

ANALISIS KUAT TEKAN BETON DENGAN PENAMBAHAN KAOLIN

Nurul Chayati¹, Syaiful¹, Erik Erlangga Abdurahman².

¹Program Studi Teknik Sipil — Fakultas Teknik — UIKA Bogor

²Program Studi Teknik Sipil — Fakultas Teknik — UIKA Bogor

ABSTRAK

Penambahan campuran kaolin sebesar 5% sampai 15% mengakibatkan penurunan kinerja beton antara 0,15 % sampai dengan 30 % dari kuat tekan beton normal. Pemanasan 100°C, pemberian campuran kaolin sebesar 5% sampai 15% mengakibatkan penurunan kinerja beton sebesar 10% sampai 36 % dari kuat tekan beton normal. Pemanasan 150°C, pemberian campuran kaolin sebesar 5% sampai 15% mengakibatkan penurunan kinerja beton sebesar 7% sampai 38 % dari kuat tekan beton normal. Pemanasan 100°C dan 150°C, mengakibatkan penurunan kinerja sebesar 0.62% sampai 5.5% dari kuat tekan rata-rata beton tanpa pemanasan. Campuran beton kaolin 5 %, pemanasan 100°C dan 150°C, mengakibatkan penurunan kinerja sebesar 10% sampai 12% dari kuat tekan rata-rata beton tanpa pemanasan. Campuran beton kaolin 10 %, pemanasan 100°C dan 150°C, mengakibatkan penurunan kinerja sebesar 2% sampai 10% dari kuat tekan rata-rata beton tanpa pemanasan. Campuran beton kaolin 15 %, pemanasan 100°C dan 150°C, mengakibatkan penurunan kinerja sebesar 9% sampai 16% dari kuat tekan rata-rata beton tanpa pemanasan.

Kata kunci : Kuat tekan beton, campuran kaolin.

1. Pendahuluan

Bahan pembuatan Kaolin adalah salah satu mineral penting terutama dalam industri plastik, karet, cat, keramik, kertas dan lain-lain. Rumus kimia Kaolin adalah $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ dengan komposisi kimia yang terdiri dari 46,3% SiO_2 , 39,8% Al_2O_3 dan 13,9% H_2O . Penambahan Kaolinite sebanyak 5% sampai 15% dari berat semen, akan memberikan kontribusi dari segi ekonomis. Adapun tujuan penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar perubahan kuat tekan beton dan besarnya prosentase penambahan kaolin setelah mengalami beberapa tingkat pemanasan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Kuat tekan beton

Kuat tekan beton adalah muatan tekan maksimum yang dapat dipikul persatuan luas atau kekuatan tekan beton dari sejumlah besar hasil pengujian benda uji, dimana kemungkinan adanya kekuatan tekan yang kurang dari itu, terbatas sampai 5% saja. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji kubus beton sampai hancur. (Tjokroadimulyo 1995).

2.2 Bahan tambahan (*Admixtures*)

Bahan tambahan mempunyai komposisi kimia yang bervariasi dan mempunyai fungsi yang bermacam-macam. Dua jenis bahan tambahan yang dikenal adalah bahan tambahan mineral (*mineral admixtures*) dan bahan tambahan kimia (*chemical admixtures*).

2.3 Kaolin sebagai bahan tambahan mineral (*Mineral Admixtures*)

Mineral kaolinite mempunyai komposisi ideal yang terdiri dari 46,3% SiO_2 , 39,8% Al_2O_3 dan 13,9% H_2O [$Al_2Si_2O_5(OH)_4$] dan biasanya komposisi kimia. Kandungan kimia kaolin didominasi oleh silika dan alumina, kedua unsur ini dalam ilmu kimia dikelompokkan kedalam logam alkali dan salah satu sifatnya adalah sangat reaktif dengan air.

Tabel 1. Penggunaan Kaolin Diberbagai Jenis Industri

Sektor	Pekiraan kaolin k/ton menurut negara dan penggunaan	Rata-rata harga \$US /ton	Perkiraan pertumbuhan 2001-2010 (%)
Kertas	1,755 *	170-390 av. ~ 235	2-3**
keramik	3,245	30-500	5
Katalis	35	175-250	6
Cat	220	140-260	8
Plastik	27	350	5
Karet	200	120-350	6
Semen	200***	30-200	4
Lain-lain	518	20-500	4
Total	6,200		

Sumber: Lines M, Kaolin- Production and Consumption in Asia

2.4 Benda Uji

Benda uji untuk kuat tekan beton ukuran 15 x 15 x 15 cm, dengan umur beton 28 hari. Perawatan beton dilakukan dengan cara basah, dalam arti perawatan beton dilakukan dengan cara direndam dalam air.

Tabel 2 Perbandingan Kuat tekan berdasarkan umur benda uji

Umur Beton (hr)	3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari	90 hari	365 hari
Semen Portland biasa	0.40	0.65	0.88	0.98-5	1	1.2	1.35
Semen portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0.55	0.75	0.9	0.95	1	1.15	1.2

Sumber Peraturan Beton Indonesia 1971

3. Metode Penelitian

3.1 Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan pemeriksaan kualitas bahan yang berfungsi menyelidiki dan menganalisa kualitas bahan yang akan digunakan dalam campuran beton. Aktifitas ini meliputi pemeriksaan alat-alat dilaboratorium, kemudian mencocokkan hasil-hasil pemeriksaan tersebut dengan petunjuk pratikum yang ada.

3.2 Pelaksanaan pembuatan benda uji

Pelaksanaan pembuatan benda uji meliputi kegiatan pembuatan campuran beton dan pencetakan benda uji menggunakan metode yang telah direncanakan. Pada bagian ini juga dilakukan pengujian slump, untuk menjaga kualitas dan workabilitas beton.

3.3 Pemeliharaan benda uji

Pemeliharaan benda uji berfungsi untuk menjaga benda uji dari gangguan, sehingga proses pengikatan dan pengeringan berlangsung baik. Pelaksanaan pemeliharaan benda uji sendiri dilakukan dengan cara direndam dalam air selama 28 hari.

3.4 Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan adalah berdasarkan prosentase campuran maupun tingkatan pemanasan yang diberikan. Pengujian digunakan dengan alat uji kuat tekan, yang tersedia di laboratorium. Satuan nilai kuat tekan beton menggunakan kg/cm^2 , sedangkan perhitungan nilai kuat tekan beton menggunakan rumus berikut dibawah ini:

$$\sigma_{bk} = \frac{P}{A}$$

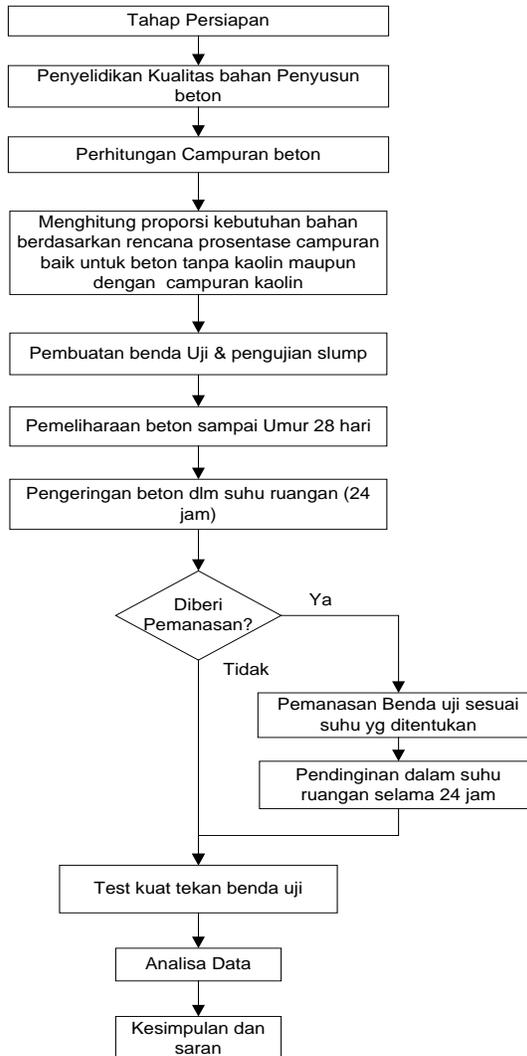
dimana :

σ_{bk} = nilai kuat tekan (kg/cm^2)

P = Beban Maksimum (kg)

A = Luas Penampang (cm^2)

3.1 Bagan alir penelitian



Gambar 1 Diagram alir dan proses penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perhitungan campuran beton

Perhitungan campuran beton adalah memeriksa bahan dan mendapatkan data-data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan campuran beton.

Metode yang digunakan untuk menghitung campuran beton pada penelitian ini adalah metode Current British. Setelah melakukan perhitungan, berdasarkan data-data bahan dan kualitas beton yang akan dicapai maka didapat hasil perhitungan, seperti dalam tabel dibawah ini:

Tabel 3 Data bahan dan kualitas beton

Banyaknya bahan	Semen (kg)	Air (kg)	Agg. Halus (kg)	Agg. Kasar (kg)
1 m ³	308	180	607	1193
Dibagi berat semen	1	0.58	1.97	3.87
Untuk sample kubus sebanyak 5 buah (x 0.02 m ³)	6.5	4	12.5	24

Pada tabel diatas, masing-masing berat komponen penyusun beton dibagi berat semen dan dikali volume 5 buah benda uji kubus. Pembagian dengan berat semen, untuk mengetahui perbandingan berat komponen lain dengan berat semen yang dibutuhkan. Sedangkan pembagian dengan volume kubus, adalah untuk mengetahui kebutuhan bahan untuk membuat benda uji kubus sebanyak 5 buah, sesuai dengan cetakan yang tersedia di laboratorium.

4.2 Proporsi campuran dan air tambahan

Proporsi campuran dan air tambahan dari hasil perhitungan campuran beton seperti yang ditunjukkan pada tabel diatas, dapat dihitung proporsi kebutuhan bahan untuk masing-masing jenis campuran. Selain itu pada pelaksanaan pembuatan benda uji, ternyata diperlukan air tambahan untuk mendapatkan tingkat workabilitas yang diinginkan.

Air tambahan tersebut diperoleh dengan cara coba-coba pada proses pembuatan campuran pertama (*mixing concrete*), yaitu dengan memberikan tambahan air secara bertahap sampai menemukan tingkat workabilitas beton yang diinginkan, berdasarkan pemeriksaan slump. Sehingga didapat volume tambahan air yang diperlukan, yaitu sebanyak 650 ml. Nilai tersebut kemudian menjadi patokan, untuk air tambahan pada campuran-campuran selanjutnya.

Tabel 4 Proporsi kebutuhan bahan tiap jenis campuran untuk 5 buah cetakan kubus

Jenis Beton	Semen (kg)	Kaolin (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Air (kg)	Air tambahan (ml)
BN	6.50		24	12.5	4	650
BK 5	6.18	0.33	24	12.5	4	650
BK 10	5.88	0.62	24	12.5	4	650
BK 15	5.62	0.88	24	12.5	4	650

4.3 Pembuatan benda uji dan pengujian slump

Pembuatan benda uji harus diperhatikan, karena cetakan kubus yang tersedia, dengan kebutuhan benda uji sebanyak 60 buah, maka dibuatlah penjadwalan pembuatan benda uji dengan pemeriksaan slump setiap akhir proses pembuatan beton selesai.

Tabel 5 Periode pembuatan benda uji dan data *slump*

No	Kode	Tgl. Pembuatan	slump (cm)
1	BN	29-07-2003	7.5
2	BN	30-07-2003	8
3	BN	31-07-2003	8
4	BK5	03-08-2003	8.5
5	BK5	04-08-2003	8
6	BK5	05-08-2003	9
7	BK10	06-08-2003	8.5
8	BK10	07-08-2003	9
9	BK10	08-08-2003	9
10	BK15	09-08-2003	9
11	BK15	10-08-2003	9
12	BK15	11-08-2003	9.5

4.4 Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan merupakan akhir dari seluruh kegiatan di laboratorium, dengan adanya uji kuat tekan ini, merupakan upaya pembuktian mendapatkan nilai dari campuran yang direncanakan sebelumnya.

Tabel 6 Data hasil uji kuat tekan

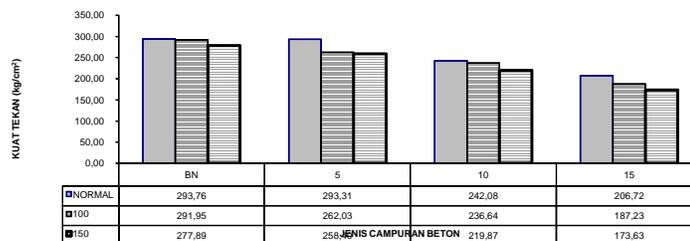
N O	KODE	TGL PEMBUATA N	TGL TEST	SUH U	PANJAN G (cm)	LEBA R (cm)	TINGGI (cm)	BERAT (KG)	UMUR (h)	KUAT TEKAN (KN)	KUAT TEKAN (KG/CM2)
1	BN	30-07-03	28-08-03	-	15	15	15	7	28	630	285.60
2	BN	30-07-03	28-08-03	-	15	15	15	8.5	28	695	315.07
3	BN	30-07-03	28-08-03	-	15	15	15	7.9	28	670	303.73
4	BN	30-07-03	28-08-03	-	15	15	15	7.8	28	630	285.60
5	BN	30-07-03	28-08-03	-	15	15	15	7.95	28	615	278.80
											293.76
1	BN	29-07-03	29-09-03	100	15	15	15	7.7	28	625	283.33
2	BN	29-07-03	29-09-03	100	15	15	15	7.7	28	645	292.40
3	BN	29-07-03	29-09-03	100	15	15	15	7.6	28	700	317.33
4	BN	29-07-03	29-09-03	100	15	15	15	7.8	28	630	285.60
5	BN	29-07-03	29-09-03	100	15	15	15	7.8	28	620	281.07
											291.95
1	BN	31-07-03	30-08-03	150	15	15	15	7.7	28	630	285.60
2	BN	31-07-03	30-08-03	150	15	15	15	7.8	28	620	281.07
3	BN	31-07-03	30-08-03	150	15	15	15	7.8	28	610	276.53
4	BN	31-07-03	30-08-03	150	15	15	15	7.7	28	590	267.47
5	BN	31-07-03	30-08-03	150	15	15	15	7.7	28	615	278.80

											277.89
1	BK5	03-08-03	30-08-03	-	15	15	15	8	28	650	294.67
2	BK5	03-08-03	30-08-03	-	15	15	15	7.9	28	610	276.53
3	BK5	03-08-03	30-08-03	-	15	15	15	7.9	28	690	312.80
4	BK5	03-08-03	30-08-03	-	15	15	15	7.7	28	600	272.00
5	BK5	03-08-03	30-08-03	-	15	15	15	7.9	28	685	310.53
											293.31
1	BK5	04-08-03	31-08-03	100	15	15	15	7.7	28	560	253.87
2	BK5	04-08-03	31-08-03	100	15	15	15	7.75	28	580	262.93
3	BK5	04-08-03	31-08-03	100	15	15	15	8	28	585	265.20
4	BK5	04-08-03	31-08-03	100	15	15	15	7.8	28	585	265.20
5	BK5	04-08-03	31-08-03	100	15	15	15	7.7	28	580	262.93
											262.03
1	BK5	05-08-03	02-08-03	150	15	15	15	7.85	28	580	262.93
2	BK5	05-08-03	02-08-03	150	15	15	15	7.75	28	555	251.60
3	BK5	05-08-03	02-08-03	150	15	15	15	7.75	28	575	260.67
4	BK5	05-08-03	02-08-03	150	15	15	15	7.7	28	565	256.13
5	BK5	05-08-03	02-08-03	150	15	15	15	7.7	28	575	260.67
											258.40
1	BK10	06-08-03	02-08-03	100	15	15	15	7.7	28	500	244.80
2	BK10	06-08-03	02-08-03	100	15	15	15	7.75	28	540	231.20
3	BK10	06-08-03	02-08-03	100	15	15	15	7.95	28	510	244.80
4	BK10	06-08-03	02-08-03	100	15	15	15	7.8	28	540	231.20
5	BK10	06-08-03	02-08-03	100	15	15	15	7.65	28	510	231.20
											236.64
1	BK10	07-08-03	04-09-03	-	15	15	15	7.6	28	485	244.80
2	BK10	07-08-03	04-09-03	-	15	15	15	7.7	28	540	222.13
3	BK10	07-08-03	04-09-03	-	15	15	15	7.7	28	490	235.73
4	BK10	07-08-03	04-09-03	-	15	15	15	7.8	28	520	253.87
5	BK10	07-08-03	04-09-03	-	15	15	15	7.6	28	560	253.87
											242.08
1	BK10	08-08-03	05-09-03	150	15	15	15	7.85	28	460	210.80
2	BK10	08-08-03	05-09-03	150	15	15	15	7.7	28	465	226.67
3	BK10	08-08-03	05-09-03	150	15	15	15	7.75	28	500	235.73
4	BK10	08-08-03	05-09-03	150	15	15	15	7.7	28	520	213.07
5	BK10	08-08-03	05-09-03	150	15	15	15	7.7	28	470	213.07
											219.87
1	BK15	09-08-03	06-08-03	100	15	15	15	7.75	28	410	181.33
2	BK15	09-08-03	06-08-03	100	15	15	15	7.75	28	400	176.80
3	BK15	09-08-03	06-08-03	100	15	15	15	7.7	28	390	197.20
4	BK15	09-08-03	06-08-03	100	15	15	15	7.65	28	435	190.40
5	BK15	09-08-03	06-08-03	100	15	15	15	7.65	28	420	190.40
											187.23
1	BK15	10-08-03	08-09-03	150	15	15	15	7.75	28	380	158.67

2	BK15	10-08-03	08-09-03	150	15	15	15	7.8	28	350	176.80
3	BK15	10-08-03	08-09-03	150	15	15	15	7.65	28	390	170.00
4	BK15	10-08-03	08-09-03	150	15	15	15	7.7	28	375	181.33
5	BK15	10-08-03	08-09-03	150	15	15	15	7.6	28	400	181.33
											173.63
1	BK15	11-08-03	08-09-03	-	15	15	15	8	28	420	213.07
2	BK15	11-08-03	08-09-03	-	15	15	15	7.95	28	470	204.00
3	BK15	11-08-03	08-09-03	-	15	15	15	7.9	28	450	208.53
4	BK15	11-08-03	08-09-03	-	15	15	15	7.75	28	460	204.00
5	BK15	11-08-03	08-09-03	-	15	15	15	7.85	28	450	204.00
											206.72

4.5 Presentase campuran kaolin

Prosentase campuran kaolin dengan campuran beton terdiri dari 5%, 10% dan 15%, dengan beton normal tanpa campuran kaolin sebagai kontrol. Setelah melakukan pengujian kuat tekan pada benda uji-benda uji tersebut, terdapat perubahan kinerja beton, berupa penurunan kuat hancur beton, seperti terlihat pada gambar 2. Pada gambar tersebut, kuat tekan yang ditampilkan adalah kuat tekan rata-rata dari 5 buah benda uji, pada setiap jenis campuran.



Gambar 2 Kuat tekan rata-rata campuran untuk masing-masing tingkat pemanasan

Kuat tekan rata-rata tertinggi dicapai pada campuran beton normal (tanpa campuran kaolin) dengan kondisi benda uji kering normal pada saat pengujian, yaitu sebesar $293,76 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan kuat tekan rata-rata yang dicapai, pada kondisi benda uji mengalami pemanasan sebesar 100°C adalah $291,95 \text{ kg/cm}^2$. Dan $277,89 \text{ kg/cm}^2$ setelah benda uji mendapat pemanasan sebesar 150°C . Jika pencapaian kuat tekan pada beton normal, baik pada kondisi suhu normal, 100°C dan 150°C dianggap kuat tekan 100 %, maka dapat dilihat prosentase penurunan kinerja beton sesuai dengan prosentase pemberian kaolin. Pada suhu normal, campuran beton dengan kaolin sebanyak 5% mengalami penurunan sebanyak 0.15 %. Sedangkan pada beton dengan kaolin sebanyak 10 %, penurunan kuat tekan mencapai 17.59 % lebih kecil dari kuat tekan beton normal. Selanjutnya pada beton dengan kaolin sebanyak 15 %, beton mengalami penurunan 29.63 % lebih kecil daripada kuat tekan beton normal.

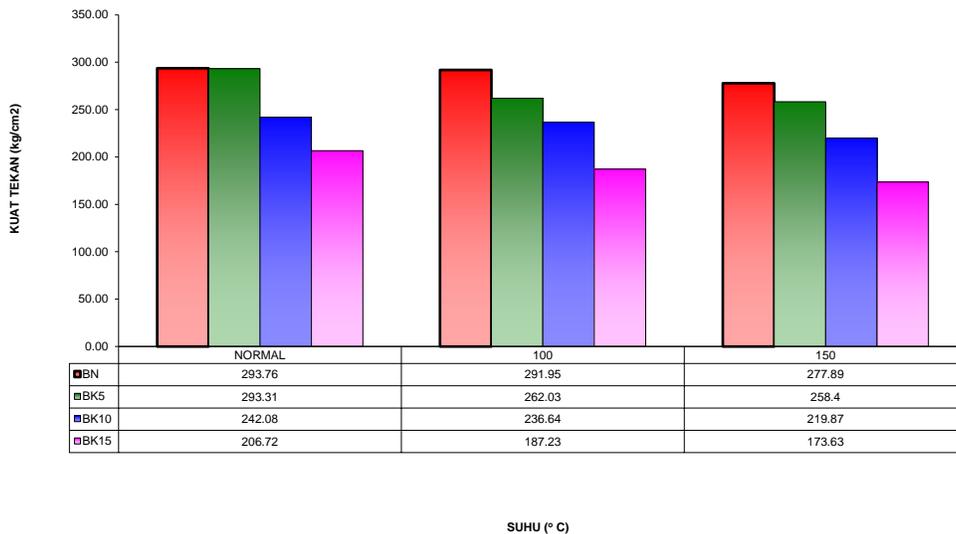
Pada beton yang mengalami pemanasan sebesar 100°C , kuat tekan beton dengan kaolin 5 % mengalami penurunan sampai 10.25 % lebih rendah dibanding beton normal. Sedangkan pada beton dengan campuran kaolin 10 %, kuat tekan beton mengalami penurunan sebesar 18.92 %. Dan beton dengan campuran kaolin 15 %, mengalami penurunan kuat tekan sebesar 35.87 % dari kuat tekan yang dicapai beton normal.

Kuat tekan beton dengan campuran kaolin 5 %, pada kondisi setelah mengalami pemanasan sebesar 150°C , adalah 7.01 % lebih kecil daripada pencapaian kuat tekan beton normal. Beton dengan kaolin 10 %, mengalami penurunan kuat tekan beton sebesar 20.88 %. Sedangkan beton dengan campuran kaolin 15 %, kuat tekan yang dicapai mengalami penurunan sebesar 37, 52 % lebih rendah dari kuat tekan rata-rata beton normal .

4.6 Kinerja beton berdasarkan pemanasan

Kinerja beton setelah pemberian kaolin yang berbeda, faktor yang mempengaruhi kinerja beton dapat juga dilihat dengan memberinya beberapa tingkat pemanasan. Pada penelitian ini, tingkat pemanasan yang diberikan pada benda uji adalah 100 dan 150°C.

Pada grafik tabel 4.9. dapat dilihat, pada pemanasan dengan suhu 100°C kinerja beton normal hanya mengalami penurunan sebesar 0.62 % dan 5.4% pada pemanasan 150°C. Sedangkan pada beton kaolin 5 %, terjadi penurunan yang cukup besar yaitu 10.66 % pada pemanasan 100°C dan 11.9% pada pemanasan 150°C. Kinerja beton dengan campuran kaolin 10 %, mengalami penurunan sebesar 2.25 % pada pemanasan 100°C dan 9.17 % pada pemanasan 150°C. Lalu pada beton dengan campuran kaolin 15 %, perubahan kinerja yang dialami beton mengalami penurunan sebesar 9.43 % pada pemanasan 100°C dan mengalami penurunan yang cukup besar pada pemanasan 150°C yaitu 16.01 %.



Gambar 3 Kuat tekan rata-rata setiap tingkat pemanasan untuk masing-masing jenis campuran

Tabel 7 Prosentase penurunan kuat tekan terhadap beton tanpa pemanasan

Jenis		Pemanasan		
		NORM	100°C	150°C
Jenis Campuran	BN	100	- 0.64	- 5.4
	BK5	100	- 10.66	- 11.9
	BK10	100	- 2.25	- 9.17
	BK15	100	- 9.43	- 16.01

Penyebab turunnya kinerja beton berdasarkan pemanasan, kemungkinan disebabkan oleh tingginya tingkat *loss on ignition* (hilang pijar) pada bahan kaolin. Kehilangan massa akibat tingkat *loss on ignition* (LOI), kemungkinan tetap terjadi walaupun pemanasan yang diberikan lebih rendah dari tingkat pemanasan pada pengujian LOI material yang mencapai suhu 1000°C. Bila hal itu terjadi, maka kaolin yang terdapat dalam campuran beton akan menyusut. Penyusutan ini akan mengakibatkan terjadinya proses pemisahan kaolin dengan pasta semen dalam campuran beton, sehingga menyebabkan retak-retak pada adukan pengikat yang selanjutnya dapat menurunkan kinerja beton.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari uraian penelitian ini adalah :

- 1) Beton dengan kondisi tanpa pemanasan, pemberian campuran kaolin sebesar 5% sampai 15% mengakibatkan penurunan kinerja beton antara 0,15% sampai dengan 30% dari kuat tekan beton normal dan pemanasan 100°C, pemberian campuran kaolin sebesar 5% sampai 15% mengakibatkan penurunan kinerja beton sebesar 10% sampai 36% dari kuat tekan beton normal, serta pemanasan 150°C, pemberian campuran kaolin sebesar 5% - 15% mengakibatkan penurunan kinerja beton sebesar 7% sampai 38% dari kuat tekan beton normal.
- 2) Beton normal, pemanasan 100°C dan 150°C, mengakibatkan penurunan kinerja sebesar 0.62% sampai 5.5% dari kuat tekan rata-rata beton tanpa pemanasan, dan beton kaolin 5%, pemanasan 100°C dan 150°C, mengakibatkan penurunan kinerja sebesar 10% sampai 12% dari kuat tekan rata-rata beton tanpa pemanasan serta beton kaolin 10%, pemanasan 100°C dan 150°C, mengakibatkan penurunan kinerja sebesar 2% sampai 10% dari kuat tekan rata-rata beton tanpa pemanasan. Untuk beton kaolin 15%, pemanasan 100°C dan 150°C, mengakibatkan penurunan kinerja sebesar 9% sampai 16% dari kuat tekan rata-rata beton tanpa pemanasan.
- 3) Beton dengan campuran kaolin, agregat kasar yang terlepas lebih banyak dibanding dengan agregat kasar yang pecah dan kerusakan lebih banyak terjadi pada adukan pengikatnya dan tingginya *Loss On Ignition* (Hilang pijar) pada kaolin mungkin menjadi penyebab penurunan kinerja beton, terutama pada beton yang mengalami pemanasan. Dengan tingkat *loss on ignition* yang tinggi dan tingkat pemanasan yang diberikan, kemungkinan massa kaolin dalam campuran beton akan menyusut dan menyebabkan pemisahan dengan pasta semen serta retak-retak pada adukan pengikat.

5.2 Saran-saran

Saran-saran adalah:

- 1) Memerlukan penelitian ulang tentang kualitas kaolin yang dipakai, terutama komposisi kimia yang terkandung didalamnya.
- 2) Memperhatikan kondisi agregat pada proses pencampuran (*mixing*) maupun keseragaman metode pencetakan benda uji, terutama bila cetakan terbatas sehingga proses pembuatan benda uji diperlukan waktu berhari-hari.

Refrensi

- [1] Adiby R.K., Adiwinata N. Industrial Material Development In Indonesia. Artikel, www.miningtrading.com , 2001.
- [1] Kogel E.Z. Kaolinite. (www.AccessScience.com). Artikel, The McGraw-Hill Companies, 2001-2002.
- [2] Lines. M. Kaolin- Produstion and Consumption in Asia._ Artikel, Stratum Resources, Acom.com Pty.Ltd, 2002.
- [3] Nurwiyanti . Pedoman Praktikum Beton. Lab Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas ibn Khaldun Bogor, 1998.
- [4] Murdoch L.J. Bahan dan Praktek Beton. Penerbit Erlangga, 1991.
- [5] Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I. -2*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1977.
- [6] Poon CS, Azhar S, Anson M, Wong LY, Performance of metakaolin concrete at elevated temperatures, Jurnal, www.elsevier.com/locate/cemconcomp Elsevier Sciense Ltd, 2002.
- [7] S. Gunawan & T. Margaret. Diktat Teori Soal dan Penyelesaian Konstruksi Beton Jilid 1, Delta Teknik Group Jakarta, 1993
- [8] Team Kerja Pedoman Beton 1989. Standar Konstruksi Bangunan Indonesia 1.4.53.199-Pedoman Beton 1989. Badan Penelitian dan Pengembangan PU.