandungan hilang pijar dalam pembuatan semen harus diperhatikan karena dapat menyebabkan keretakan semen (*ekspansi*) dan juga dapat menimbulkan penurunan kualitas semen. Persyaratan hilang pijar dicantumkan dalam standart adalah untuk mencegah adanya mineral – mineral yang dapat diurai dalam pemijaran. Kristal mineral - mineral tersebut pada umumnya dapat mengalami *metamorfosa* dalam waktu beberapa tahun, dimana *metamorfosa* tersebut dapat menimbulkan kerusakan [1].

### Pengujian Kuat Tekan Semen

Metoda uji ini melingkupi penentuan kuat tekan mortar semen hidrolis dengan menggunakan cetakan kubus berukuran sisi 50 mm. Metoda uji ini digunakan untuk penentuan kuat tekan mortar semen hidrolis dan hasilnya dapat digunakan untuk mengetahui hasil kuat tekan semen. Pada SNI-03- 6825-2002 pengujian kuat tekan ini di lakukan ketika mortar mencapai umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari yang setelah dilakukan perawatan (*curing*) . Pada penelitian ini 3 benda uji pada setiap umurnya dan berjumlah total 60 benda uji. Pengujian ini menggunakan bahan yaitu pasir kwarsa, semen dan air suling sesuai tercantum pada [2].

#### Proporsi Bahan Campuran Mortar

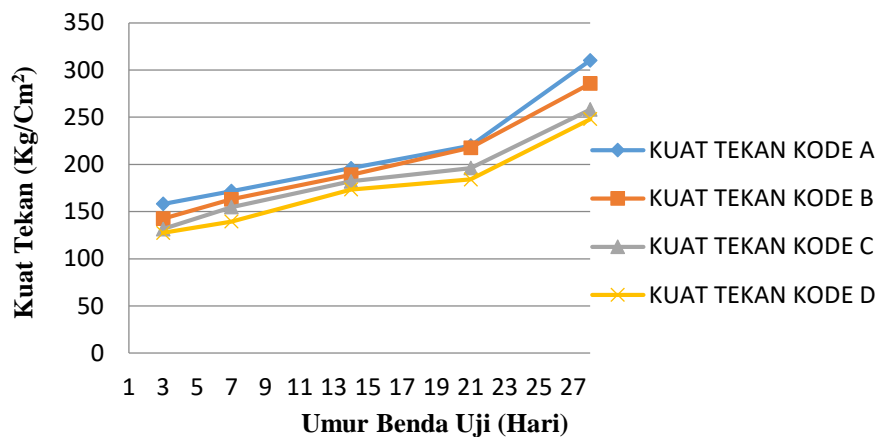
Sesuai dengan metode pengujian kekuatan tekan mortar semen untuk pekerjaan sipil yaitu pada SNI 03-6825-2002 dengan perbandingan 1 : 2,75 atau dengan kebutuhan untuk 1 buah benda uji sebesar :

- a. Semen portland : 83 gram
- b. Pasir Kwarsa : 229 gram
- c. Air Suling : 40 ml

**Tabel 10.** Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Mortar

Kode	Variasi campuran	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )				
		3	7	14	21	28
A	Penambahan <i>limestone</i> 0 %	158	172	196	220	315
B	Penambahan <i>limestone</i> 5 %	142	164	189	218	286
C	Penambahan <i>limestone</i> 10 %	131	163	182	196	258
D	Penambahan <i>limestone</i> 15 %	127	139	173	178	248

**Tabel 10** menunjukkan rekapitulasi hasil kuat tekan rata-rata mortar dengan beberapa variasi penambahan dibuat grafik dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Grafik Rekapitulasi Kuat Tekan Mortar

**Gambar 3** menunjukkan bahwa kuat tekan mortar yang mengalami kenaikan paling optimum terdapat pada campuran kode A sebesar 315 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan untuk kuat tekan minimum terdapat pada campuran kode D sebesar 248 kg/cm<sup>2</sup>, maka dari itu semakin banyak penambahan *limestone* maka kuat tekan yang dihasilkan pada setiap umur dapat mengalami penurunan dari penambahan sebelumnya atau yang lebih kecil, Penyebabnya ialah pengurangan dari bahan baku utamanya yaitu material klinker sebagai bahan utama dari proses pembuatan semen.

Pengurangan klinker dengan menambahkan presentase batu kapur (*limestone*) membuat kemudahan ketika proses penggilingan material maka akan didapatkan butiran semen yang lebih halus. Semakin meningkat presentase penambahan kehalusan semen juga akan semakin meningkat. Hal ini ditegaskan juga pada penelitian Supratman, semakin banyak penambahan *limestone* ke dalam semen tidak berarti kuat tekannya juga bertambah, karena dengan bertambahnya *limestone* maka *clinker* yang digunakan menjadi berkurang, sedangkan yang menyumbangkan kuat tekan semen yaitu senyawa potensial yang terdapat di dalam *clinker* seperti C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A, dan C<sub>4</sub>AF [6].

### 3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian karakteristik semen dari segi kehalusan, dengan bahan campuran batu kapur (*limestone*) yang ditambahkan secara bervariasi dapat diambil kesimpulan bahwasanya semakin besar penambahan batu kapur (*limestone*) mengakibatkan kehalusan dalam semen meningkat dengan hasil yang diperoleh didapatkan hasil maksimum pada penambahan 15% dan telah memenuhi persyaratan karakteristik semen yang tercantum pada SNI 7064:2014. Sedangkan hilang pijar semakin meningkat pada setiap penambahannya pada penambahan 0% dan 5% masih di bawah batas maksimum yaitu maksimum sebesar 5 % [4]. Pada segi kuat tekan semen, nilai kuat tekan selama umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari mengalami peningkatan. Campuran optimum dengan penambahan bervariasi batu kapur (*limestone*) didalam campuran semen adalah 84,2% klinker, 5% batu kapur (*limestone*), 1,8% gipsum dan 9% trass.



#### **4. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Hariawan, J.B. 2012. Pengaruh Perbedaan Karakteristik Type Semen Ordinary Portland Cement (OPC) dan Portland Composite Cement (PCC) Terhadap Kuat Tekan Mortar, Universitas Gunadarma, Depok.
- [2] SNI, 03-6825. 2002. Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil. Badan Standardisasi Nasional.
- [3] SNI, 15-7064. 2014. Semen Portland Komposit. Badan Standardisasi Nasional.
- [4] SNI, 15-2049. 2004. Semen Portland. Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Purnawan. I., Andi, P. 2017. Pengaruh Penambahan Limestone Terhadap Kuat Tekan Semen Portland Komposit. *Jurnal Rekayasa Proses*. 11(2): 86-93.
- [6] Suprpto, B.B., 1995, Teknologi Semen, Industrial Relation Division Training and Development Departement, Citeureup.

