

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan pustaka

Penelitian tentang beton sebagai bahan bangunan terus berkembang dari tahun ke tahun. Berbagai macam cara dilakukan untuk memperoleh kuat tekan beton yang diinginkan. Hal tersebut tidak lepas dari penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebelumnya untuk dijadikan perbandingan dan kajian.

2.2.1. Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya antara lain:

Ovianti (2018) Judul penelitian Pengaruh Penggunaan *Steel Fiber* Pada Pembuatan Beton Mutu Normal Dengan *Subtitusi Copper Slag* Sebagai Pengganti Pasir. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan berat jenis dan kuat tekan pada beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambahan *copper slag* sebagai pengganti pasir. Dengan menggunakan metode penelitian eksperimental analisis data eksperimen dengan teoritis menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui dengan fenomena data dan grafik. Menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm dan variasi yang dipakai sebanyak 4 variasi yaitu 0%, 2%, 4%, 6% dengan curing umur beton 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Hasil data dari pengujian kuat tekan rata-rata dari benda uji terhadap persentase variasi. Dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Kuat Tekan Rata-rata dengan Penambahan Serat Baja

No	Persentase variasi	Umur Beton			
		7	14	21	28
1	0%	17,118	21,500	23,450	28,745
2	2%	25,558	26578	28,855	31,658
3	4%	21,750	26,025	26,310	31,395
4	6%	15,545	21,218	26,168	28,533

Dengan demikian dapat disimpulkan kadar persentase optimum penambahan serat baja adalah 2% dari berat semen.

Prayuda dan Pujianto (2018) Judul penelitian Analisis Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah *Superplastizer* dan Limbah Las Karbit. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan penambahan bahan tambah *superplastizer* dan limbah las karbit dalam campuran beton. Pada penelitian ini menganalisis kuat tekan beton pada umur 7, 14 dan 28 hari sebanyak 7 variasi dengan total sampel 63 benda uji dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Variasi yang dianalisis melalui penelitian ini berupa ukuran agregat, variasi faktor air semen dan persentase limbah karbit yang digunakan. Adapun variasi benda uji dapat dilihat pada Tabel 2.2. Hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 2.3. Dengan demikian dapat disimpulkan kuat tekan beton tertinggi yang diperoleh pada umur 28 hari sebesar 57,44 MPa dengan campuran faktor air semen 0,28, ukuran butiran maksimum agregat kasar 15 mm dan persentase limbah las karbit 10%

Tabel 2.2 Variasi campuran yang di teliti

Benda uji	Kadar Variasi		
	FAS	Ukuran Agregat Kasar (mm)	Limbah Karbit (%)
BT-1	0,28	10	10
BT-2	0,28	15	10
BT-3	0,28	20	10
BT-4	0,24	10	10
BT-5	0,32	10	10
BT-6	0,28	10	5
BT-7	0,28	10	15

Tabel 2.3 Hasil uji kuat tekan beton

Benda Uji	Hasil Kuat Tekan Rata-Rata		
	Umur 7 Hari	Umur 14 Hari	Umur 28 Hari
BT-1	42.05	47.25	52.79
BT-2	35.52	52.95	57.44
BT-3	43.92	46.63	53.65
BT-4	38.06	44.11	51.54
BT-5	17.77	29.25	29.33
BT-6	43.45	48.42	49.26
BT-7	42.60	41.34	47.86

Megasaridan Winayati (2017) dalam penelitian yang berjudul “Analisis Pengaruh Penambahan *Sikament-NN* Terhadap Karakteristik Beton”. *Sikament-NN* merupakan *superplasticizer* untuk membantu menghasilkan kekuatan awal dan kekuatan akhir tinggi. Penggunaan agregat kasar dan agregat halus diperoleh pada Provinsi Riau untuk pembuatan beton berdasarkan hasil pengujian pendahuluan bahwa material tersebut memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran beton. Penambahan variasi persentase *sikament-NN* untuk menganalisis kuat tekan terhadap beton serta *plastiment-VZ* ditambahkan pada saat pengecoran awal yang diasumsikan berguna untuk meningkatkan kelecakan (*workability*) selama diperjalanan. Perancangan pembuatan beton menggunakan metode *Department of Environment* (DOE) dengan cetakan sampel berbentuk silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Mesin molen pengaduk (*molen*) diatur kecepatannya 25 putaran per menit dengan lama pengadukan tidak lebih dari 5 menit. Persentase penambahan *Sikament-NN* yaitu 0%, 0,3%, 0,8%, 1,3%, 1,8%, 2,3% total jumlah sampel 18 dengan masing-masing persentase 3 maka dihasilkan nilai kuat tekan beton bisa dilihat pada Tabel 2.4. Dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada penambahan 1,8% *sikament-NN* yaitu sebesar 38,65 MPa

Tabel 2.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

% sikament-NN	Benda uji	Berat (g)	Luas (cm)	Beban (kN)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
0	I	12680	176,79	520	29,99	27,49
	II	12810	176,79	460	26,53	
	III	12860	176,79	450	25,96	
0,3	I	12,130	176,79	430	24,80	22,98
	II	12,160	176,79	380	21,92	
	III	12,195	176,79	385	22,21	
0,8	I	12,420	176,79	440	25,38	23,26
	II	12,310	176,79	365	21,05	
	III	12,220	176,79	405	23,36	
1,3	I	12,510	176,79	650	37,49	35,18
	II	12,725	176,79	560	32,30	
	III	12,298	176,79	620	35,76	
1,8	I	12,870	176,79	700	40,38	38,65
	II	12,355	176,79	640	36,92	
	III	12,705	176,79	670	38,65	
2,3	I	12,371	176,79	600	34,61	33,45
	II	12,340	176,79	560	32,30	
	III	12,505	176,79	580	33,45	

Anggraeni dkk. (2017) Judul penelitian Studi Analisis Limbah Terak Besi Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Pembuatan Paving Block. Tujuan penelitian ini untuk memanfaatkan limbah terak besi sebagai pengganti agregat halus pada pembuatan paving block dan untuk mendapatkan nilai kuat tekan maksimum serta biaya produksi yang paling efisien. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dimana dapat variabel-variabel yang sudah ditentukan sebelumnya dengan cara studi literatur. Benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini adalah paving block dengan ukuran 21 cm x 10,5 cm x 6 cm dengan umur perendaman 7, 14, 21 dan 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah untuk masing-masing perbandingan campuran pada setiap umur pengujian *paving block*, sehingga keseluruhan adalah sebanyak 72 buah seperti pada Tabel 2.5. Hasil pengujian nilai kuat tekan maksimal pada umur 7 hari sebesar 309,61 kg/cm² dengan campuran 1Pc : 3Ps : 3Tb, pada usia 14 hari dengan campuran 1Pc : 3Ps : 3Tb menghasilkan kuat tekan maksimal sebesar 269,05 kg/cm², pada usia 21 hari campuran 1Pc : 3Ps : 3Tb menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 309,61 kg/cm², pada usia 28 nilai kuat tekan maksimum dengan campuran 1Pc : 3Ps : 3Tb sebesar 298,39 kg/cm². Berdasarkan dari hasil

penelitian yang telah dilakukan penggantian sebagai agregat halus dengan terak besi berpengaruh terhadap kuat tekan *paving block*.

Tabel 2.5 Perbandingan Campuran dan Jumlah Benda Uji

Perbandingan Campuran	Uji Kuat Tekan			
	Usia 7 Hari	Usia 14 Hari	Usia 21 Hari	Usia 28 Hari
1 PC : 6 PS	3	3	3	3
1 PC : 5 PS : 1 TB	3	3	3	3
1 PC : 4 PS : 2 TB	3	3	3	3
1 PC : 3 PS : 3 TB	3	3	3	3
1 PC : 2 PS : 4 TB	3	3	3	3
1 PC : 1 PS : 5 TB	3	3	3	3

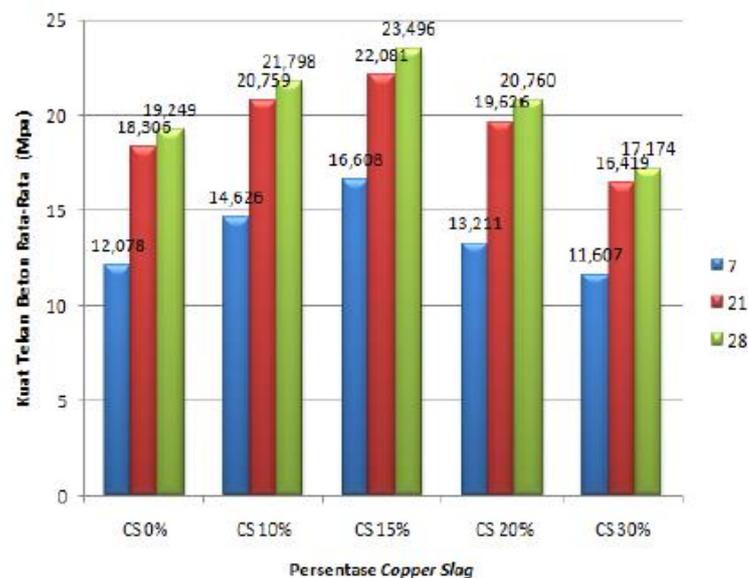
Rahmat dkk. (2016) Judul penelitian Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced Water dan Accelerated Admixture. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan tambah Reduced Water dan Accelerated Admixture terhadap campuran beton dan mengetahui berapa persen jumlah optimum bahan tambah Reduced Water dan Accelerated Admixture yang ditambahkan untuk mencapai kuat tekan maksimum beton pada umur 7,14 dan 28 hari. Benda uji yang dipakai berdiameter 15 x 30 cm dengan menggunakan 3 variasi campuran *basstmittel* sebanyak 0,2%, 0,4% dan 0,6% dari berat semen. Hasil dari penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.6. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan beton variasi yang terendah adalah kuat tekan beton yang menggunakan bahan tambah sebesar 0,2% yaitu 27,66 MPa dan kuat tekan tertinggi adalah kuat tekan beton yang menggunakan bahan tambah sebesar 0,6% yaitu 31,44 MPa.

Tabel 2.6 Hasil Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Dengan bahan Tambah

Variasi Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
Beton Normal	19,02	21,61	25,61
0,2%	19,56	23,12	27,66
0,4%	20,74	28,74	29,50
0,6%	20,53	25,50	31,44

Kadhafi(2015) judul penelitian Pemanfaatan *Copper Slag* Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran Beton Mutu K-225. Tujuan penelitian untuk membandingkan nilai kuat tekan beton dengan masing-masing persentase terak tembaga (*copper slag*) sebagai substitusi semen dengan beton normal. Dalam penelitian ini, menggunakan persentase masing-masing sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, dan 30% dari berat semen. Menggunakan benda uji silinder, dengan tinggi 30 cm dan berdiameter 15 cm, dengan perendaman beton selama 7, 21, 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton terak tembaga (*copper slag*) dapat dilihat pada Gambar 2.1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan semakin banyak penggunaan *copper slag* diatas 15% kuat tekan semakin menurun, penggunaan *copper slag* yang paling efektif pada usia 28 adalah dengan variasi 15% yang mengalami kenaikan kuat tekan hingga 20,06% terhadap beton normal dan penurunan terbesar adalah dengan variasi *copper slag* 30% pada usia 28 hari sebesar 10,78% terhadap beton normal.

Gambar 2.1 Grafik Kuat Tekan Beton dengan Persentase Campuran Copper Slag



Gusanti dkk. (2014) dalam pengujian yang berjudul "Tinjauan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Menggunakan Limbah Batu Candi Sebagai Pengganti Agregat Kasar". Tujuan penelitian untuk meninjau kuat tekan beton yang merupakan parameter utama mutu beton demikian juga dengan modulus elastisitasnya. Kuat tekan dipengaruhi oleh kualitas bahan, perancangan

pencampuran, dan pengerjaan pembuatan beton. Metode penelitian eksperimental pada penelitian ini variable bebas adalah agregat kasar beton dengan limbah sedangkan variable terikat adalah nilai kuat tekan dan besarnya modulus elastisitasnya. Limbah batu candi sebagai pengganti agregat kasar dengan variasi 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari berat kerikil sebanyak 3 sampel tiap variasi. Hasil pengujian pengaruh penggunaan kadar batu candi terhadap modulus elastisitas bisa dilihat pada Tabel 2.7. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan kuat tekan beton untuk kadar batu candi 0% memenuhi syarat beton normal yang ditargetkan yaitu 25 MPa dan 35,65 MPa.

Tabel 2.7 Pengaruh Penggunaan Kadar Batu Candi Sebagai Pengganti Kerikil Terhadap Modulus Elastisitas

No	Kadar Batu Candi	MOE Beton dengan Batu Candi (MPa)	MOE Beton Tanpa Batu Candi (MPa)	Selisih MOE (MPa)	%
1	20%	18832,333		3985,667	17,467
2	40%	16462,333		6365,667	27,898
3	60%	15870,667	22818,000	6947,333	30,447
4	80%	15098,000		7720,000	33,833
5	100%	13933,333		8884,667	38,937

Basid dan Yusuf (2014) Judul penelitian Pengaruh Variasi Gradasi Agregat (slag) Terhadap Kuat Tekan, Porositas Dan Kuat Tarik Belah Beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara gradasi slag sebagai bahan tambahan dengan gradasi agregat normal. Dalam penelitian menggunakan 3 jenis variasi, yang dimana setiap variasi terdiri dari 9 benda uji. Adapun variasi yang direncanakan yaitu dengan metode up and down 7 % dari kurva *fuller*. Dari hasil penelitian yang direncanakan campuran beton agregat normal diperoleh perbandingan 1: 1,22 ; 2,26 sedangkan dengan menggunakan agregat slag sebagai bahan tambahan diperoleh 1 : 2 : 2,41 yang memiliki pengaruh signifikan terhadap adanya variasi agregat *slag* terhadap kuat tekan yaitu terjadi pada gradasi III dengan proporsi campuran agregat slag 1,18 mm = 55 %, 2,36 mm = 45 %, 4,74 mm = 47 % dan 12,5 mm = 5,3 % memberikan perbandingan kuat tekan sebesar 36,99 Mpa atau 6,37 % dari gradasi *fuller* itu disebabkan karena gradasi III campuran slag sebagai bahan tambahan hampir mendekati 50 % pada setiap

gradasinya sehingga beton menjadi padat dan sedikit menyerap air sehingga rongga udara menjadi kecil. Sedangkan untuk gradasi *slag* sebagai bahan tambahan terhadap kuat tarik belah beton menjadi tinggi yaitu pada gradasi III dengan proporsi *slag* sebagai campuran 1,18 mm = 55 %, 2,36 = 45 %, 4,74 mm = 47 %, dan 12,5 mm = 53 % memberikan peningkatan terhadap kuat tarik belah sebesar 32,55 kg/cm² atau 18,97 % dari gradasi fuller, hal ini dikarenakan pada gradasi III agregat halus dan kasarnya hampir sama sehingga memiliki rongga udara yang kecil yaitu mendekati 0. Adanya pengaruh variasi gradasi terhadap porositas beton yaitu terjadi pada gradasi III dengan proporsi campuran *slag* sebagai bahan tambahan 1,18 mm = 55%, 2,36 mm = 45%, 4,74 mm = 47% dan 12,5 mm = 53% dimana memberikan peningkatan pada kuat tarik sebesar 2,42% atau 1,63% dari gradasi *fuller*. Dikarenakan variasi gradasi agregat dengan *slag* sebagai bahan tambahan dalam beton tersusun padat sehingga memiliki kerapatan gradasi campuran beton yang baik.

Amran (2014) Judul penelitian Pengaruh Penggunaan *Silica Fume* dan Sikament-nn Pada Campuran Beton Mutu Tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk untuk mengetahui kuat tekan beton dengan penggunaan bahan tambah *silica fume* dan sikament-nn. Benda uji yang digunakan yaitu benda uji silinder sebanyak 27 unit sampel dengan persentasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dengan pengujian kuat tekan pada umur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton bisa dilihat pada Tabel 2.8. Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan penggunaan *silica fume* pada 15% pada umur beton 28 hari didapat kuat tekan beton yang optimum yaitu kekuatan yang tertinggi yang lebih besar dari lainnya yaitu 458,60 kg/cm².

Tabel 2.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Rata-rata (*Silica Fume*)

Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)	
Variasi Penambahan	28 Hari
0%	371,79
5%	386,88
10%	390,66
15%	458,60
20%	396,32

Simatupang dkk. (2013) Judul Penelitian Pengaruh Penggunaan Limbah Baja Terhadap Kuat Karakteristik Beton. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbandingan material beton dengan menggunakan *PS ball* dengan tanpa menggunakan *PS ball*, diketahui bahwa *PS ball* bisa digunakan dalam campuran beton. Pengujian dilakukan dengan penambahan limbah baja dalam campuran beton sebagai pengisi *filler* dalam campuran beton. Dalam pengujian ini menggunakan 5 variasi yaitu 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % dari berat pasir dan diuji kuat tekan umur rencana selama 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2.9. Setelah dilakukan pengujian dapat disimpulkan penggunaan PS Ball dapat meningkat signifikan terjadi dengan penambahan PS Ball sebesar 30% dari berat pasir dibanding dengan beton normal. Pada campuran PS Ball.

Tabel 2.9 Kuat Tekan Beton Dengan Persentase Kadar PS Ball yang Berbeda.

No	Kadar PS Ball	Kuat tekan rata-rata (MPa)				
		3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	10%	14,90	19,90	21,75	18,54	19,49
2	20%	8,87	16,71	18,75	21,58	22,69
3	30%	21,31	28,28	27,86	34,86	36,61
4	40%	11,56	18,20	19,35	22,92	24,09
5	50%	13,64	19,94	21,82	23,14	24,33

. Amalia (2011). Judul Penelitian Studi Potensi Limbah Debu Pengolahan Baja (*Dry Dust Collector*) Sebagai Bahan Tambah Pada Beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat beton yang menggunakan bahan tambahan limbah debu baja dan membandingkan dengan beton normal tanpa bahan tambahan. Sifat-sifat beton yang akan diteliti yaitu : *workability*, berat jenis, kuat tekan dan kuat lentur. Penelitian ini menggunakan benda uji balok dengan ukuran 15 x 15 x 60 cm, dengan pengujian pada umur 28 hari dan menggunakan limbah pengolahan baja sebanyak 3 variasi yaitu 0 %, 10 % dan 20% sebagai pengganti agregat pasir dalam campuran beton. Dari hasil pengujian maka didapatkan hasil yaitu pada saat pengujian *workability* disimpulkan bahwa tingkat kemudahan beton untuk dikerjakan hal tersebut ditunjukkan dengan nilai slump, pengujian kuat tekan di dapatkan hasil yaitu pada kuat tekan beton normal tanpa bahan tambahan

didapatkan hasil 24,91 MPa sedangkan untuk nilai kuat tekan pada beton dengan bahan tambahan bedu pengolahan baja sebanyak 10% sebagai campuran beton menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 30,20 MPa dengan demikian kuat tekan beton dengan bahan tambahan bedu pengolahan baja meningkat 21,21% dibandingkan dengan beton tanpa limbah, tetapi pada variasi 20% bahan tambahan debu pengolahan baja pada uji kuat tekan mengalami penurunan menjadi 26,42 MPa. Namun demikian nilai kuat tekan masih lebih tinggi sebesar 6,06% dibandingkan dengan beton normal. Hal tersebut dikarenakan butiran halus limbah mengisi rongga diantara agregat halus dan semen sehingga beton menjadi lebih padat. Hasil pengujian kuat lentur pada penambahan limbah 10% dalam campuran beton mengalami peningkatan kuat lentur sebesar 5,29 MPa dari beton normal yang hanya sebesar 5,11 MPa. Sedangkan pada penambahan limbah 20% kuat lentur beton mengalami penurunan menjadi 4,71 MPa dibandingkan beton normal.

2.2. Landasan Teori

Beton adalah material yang terbuat dari agregat halus dan agregat kasar, air, semen dan boleh menggunakan bahan tambahan kimia lainnya atau tidak menggunakan bahan tambahan kimia (SNI 7656:2012). Nilai kuat tekan beton lebih tinggi dari pada kuat tariknya, untuk mencapai nilai kuat tekan beton perlu diperhatikan kekerasan massanya, biasanya semakin keras dan padat massa agregat maka semakin tinggi kekuatan daya tahan terhadap penurunan mutunya. Untuk itu perlu adanya susunan gradasi yang baik agar mencapai nilai kuat tekan yang diinginkan.

Dengan seiringnya pembangunan yang dilakukan mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan konstruksi, seperti pembangunan jalan, perumahan dan gedung bertingkat. Dalam bidang konstruksi, material yang sering digunakan adalah beton. Beton digemari penggunaannya dikarenakan kemudahan untuk digunakan dan juga ketersediaan materialnya sangat mudah di dapat. Semakin meluasnya pengaplikasian beton dalam pembangunan maka menunjukkan juga semakin banyak kebutuhan beton yang akan di pakai, sehingga diperlukan suatu inovasi baru terhadap beton tersebut dalam alternatif penggunaan material

dasarnya. Inovasi tersebut diantaranya penggunaan limbah steel slag sebagai pengganti agregat halus.

Menurut peraturan (PBI 1971 N.I.-2) tentang kelas dan mutu beton dibagi menjadi 3 jenis sebagai berikut:

a. Beton Kelas 1.

Beton kelas 1 adalah beton dengan pekerjaan-pekerjaan non-struktur. Untuk perancangan pembuatan beton tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu beton hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekannya tidak disyaratkan pemeriksaan.

b. Beton Kelas II

Beton kelas II adalah beton dengan pelaksanaannya memerlukan keahlian yang baik dan harus dilaksanakan dibawah pimpinan tenaga ahli. Mutu standar beton kelas II yaitu: B1, K125, K175 dan K225. Pada mutu B1, pengawasan mutu beton hanya dibatasi pada pengawasan sedang untuk mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan betonnya tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K125, K175 dan K225, pengawasan mutu beton terdiri dari pengawasan yang ketat terhadap mutu bahan yang mengharuskan pemeriksaan kuat tekan beton secara terus menerus.

c. Beton Kelas III

Beton kelas III adalah beton dengan pekerjaan struktur yang dimana dipakai mutu beton dengan kekuatan tekan karakteristiknya lebih besar dari 225 kg/m^2 . Pengerjaannya harus memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli.

2.2.1 Bahan penyusun Beton

a.Semen

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen potland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lainnya. (SNI 7656:2012).

Menurut SNI 7656:2012 tentang semen portland, semen portland dibagi menjadi 4 jenis sesuai tujuan pemakaiannya, yaitu :

- 1) Semen portland jenis 1 merupakan semen portland untuk digunakan secara umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya.
- 2) Semen portland jenis 2 merupakan semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kadar hidrasi sedang
- 3) Semen portland jenis 3 merupakan semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi terhadap permulaan setelah pengikatan terjadi
- 4) Semen portland jenis 4 merupakan semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah

Semen portland yang akan digunakan pada penelitian ini adalah semen *portland* merk tiga roda yang dimana semen tiga roda ini berjenis portland *composite cement* (PCC). *Portland composite cement* merupakan semen yang mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah selama proses pendinginan, sehingga pengerjaannya akan lebih mudah dan menghasilkan permukaan beton yang lebih rapat dan lebih halus. Semen tiga roda merupakan produksi dari PT Indocement Tunggal Prakasa Tbk (‘‘indocemet’’) yang dimana mengoperasikan pabrik pertamanya secara resmi pada Agustus 1975. Perseroan atas nama indocement secara resmi didirikan pada 16 agustus 1985 melalui penggabungan enam perusahaan semen pada saat itu.

b. Agregat halus

Agregat halus pada umumnya merupakan agregat yang butirannya lebih kecil dari 4,80 mm, salah satunya seperti pasir, baik berupa pasir alami yang dari alam atau pasir yang dari hasil pemecahan batu. Pasir alam dapat dihasilkan dari berbagai tempat seperti dari dalam tanah, dasar sungai dan tepi pantai, (Tjokrodinuljo, 2010). Pasir merupakan bahan yang digunakan dalam campuran

adukan yang fungsinya sebagai pengisi dalam beton. Berikut ini syarat-syarat pasir yang baik digunakan dalam campuran beton yaitu :

- 1) Pasir harus terdiri dari butiran-butiran yang tidak seragam dan keras. Hal tersebut dikarnakan dengan adanya pasir yang tidak seragam dan keras, maka akan ada ikatan antara agregat yang baik.
- 2) Pasir harus kuat dari penaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga bisa kuat terhadap cuaca
- 3) Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % dari berat kering pasir. Karna bila kandungan pada pasir lebih dari 5 % maka akan mempengaruhi ikatan antara pasir dan semen, sehingga akan menghasilkan kualitas beton yang rendah
- 4) pasir tidak boleh mengandung bahan organik yang terlalu banyak

Adapun langkah-langkah persyaratan dalam pemeriksaan agregat halus yang bisa dilihat pada Tabel 2.10 sebagai berikut:

Tabel 2.10 Tentang syarat-syarat pemeriksaan agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Mengacu Pada
1.	Modulus Halus Butiran	SNI ASTM C 136 : 2012
2.	Berat jenis (gr/cm^3)	SK SNI : 03 – 1970 – 1990
3.	Kadar air (%)	SNI 03 – 2834 – 2000
4.	Kadar Lumpur (%)	SNI 03-4428-1997

Menurut SK SNI-03-2834-1992 ukuran butiran agregat halus dikelompokkan menjadi empat bagian atau zona yaitu: zona I (Kasar), zona II (agak kasar), zona III (agak halus), zona IV (halus). Adapun syarat – syarat yang dipakai dalam batas gradasi agregat halus bisa diliat di Tabel 2.11 sebagai berikut:

Tabel 2.11 Batas syarat – syarat presentase agregat halus

Ukuran Saringan	Parsentase berat lolos saringan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
9,60 mm	100	100	100	100
4,80 mm	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,40 mm	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,20 mm	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,60 mm	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,30 mm	2 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15 mm	0 – 10	0 - 10	1 - 10	0 - 15

Dalam penelitian ini menggunakan II jenis agregat halus sebagai campuran dalam beton mutu tinggi yaitu menggunakan pasir dari daerah progo dan limbah steel slag yang burupa sisa dari peleburan baja.

Berikut ini komposisi kimiawi yang ada didalam pada limbah steel slag yang bisa diliat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Komposisi Kimiawi (*Steel Slag*)

Senyawa Kimia	Persentase Kadar (%)
Al_2O_3	5,875
SiO_2	12,75
P_2O_5	0,65
MgO	28,29
MnO	1,51
CaO	29,245
FeO	22,945
TiO_2	1,41
V_2O_3	0,16

Sumber : PT.KS.2010

Dalam pemeriksaan agregat halus ditujukan untuk mengetahui spesifikasi dan karakteristik agregat halus yang akan dipakai dalam campuran beton yang mengacu pada peraturan yang berlaku.

- a. Menurut (SNI ASTM C 136 : 2012) untuk menentukan modulus halus butiran bisa digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persenan Berat Tertahan} = \frac{\text{Berat Tertahan}}{\text{Jumlah Berat Total}} \times 100\% \text{-----(2.1)}$$

Langkah – langkah pengujian gradasi agregat mengacu pada (SNI ASTM C 136 : 2012) :

- 1) Menyiapkan benda uji/sampel dan dimasukkan kedalam oven dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$.
 - 2) Mengambil sampel lalu menimbanginya sebanyak 1000 gram.
 - 3) Penyaringan agregat menggunakan saringan nomor 4, 8, 16, 30, 50 dan 100, serta pan.
 - 4) Menyaring pasir dengan ayakan yang telah disusun dengan menggunakan mesin penggerak ayakan selama 15 menit.
 - 5) Butiran yang tertahan pada masing-masing sehingga kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butir pasirnya.
- b. Pemeriksaan berat jenis agregat halus menurut (SNI : 03-1970-1990) bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{BK}{B+SSD-BT} \text{-----(2.2)}$$

$$\frac{BK}{B+SSD-BT} \text{-----(2.3)}$$

$$\frac{BK}{B+Bk-BT} \text{-----(2.4)}$$

$$\frac{SSD-Bk}{Bk} \times 100\% \text{-----(2.5)}$$

$$\frac{SSD1+SSD2}{2} \text{-----(2.6)}$$

Keterangan:

Bt : Berat piknometer berisi pasir dan air

Bk : Berat pasir setelah kering

B : Berat piknometer berisi air

SSD : Berat pasir keadaan jenuh kering muka

Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus/pasir progo dan limbah *Steel Slag* mengacu pada (SNI 03-1970-1990) sebagai berikut:

- 1) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai beratnya tetap.
 - 2) Pasir direndam dalam air selama 24 jam.
 - 3) Air rendaman dibuang dengan cara hati-hati agar butiran pasir tidak ikut terbang, kemudian pasir dikeringkan hingga mencapai keadaan jenuh kering permukaan (SSD).
 - 4) Pasir jenuh kering muka dimasukkan kedalam piknometir sebanyak 500 gram. Kemudian ditambahkan air destilasi sampai 90 % penuh. Piknometer diputar dan diguling-gulingkan untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap diantara butir-butir pasir.
 - 5) Ditambah air pada piknometer sampai tanda batas penuh. Kemudian piknometer yang berisi pasir dan air ditimbang.
 - 6) Piknometer ditambahkan air sampai penuh 100 % kemudian ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,1 gram
 - 7) Pasir dikeluarkan dari piknometer dan dikeringkan sampai beratnya tetap.
 - 8) Penimbangan dilakukan setelah pasir dikeringkan dan didinginkan dalam desikator.
 - 9) Piknometer yang berisi air ditimbang
- c. Menurut (SNI 03-4428-1997) tentang kandungan kadar lumpur dalam agregat halus bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V3 = \frac{V1-V2}{V1} \times 100 \% \text{ -----(2.7)}$$

Keterangan:

V1 = Berat pasir sebelum dicuci

V2 = Berat pasir kering oven setelah dicuci

V3 = Kadar lumpur

Langkah – langkah pemeriksaan kadar lumpur agregat halus mengacu pada (SNI 03-4428-1997) :

- 1) Ambil pasir yang telah dikeringkan didalam oven seberat 500 gram.
- 2) Pasir tersebut dimasukkan kedalam nampan dan ditambahkan air secukupnya sampai terendam
- 3) Nampan digoncang-goncangkan lalu dituangkan ke dalam saringan no.200.
- 4) Ulang langkah tersebut sampai air cucian tampak jernih/tidak keruh

- 5) Butiran-butiran pasir yang tertahan disaringan no.200 dimasukan ke dalam nampan dan dikeringkan ke dalam oven selama 24 jam.
- 6) Pasir yang sudah dikeringkan ditimbang
- d. Pemeriksaan kadar air agregat halus bertujuan untuk mengetahui perbandingan air yang dikandung oleh agregat halus dengan agregat dalam keadaan kering. Menurut (SNI 03-1971-1990) bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W3 = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100 \% \text{ -----(2.8)}$$

Keterangan:

W1 = Berat pasir sebelum di oven

W2 = Berat pasir kering oven

W3 = Kadar air agregat

Langkah – langkah Pengujian kadar air agregat halus/pasir yang mengacu pada (SNI 03-1971-1990)

- 1) Timbang cawan
 - 2) Ambil sampel kemudian timbang 1000 gram
 - 3) kemudian keringkan benda uji dengan menggunakan oven dengan suhu $\pm 115^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.
 - 4) Timbang kembali benda uji setelah dioven
- e. Pemeriksaan berat satuan agregat halus bertujuan untuk mengetahui volume campuran beton yang dinyatakan kg/m^2 . Menurut (SNI 03-4804-1998) bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\left(\frac{W3}{V} \right) \text{ :(2.9)}$$

Dengan :

W3 = Berat benda uji (kg)

V = Volume mould (m^3)

Langkah – langkah pemeriksaan berat satuan agregat halus mengacu pada (SNI 03-4804-1998)

- 1) Timbang berat cetakan silinder kosong.
- 2) Masukan agregat halus kedaam silinder sampai sepertiga isi kemudian padatkan dan ketukan

- 3) Isi kembali silinder sampai duapertiga volume silinder lalu padatkan dan isi kembali sampai penuhnya.
- 4) Ukuran cetakan silinder yang digunakan yaitu 7,5 cm x 15 cm.
- 5) Perhitungan berat satuan agregat halus.

c. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan butiran yang besarnya lebih dari 4,80 mm, contoh agregat kasar yaitu, krikil, kerikak, batu pecah dan split. Krikil sebagai hasil dari alam atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu yang mempunyai ukuran butir sekitar 5 mm sampai dengan 40 mm. (Menurut SNI 7656:2012), bahwa agregat kasar (krikil/batu pecah) yang akan digunakan dalam pembuatan campuran beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Krikil atau batu pecah harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori serta tidak pecah atau hancur terhadap pengaruh cuaca.
- 2) Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali jika agregat kasar digunakan untuk membuat beton yang mengalami basah dan lembab terus menerus yang berhubungan dengan tanah basah.
- 3) Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan yang dapat merusak beton seperti bahan reaktif
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % dan apabila mengandung kadar lumpur lebih 1% agregat kasar tersebut harus dicuci.

Menurut SNI 03-2834-1992 batas-batas persyaratan gradasi agregat kasar yang bisa dilihat di Tabel 2.13 sebagai berikut:

Tabel 2.13 Batas – batas gradasi agregat kasar

Ukuran Saringan	Persentase berat yang lolos	
	5 - 38 mm	5 – 18 mm
38,0 mm	90 – 100	100
19,0 mm	35 – 70	90 – 100
9,6 mm	10 – 40	50 – 85
4,8 mm	0 – 5	1 - 10

Dalam pengujian agregat kasar untuk mengetahui karakteristik yang dikandung dalam agregat kasar tersebut maka pengujian harus mengacu pada peraturan yang berlaku:

- a. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar mengacu pada (SK SNI : 03-1970-1990) bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{BK}{Bj - Ba} \text{-----(2.10)}$$

$$\frac{Bj}{Bj - Ba} \text{-----(2.11)}$$

$$\frac{BK}{Bk - Ba} \text{-----(2.12)}$$

$$\frac{BK}{Bk - Ba} \text{-----(2.13)}$$

Keterangan:

Bk : Berat kerikil setelah dikeringkan

Ba : Berat krikil dibawah air

BJ : Berat krikil keadaan jenuh kering muka

Langkah – langkah Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar krikil/batu pecah berdasarkan peraturan (SNI 03-1970-1990) :

- 1) Benda uji dicuci untuk menghilangkan debu atau kotoran yang ada pada butir-butir krikil.
 - 2) Krikil dimasukan ke dalam oven pada suhu 105°C sampai beratnya tetap.
 - 3) Benda uji didinginkan sampai pada temperatur ruang (± 3 jam), kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram.
 - 4) Benda uji direndam dalam temperatur ruang selama lebih kurang 24 jam.
 - 5) Benda uji diambil dari dalam air, kemudian dilap sampai jenuh kering muka.
 - 6) Benda uji ditimbang jenuh kering muka.
 - 7) Krikil dimasukan ke dalam keranjang kawat, kemudian digerak-gerakan agar udara yang terperangkap keluar. Lalu ditimbang dalam air.
- b. Menurut (SNI 03-1968-1990) tentang kandungan kadar lumpur dalam agregat kasar/krikil bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V3 = \frac{V1 - V2}{V1} \times 100 \% \text{-----(2.14)}$$

Keterangan:

V1 = Berat krikil sebelum dicuci

V2 = Berat krikil kering oven setelah dicuci

V3 = Kadar lumpur

Langkah – langkah Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar berdasarkan (SNI 03-1968-1990) :

- 1) Ambil sampel benda uji lalu timbang sampai 1000 gram.
- 2) Benda uji dicuci sampai air jernih/tidak keruh, setelah itu air dibuang dengan hati-hati agar agregat kasar tidak hilang.
- 3) Kemudian benda uji dikeringkan menggunakan oven pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama kira-kira 24 jam.
- 4) Kemudian timbang kembali.

c. Pemeriksaan kadar air agregat kasar bertujuan untuk mengetahui perbandingan air yang dikandung oleh agregat dengan agregat dalam keadaan kering.

Menurut (SNI 03-1971-1990) bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W3 = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100 \% \text{ -----(2.15)}$$

Keterangan:

W1 = Berat krikil sebelum di oven

W2 = Berat krikil kering oven

W3 = Kadar air agregat

Langkah – langkah Pemeriksaan kadar air agregat kasar/batu krikil berdasarkan (SNI 03-1971-1990)

- 1) Timbang cawan kosong
- 2) Timbang cawan beserta agregat kasar/batu krikil sebelum dimasukkan dalam oven
- 3) Masukkan benda uji kedalam oven dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.
- 4) Kemudian timbang kembali benda uji setelah keluar dari oven.

d. Pemeriksaan keausan agregat kasar bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat bahan yang lewat saringan no 12 (1,18 mm) terhadap berat semula dalam persen. Menurut (SNI 03-2417-2008) bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{A-B}{A} \times 100\% \text{-----(2.16)}$$

Keterangan :

A = Berat awal benda uji

B = Berat akhir benda uji yang lolos saringan 2,36 mm

Langkah – langkah Pemeriksaan keausan agregat kasar berdasarkan (SNI 03-2417-2008) :

- 1) Agregat kasar dicuci terlebih dahulu lalu kemudian dimasukkan dalam oven sampai beratnya tetap.
 - 2) Ambil sampel dan timbang sebanyak 5000 gram, yaitu agregat yang lolos saringan 12,5 mm dan tertahan saringan 9,5 mm.
 - 3) Kemudian masukan agregat kasar kedalam mesin Los Angeles beserta dengan bola besi sebanyak 11 buah dan diputar sebanyak 500 kali putaran.
 - 4) Keluarkan agregat kasar dari mesin Los Angeles
 - 5) Saring sampel dengan menggunakan saringan no 2,36 mm.
 - 6) Cuci agregat kasar yang tertahan dalam saringan dengan menggunakan air sampai airnya terlihat jernih.
 - 7) Kemudian keringkan kembali dalam oven
 - 8) Penghitungan keausan agregat kasar.
- e. Pemeriksaan berat satuan agregat kasar bertujuan untuk mengetahui volume campuran beton yang dinyatakan kg/m^2 . Menurut (SNI 03-4804-1998) bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\left(\frac{W3}{V}\right) \text{ :.....(2.17)}$$

Dengan :

W3 = Berat benda uji (kg)

V = Volume mould (m^3)

Langkah – langkah Pemeriksaan berat satuan agregat kasar/krikil berdasarkan peraturan (SNI 03-4804-1998).

- 1) Timbang cetakan silinder kosong
- 2) Masukan agregat kasar kedalam selinder sebanyak sepertiga dari volume silinder lalu ratakan.

- 3) Kemudian masukan kembali agregat kasar kedalam silinder sampai duapertiga volume silinder lalu ratakan.
- 4) Lalu timbang silinder yang berisi agregat kasar
- 5) Perhitungan berat satuan agregat kasar.

d. Air

Air merupakan salah satu bahan untuk pembuatan beton dan yang paling murah diantara bahan-bahan yang lainnya. Penggunaan air dalam campuran beton agar menghasilkan pasta semen yang berfungsi untuk mengikat agregat. Penggunaan air juga dapat berpengaruh pada kuat tekan beton, sehingga pada saat penggunaan fas yang tinggi dapat mengakibatkan bertambahnya kebutuhan air sehingga mengakibatkan pada saat kering beton mengandung banyak pori yang nantinya berdampak pada kuat tekan beton menjadi rendah.

e. Bahan Tambahan (Zat Additive)

Bahan tambahan adalah bahan tambahan kimia dipakai untuk mengubah sifat-sifat beton, membuat beton lebih mudah dikerjakan, awet, lebih ekonomis, mengurangi atau menambah waktu ikatan dan mempercepat kekuatan atau mengontrol panas hidrasi. Bahan tambahan kimia digunakan setelah dilakukan evaluasi secara cermat. (SNI 7656:2012).

Penambahan bahan tambahan kimia cair dalam jumlah banyak harus dianggap sebagai bagian air pencampuran. Nilai slump dapat ditambah bila digunakan bahan tambahan kimia selama beton dengan bahan tambahan kimia tadi memiliki rasio air semen yang sama atau lebih kecil dan tidak menunjukkan potensi segregasi dan bliding berlebihan. (SNI 7656 : 2012)

Dalam penelitian ini menggunakan bahan tambahan zat additive Plastocrete dan Sikament NN yang dimana keduanya termasuk dalam chemical admixtures, yang dimana Plastocrete RT06 adalah admixture beton yang bersifat mengurangi air dan memperlambat waktu ikat yang sangat efisien. (sesuai dengan ASTM C 494 – 92 Type D) sedangkan Sikament NN adalah cairan Superplasticizer yang sangat efektif dengan aksi ganda untuk produksi beton yang mengalis atau bahan untuk mengurangi air beton, dan untuk menghasilkan beton yang kekuatan awal dan kekuatan akhirnya tinggi. (sesuai dengan ASTM C 494 – 92 type F).

Menurut SK SNI S-18-1990-03 (Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton), bahan tambahan dibagi menjadi 4 jenis yaitu:

- a) Bahan tambahan yang dapat mengurangi air yang dipakai. Dengan memakai bahan tambahan ini diperoleh hasil adukan dengan faktor air semen menjadi lebih kecil pada nilai kekentalan yang sama dan diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama
- b) Bahan tambahan yang dapat memperlambat proses pengikatan pada beton. Bahan tambahan ini digunakan pada suatu kasus yang dimana jarak antara tempat pengadukan beton lebih jauh dari tempat penuangan beton, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pematatan lebih dari 1 jam.
- c) Bahan tambahan yang bisa mempercepat proses pengerasan dan ikatan pada beton. Bahan tambahan ini digunakan pada penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur yang memerlukan waktu yang cepat pada penyelesaiannya contohnya jembatan, jalan tol dan lain-lain.
- d) Bahan tambahan yang berfungsi ganda yang dimana untuk mengurangi air dan memperlambat atau mempercepat waktu ikatan pada beton.

2.2.3 Perawatan Beton

Perawatan beton (curing) adalah tahan terakhir setelah proses pembuatan benda uji yang dimana benda uji yang sudah di cetak kemudian benda uji dijaga kelembapannya atau basah, mulai dari setelah pematatan benda uji sampai dengan proses hidrasi yang sekitar 28 hari. Ada beberapa metode yang dipakai dalam curing beton sebagai berikut:

- 1) Menaruh beton didalam ruangan yang lembab
- 2) Meletakkan benda uji/beton dalam genangan air
- 3) Menyelimuti benda uji/beton dengan menggunakan karung basah
- 4) Menyiram beton permukaan benda uji/beton secara terus menerus

2.2.4 Slump Beton dan Setting Time

Nilai slump digunakan sebagai petunjuk dalam ketepatan jumlah pemakaian air dalam hubungannya dengan faktor air semen (FAS) yang direncanakan. Waktu pengadukan ditentukan dalam seberapa lama pada isi mesin pengaduk, Jumlah adukan, jenis serta susunan butiran bahan penyusunannya, dan slump beton, pada umumnya tidak kurang 90 detik dimulai semenjak pengadukan dan pada umumnya menunjukkan hasil susunan dan warna merata.

Berdasarkan PBI 1971 N.I.-2 Rekomendasi nilai slump untuk pemakaian beton segar pada elemen-elemen struktur untuk mendapatkan workability yang diperlukan bisa dilihat pada Tabel. 2.14 sebagai berikut:

Tabel. 2.14 Elemen Struktur nilai slump

No	Elemen Struktur	Slump	Slump Min
		Maks (cm)	(cm)
1	Plat pondasi, pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi dibawah tanah	9,0	2,5
3	Plat (lantai), balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan massal	7,5	2,5

Sumber: PBI 1997 N.I.-2

Menghitung waktu ikat (setting time) bertujuan untuk mengetahui seberapa lama beton melewati tahap plastis menuju tahap pengerasan. Pada saat pasta semen tersebut mulai mengikat sehingga setelah waktu tersebut dilalui pasta semen tidak boleh digunakan lagi atau diubah kembali kedudukannya.

2.2.5 Workability

Workability adalah kemudahan dalam pengerjaan salah satu kinerja utama yang dibutuhkan, dimana beton memiliki kemudahan dalam hal pembentukan dan pemadatan. Kemudahan pengerjaan dalam pembuatan beton dapat dilihat dari hasil slump test, yang dimana kelecakan tergantung pada faktor air semen, proporsi agregat, waktu, sifat agregat dan pengaruh bahan tambahan pada beton.

1) Faktor air semen

Peningkatan pada jumlah air akan mempermudah pemadatan dan pengerjaan dalam campuran beton, tetapi akan mengurangi kuat tekan beton serta mengakibatkan pemisahan dari komponen beton segar akan menghasilkan beton yang tidak menyatu atau tidak monolit dan mengakibatkan bleeding terhadap campuran beton.

2) Proporsi agregat

Proporsi agregat merupakan salah satu hal penting dalam adukan beton terutama dalam hal kelecakan beton (*workability*). Ada berbagai faktor yang mempengaruhi beton yaitu jumlah agregat dan perbandingan antara agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam campuran beton.

2.2.6 Kuat Tekan Beton

Pada setiap rencana campuran beton, kuat tekan dari beton harus memenuhi karakteristik yang disyaratkan. Pengetesan kuat tekan beton dilaksanakan pada usia 7 hari, 21 hari dan 28 hari, dimana kuat tekan beton mencapai mutu yang direncanakan. Adapun faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton yaitu : faktor air semen, jenis agregat, jenis semen yang dipakai, perbandingan penggunaan agregat , penggunaan bahan tambahan, kandungan udara, usia beton, dan perawatan beton. Menurut (SNI 03-1974-1990) pengujian kuat tekan beton bisa dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f'_{ci} = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan:

f'_{ci} = Tegangan (MPa)

P = Beban Maksimal (N)

A = Luas Penampang (mm)

2.2.7 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton merupakan untuk mendapatkan nilai tegangan yang dibagi dengan regangan beton yang dimana kondisi tegangan nol ke kondisi tegangan $0,45 f'_{c}$ pada kurva tegangan-regangan beton. (Mustika, dkk 2016).

Nilai modulus elastisitas beton dipengaruhi berbagai faktor seperti jenis agregat, faktor air semen, kelembapan benda uji, temperatur beton dan umur beton. Menurut (SKSNI T-15-1991) hubungan antara nilai modulus elastisitas beton dengan kuat tekan beton. Modulus elastisitas beton bisa dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \text{ 28 hari} : \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

W_c = Berat satuan beton (kN/m^3)

f_c = Kuat tekan beton uji silinder 28 hari (MPa)

2.2.8 Konversi Kuat Tekan Berdasarkan Ukuran dan Bentuk Benda Uji

Bentuk dan ukuran benda uji akan memberikan pengaruh terhadap hasil dari pengujian kuat tekan yang dilakukan. Benda uji standar yang dapat digunakan dalam kuat tekan beton adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Meski demikian, dapat kemungkinan menggunakan bentuk dan ukuran benda uji yang lainnya.

Ukuran benda uji tidak boleh kurang dari 3 kali ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan untuk meminimalisasi pengaruh pengaruh tidak seragam bahan beton dalam benda uji. Menurut SNI 03-2493-1991 tentang pembuatan dan perawatan benda uji dilaboratorium, diameter benda uji silinder tidak boleh kurang dari 5 cm. Untuk benda uji berbentuk silinder, disyaratkan panjang silinder sama dengan 2 kali diameter silinder. Adapun perbandingan kuat tekan dari berbagai ukuran silinder beton bisa dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15. Perbandingan Kuat Tekan Berbagai Ukuran Silinder Beton

Ukuran Silinder		Kuat tekan (%)
Diameter (mm)	Panjang (mm)	
50	100	109
75	150	106
150	300	100
200	400	96