

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton merupakan suatu komposit atau campuran dari beberapa bahan batu-batuan berupa agregat (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen, dapat dikatakan bahwa semen merupakan bahan pengikat antara agregat halus dan kasar (Sagel.R., P. Kole, dan Gideon Kusuma., 1997). Sebagai material komposit sifat beton sangat tergantung pada sifat unsur masing-masing serta interaksi dari perencanaan yang baik, pemilihan dan pengadaan masing-masing material yang baik, proses penanganan dan proses produksinya. Ketiga sistem tersebut dapat pula dipandang sebagai model komposit dengan 2 fase, yaitu fase matriks dan fase terurai. Kadang kala beton masih ditambah lagi dengan bahan pembantu (*admixture*) untuk mengubah sifat-sifatnya ketika masih berupa beton segar (*fresh concrete*) atau beton keras (Paul Nugraha dan Antoni, 2007).

Menurut Tri Mulyono, beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah. Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton) memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen. Nawy, 1985 mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Beton mempunyai kuat tekan yang besar sementara kuat tariknya kecil. Oleh karena itu untuk struktur bangunan, beton selalu dikombinasikan dengan tulangan baja untuk memperoleh kinerja yang tinggi.

Beton sering digunakan dalam pekerjaan teknik sipil karena memiliki banyak kelebihan diantaranya tahan terhadap serangan api, tahan terhadap serangan korosi, mudah dibentuk, mampu memikul beban yang berat dengan umur rencana yang lama dibandingkan dengan perkerasan lentur, dan juga biaya pemeliharaan yang relatif kecil (Tri Mulyono, 2005).

Beton menurut DPU – LPBM dalam SK SNI T – 15 – 1990-30:1 mendefinisikan beton sebagai campuran antara lain semen Portland (PC) atau semen hidrolis ; agregat halus (pasir) ; agregat kasar (koral/split) dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

2.2.Keunggulan dan Kelemahan Beton

2.2.1.Keunggulan Beton

Menurut Paul Nugraha dan Antoni, berdasarkan pemakaiannya yang begitu luas maka dapat diduga sejak dini bahwa struktur beton mempunyai banyak keunggulan dibanding materi struktur yang lain. Berikut ini merupakan keunggulan dari penggunaan beton secara rinci Menurut Paul Nugraha dan Antoni:

1. Ketersediaan (*availability*) material dasar.
 - a Biaya pembuatan relatif lebih murah karena semua bahan mudah didapat. Bahan termahal adalah semen tetapi bisa diproduksi di Indonesia.
 - b. Pengangkutan / mobilisasi beton bisa dilakukan dengan mudah,
2. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*).
 - a Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkat

secara terpisah.

- b. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, pondasi, jalan, landasan bandar udara, pipa, perlindungan dari radiasi, insulator panas. Beton ringan bisa dipakai untuk blok dan panel. Beton arsitektural bisa digunakan untuk keperluan dekoratif.
 - c. Beton bertulang bisa dipakai untuk berbagai struktur yang lebih berat.
3. Kemampuan beradaptasi.
- a. Beton bersifat *mololit* sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja.
 - b. Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun, misalnya pada struktur cangkang (*shell*) maupun bentuk-bentuk kubus 3 dimensi.
 - c. Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar.
 - d. Konsumsi energi minimal per kapasitas jauh lebih rendah dari baja, bahkan lebih rendah dari proses pembuatan batu bata.
4. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal.

Secara umum ketahanan (*durability*) beton cukup tinggi, lebih tahan karat, sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja, dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran.

2.2.2. Kelemahan Beton dan Cara Mengatasinya

Berikut ini merupakan kelemahan dari penggunaan beton dan cara untuk mengatasi kelemahan tersebut:

Tabel 2.1 Kelemahan Beton dan Cara Mengatasinya

No.	Kelemahan	Solusi
1.	Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m ³ .	Untuk elemen struktural: membuat beton mutu tinggi, beton prateka, atau keduanya, sedangkan untuk elemen non-struktural dapat memakai beton ringan.
2.	Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.	Memakai beton bertulang atau pratekan.
3.	Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan dilapangan. beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.	Mempelajari teknologi beton dan melakukan pengawasan dan kontrol kualitas yang baik. Bila perlu bisa memakai beton jadi (<i>ready mix</i>) atau beton pracetak.
4.	Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis.	Melakukan perawatan (<i>curing</i>) yang baik untuk mencegah terjadinya retak, memakai beton pratekan, atau memakai bahan tambahan yang mengembang (<i>expansive admixture</i>).
5.	Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur.	Melakukan perawatan (<i>curing</i>) yang baik untuk mencegah terjadinya retak, memakai beton pratekan, atau memakai bahan tambahan yang mengembang (<i>expansive admixture</i>).

(Sumber : Paul Nugraha dan Antoni, 2007)

2.3. Klasifikasi Berdasarkan Ketebalan, Kekuatan, dan Kegunaan

Berikut ini merupakan klasifikasi beton berdasarkan ketebalan, kekuatan, dan kegunaan menurut SNI T – 04 – 1990 – F, yaitu:

Tabel 2.2 Klasifikasi Berdasarkan Ketebalan, Kekuatan, dan Peruntukannya

No.	Ketebalan	Kekuatan	Kegunaannya
1.	60 mm	Mutu beton III dengan nilai $f'c$ 17 – 20 Mpa	Untuk beban lalu lintas Ringan
2.	80 mm	Mutu beton II dengan nilai $f'c$ 25,5 – 30 Mpa	Untuk beban lalulintas sedang sampai berat
3.	100 mm	Mutu beton I dengan nilai $f'c$ 34 – 40 Mpa	Diperuntukkan bagi beban lalulintas berat seperti: <i>crane, loader,</i> dan alat berat lainnya

(Sumber: SK SNI T – 04 – 1990 – F)

Adapun kelas beton menurut Tri Mulyono, 2005 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	'bk (kg/cm ²)	'bm (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	B ₀	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B ₁	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K>225	>225	>300	Struktural	Ketat	Kontinu

(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

2.4. Material Pada Campuran Beton

2.4.1. Semen

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda – beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu : semen non hidrolis dan semen hidrolis (Mulyono,2005).

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau

lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (Tri Mulyono,2005).

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10 %, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

a) Sifat fisika semen portland

Menurut Mulyono,2005 sifat-sifat fisika semen meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi, dan hilang pijar.

b) Sifat kimia semen portland

Kadar kapur yang tinggi tetapi tidak berlebihan cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan zat kapur menghasilkan semen yang lemah, dan bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat (L.J. Murdick dan K.M Brook, 1979).

c) Syarat mutu semen portland

Semen portland yang digunakan untuk konstruksi memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Di Indonesia, syarat mutu yang dipergunakan adalah SII 0013-81, mutu dan cara uji semen portland. Peraturan Beton 1989 (SKBI.1.4.53.1989) dalam ulasannya dihalaman 1, membagi semen portland menjadi lima jenis (SK.SNI T-15-1990-03-

.2) yaitu:

1. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Tabel 2.4 Syarat Mutu Kimia Semen Portland, SII.0013-81 (ASTM. C-150)

Uraian	Jenis semen				
	I	II	III	IV	V
MgO (%) maksimum	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
SO ₃ (%) maksimum	-	-	-	-	-
C ₃ A 8.0 (%)	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
C ₃ A 8.0 (%)	3.5	-	4.5	-	-
Hilang pijar (%) maksimum	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Bagian tak larut (%) maksimum	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Alkali sebagai Na ₂ O (%) maksimum	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
C ₃ S (%) maksimum	-	-	-	35	-
C ₂ S (%) maksimum	-	-	-	40	-
C ₃ A (%) maksimum	-	8	15	7	5
C ₃ AF + 2C ₃ A atau C ₄ AF + C ₂ F (%) maksimum	-	-	-	-	20
C ₃ S + C ₃ A (%) maksimum	-	58	-	-	-

(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Tabel 2.5 Syarat Mutu Fisika Semen Portland, SII.0013-81 (ASTM. C-150)

No.	Uraian	Tipe Semen				
		I	II	III	IV	V
1.	Kehalusan					
	- Sisa diatas ayakan 0,09 mm(%) maksimum - Dengan alat vicat <i>blainey</i>	10 2800	10 2800	10 2800	10 2800	10 2800
2.	Waktu pengikatan (<i>setting time</i>),					
	- Menggunakan alat "vicat					
	Awal, menit minimum	45	45	45	45	45
	Akhir, jam maksimum	8	8	8	8	8
3.	- Menggunakan "Gillmore"					
	Awal, menit minimum	60	60	60	60	60
	Akhir, jam maksimum	10	10	10	10	10
	Kekekalan; pemuaiian dalam <i>autoclave</i> , maksimum	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
4.	Kekuatan tekan:	-	-	-	-	-
	1 hari kg/cm ² , minimum	-	-	125	-	-
	1+2 hari kg/cm ² , minimum	125	100	250	-	85
	1+6 hari kg/cm ² , minimum	200	175	-	70	150
	1+27 hari kg/cm ² , minimum	-	-	-	175	210
5.	Peningkatan semu (<i>fase set</i>)					
	Penetrasi akhir (%) minimum	50	50	50	50	50
6.	Panas hidrasi	-	-	-	-	-
	7 hari, cal/g, maksimum	-	70	-	60	-
	28 hari, cal/g, maksimum	-	80	-	70	-
7.	Pemuaiian karena sulfat 14 hari (%) maks	-	-	-	-	0,45

(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

2.4.2. Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Komposisi agregat tersebut berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang

cukup besar, agregat inipun menjadi penting. Karena ini perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan (Tri Mulyono, 2003).

Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat tahan lama (*durable*), dan ekonomis (Paul Nugraha dan Antoni, 2007). Berdasarkan gradasinya agregat terbagi menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar.

A. Agregat Kasar

Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 5 mm, sifat yang paling penting dari suatu agregat kasar adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia. Serta ketahanan terhadap penyusutan.

Jenis agregat kasar secara umum adalah sebagai berikut :

1. Batu pecah alami : bahan ini diperoleh dari cadas atau batu pecah alami yang digali, yang berasal dari gunung merapi.
2. Kerikil alami : kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
3. Agregat kasar buatan : berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya hasil dari proses lain seperti dari blast - furnace dan lain-lain.

4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat : dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom yang sekarang ini, juga untuk pelindung dari radasi nuklir sebagai akibat banyaknya pembangkit atom an stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang melindungi dari sinar X, sinar gamma, dan neutron.

Tabel 2.6 Syarat Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Bahan Butiran yang Lewat Ayakan		
	Berat Butir Maksimum		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40	95 – 100	100	100
20	30 – 70	95 – 100	100
12,5	-	-	90 – 100
10	10 – 35	25 – 55	40 – 85
4,8	0 – 5	0 – 10	0 – 10

Sumber : Tri Mulyono, 2003

B. Agregat Halus

Agregat halus atau pasir adalah butiran – butiran mineral yang bentuknya mendekati bulat, tajam, dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07 – 5 mm (SNI 03 – 1750 – 1990). Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi peakaian bahan pengikat / semen. Pasir adalah salah satu dari bahan campuran beton yang diklasifikasikan sebagai agregat halus dimana agregat halus adalah butiran yang lolos saringan no. 8 dan tertahan pada saringan no. 200.

1. Syarat Mutu Agregat Syarat Mutu menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F:
 - a. Agregat Halus (pasir):

- a. Butirannya tajam, kuat dan keras.
- b. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- c. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - 1) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%.
 - 2) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5 %. Apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuci.
- e. Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu. beton. Bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan di atas endapan. tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- f. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - 1) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maksimal 2 % dari berat.
 - 2) Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maksimal 10% dari berat.
 - 3) Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maksimal 15% dari berat.

- g. Tidak boleh mengandung garam.
2. Syarat Mutu Agregat Menurut SII 0052-80 :
- a. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 2,50 – 3,80.
 - b. Kadar Lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 70 mikron, mak 5%.
 - c. Kadar zat organic ditentukan dengan larutan Na-Sulfat 3%, jika dibandingkan warna standar tidak lebih tua daripada warna standar.
 - d. Kekerasan butir jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka memberikan angka hasil bagi tidak lebih dari 2,20.
 - e. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh Garam-Sulfat :
 - 1) Jika dipakai Natrium Sulfat , bagian yg hancur mak 10%.
 - 2) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur mak 15%.
3. Cara-cara memeriksa sifat-sifat pasir :
- a. Untuk mengetahui kandungan tanah liat/Lumpur pada pasir dilakukan dengan cara meremas atau menggenggam pasir dengan tangan. Bila pasir masih terlihat bergumpal dan kotoran tertempel di tangan, berarti pasir banyak mengandung Lumpur.
 - b. Kandungan Lumpur dapat pula dilakukan dengan mengisi gelas dengan air, kemudian masukkan sedikit pasir ke dalam gelas. Setelah diaduk dan didiamkan beberapa saat maka bila pasir

mengandung Lumpur, Lumpur akan terlihat mengendap di atasnya.

- c. Pemeriksaan kandungan zat organik dilakukan dengan cara memasukkan pasir ke dalam larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 3%. Setelah diaduk dan didiamkan selama 24jam, warnanya dibandingkan dengan warna pembanding.
- d. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh garam Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat.

Tabel 2.7 Gradasi agregat halus

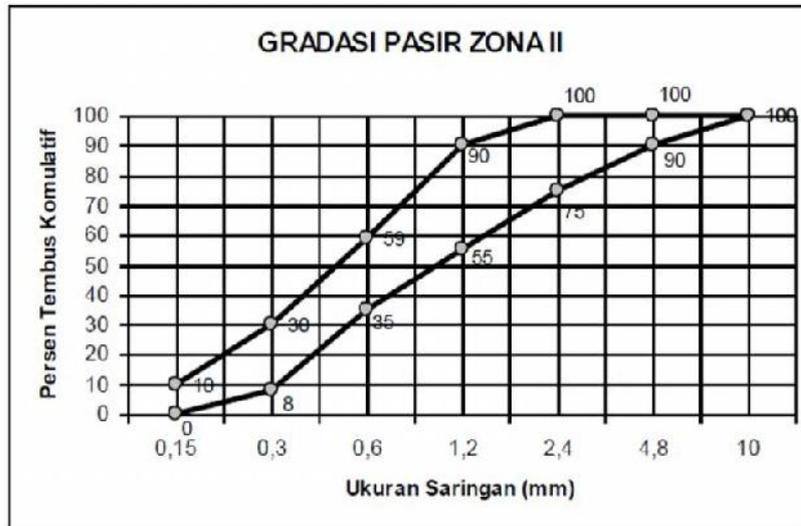
Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

(Sumber : Tri Mulyono, 2005)



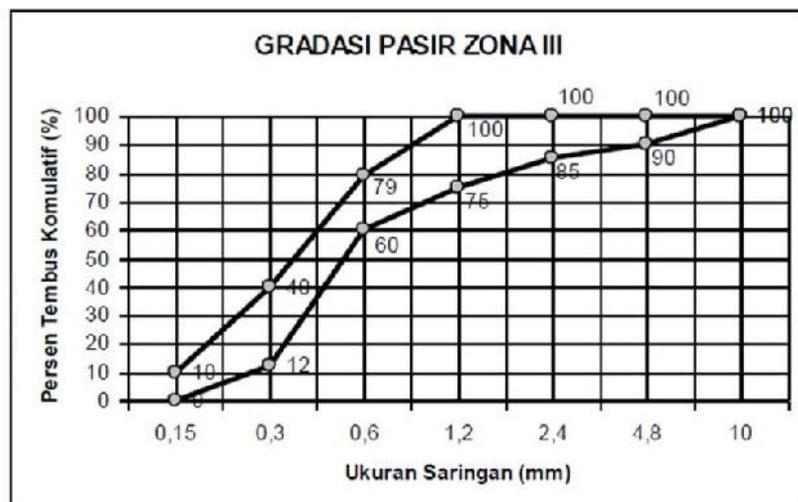
(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.1 Gradasi Pasir Zona I



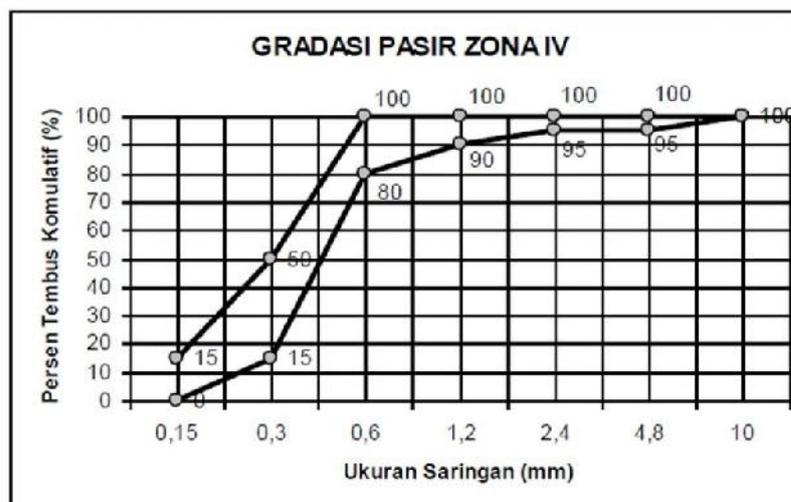
(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.2 Gradasi Pasir Zona II



(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.3 Gradasi Pasir Zona III



(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.4 Gradasi Pasir Zona IV

2.4.3. Air

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut maupun air imbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air laut umumnya mengandung 3,5 % larutan garam (sekitar 78 % adalah sodium klorida dan 15 % adalah magnesium klorida). Garam-garaman dalam air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20 %. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton pra tegang ataupun beton bertuang karena resiko terhadap karat lebih besar. Air buangan industri yang mengandung asam alkali juga tidak boleh digunakan (Tri Mulyono, 2005).

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pratekan dan beton yang akan

ditanami logam aluminium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan (ACI 318- 89:2-2). Untuk perlindungan terhadap korosi, konsentrasi ion klorida maksimum yang terdapat dalam beton yang telah mengeras pada umur 28 hari yang dihasilkan dari bahan campuran termasuk air, agregat, bahan bersemen, dan bahan campuran tambahan tidak boleh melampaui nilai batas (Tri Mulyono, 2005). Air juga diperlukan untuk perawatan sesudah beton dicetak. Suatu metode perawatan selanjutnya yaitu secara membasahi terus – menerus dan pada tahap perendaman beton. Air ini harus memenuhi syarat-syarat yang lebih tinggi dari pada air untuk pembuatan beton. Misalkan air untuk perawatan selanjutnya keasaman tidak boleh pHnya > 6 , juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur (R. Sagel, P. Kole, dan Gideon Kusuma, 1997).

2.4.4. Bahan Pengganti Agregat Halus (Limbah Timah)

Pasir tailing merupakan hasil buangan dari akhir proses pencucian timah. Menurut Kepala Bagian Pengolahan Biji Timah, tailing Timah tersebut sudah tidak digunakan lagi karena mengandung kadar Timah yang rendah sekitar 0,21% dan pasir tailing tersebut berjumlah kurang lebih 6 ton setiap kali produksi timah berlangsung. Pasir tersebut dibiarkan menumpuk ditempat pembuangan limbah. Rencana penelitian sebelumnya dalam membuat adukan beton juga menggunakan air waduk Peltim. Air waduk peltim tersedia dalam jumlah yang banyak yang biasanya digunakan untuk pencucian timah yang dikelola oleh Pusat Pengolahan Biji Timah (PPBT) Peltim Muntok. Menurut Kepala Seksi Bangunan PT. Timah, luas waduk yang ada di Pusat Pengolahan Biji Timah (PPBT) tersebut adalah

50.567 m². Berdasarkan hasil pengujian laboratorium lingkungan hidup, air waduk Peltim mempunyai kadar PH sebesar 8,0.

Tabel 2.8 Kandungan Mineral Tailing Timah Peltim

No.	Jenis Mineral	Berat (%)
1.	<i>Casiterite</i>	0,27
2.	<i>Pyrit/MARC.</i>	0,67
3.	<i>Ilmenite</i>	7,17
4.	<i>Zircon</i>	0,47
5.	<i>Monazite</i>	0,48
6.	<i>Tourmaline</i>	3,74
7.	<i>Siderite</i>	0,14
8.	<i>Limonite</i>	-
9.	<i>Quartz</i>	87,08
Jumlah		100

(Sumber : PPBT PT Timah Muntok)

2.5. Slump Beton

Menurut SNI 03 – 1972 – 1990 Slump beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) / plastisitas dan kohesif dari beton segar. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

1. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*).
2. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*).
3. Kemampuan alir beton segar (*flowability*).
4. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobility*).
5. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*).

Slump beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk

melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak. Pengukuran slump dilakukan dengan mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam 2 peraturan standar yaitu PBI 1971 NI 2 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia) dan SNI 1972-2008 (Cara Uji Slump Beton).

a. Berdasarkan PBI 1971 N.I-2

Pengukuran slump berdasar peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut :

1. Kerucut Abrams :

- a) Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka
- b) Diameter atas 10 cm.
- c) Diameter bawah 20 cm.
- d) Tinggi 30 cm.

2. Batang besi penusuk :

- a) Diameter 16 mm.
- b) Panjang 60 cm.
- c) Ujung dibulatkan
- d) Alas : rata, tidak menyerap air.

b. SNI 1972-2008

Pengukuran slump berdasar peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut :

1. Kerucut Abrams :

- a) Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka.
- b) Diameter atas 102 mm.
- c) Diameter bawah 203 mm.
- d) Tinggi 305 mm.
- e) Tebal plat min 1,5 mm.

2. Batang besi penusuk :

- a) Diameter 16 mm.
- b) Panjang 60 cm.
- c) Memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16 mm

3. Alas : datar, dalam kondisi lembab, tidak menyerap air dan kaku.

2.6. Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 (Tri Mulyono,2005).

Kuat tekan beton merupakan parameter utama yang harus diketahui dan

dapat memberikan gambaran tentang hampir semua sifat-sifat mekanisnya yang lain dari beton tersebut. Hal ini dikarenakan karakteristik utama beton adalah sangat kuat dalam menahan gaya tekan, tetapi sangat lemah dalam menerima gaya tarik. Kuat tarik beton hanya berkisar antara 10% sampai 15% dari kuat tekan beton. Dalam perencanaan struktur beton bertulang, beton diasumsikan hanya berperan dalam menahan gaya tekan dan sama sekali tidak memberikan kontribusi dalam menahan gaya tarik.

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton keras untuk menahan gaya tekan dalam setiap satu satuan luas permukaan beton. Secara teoritis, kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh kekuatan komponen - komponennya yaitu;

1. Pasta semen,
2. Volume rongga,
3. Agregat, dan
4. *Interface* (hubungan antar muka) antara pasta semen dengan agregat.

Tabel 2.9 Rasio Kuat Tekan Silinder-Kubus

Kuat Tekan (Mpa)	7.0	15.2	20.0	24.1	26.2	34.5	36.5	40.7	44.1	50.3
Kuat Rasio Silinder/Kubus	0.76	0.77	0.81	0.87	0.91	0.94	0.87	0.92	0.91	0.96

(Sumber :Neville, "properties of concrete", 3rd Edition, Pitman Publishing, London 1981)

Tabel 2.10 Perbandingan Kuat Tekan Antara Silinder Dan Kubus

Kuat Tekan Silinder(Mpa)	2	4	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50
Kuat Tekan Kubus (Mpa)	2,5	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	35	40	45	50	55

(Sumber : ISO Standard 3893-1977)

Berikut ini merupakan hubungan antara kuat tekan kubus dan silinder :

$$f'_{ck} = (f'_c - \frac{19}{\sqrt{f'_c}}) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$f'_{ck} = (f'_{ck} - \frac{19}{\sqrt{f'_c}}) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$f'_{ck} = (0,76 + 0,2 \log (\frac{f'_{ck}}{15})) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

f'_c adalah kuat tekan silinder (MPa), dan

f'_{ck} adalah kuat tekan kubus (MPa).

Rumus kuat tekan beton degan benda uji berbentuk kubus :

$$(f'_c) = P/A \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

adalah kuat tekan (Mpa), dan

P adalah beban maksimum (Kg) A adalah luas penampang (m²).

Menurut SNI : 03-1974-1990 dalam pelaksanaannya di lapangan, faktor-

faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah sebagai berikut:

1) Faktor air semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi FAS, yaitu :

a) Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.

b) Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*)

Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton. Hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai FAS minimal dan cukup untuk memberikan *workabilitas* tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan merupakan beton yang

terbaik (*Murdock & Brooks, 1979*).

2) Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan gradasi butiran agregat, (agregat halus maupun agregat kasar). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat yang berukuran besar (*Nawy, 1998*).

3) Proporsi semen dan jenis semen yang digunakan

Berhubungan dengan perbandingan jumlah semen yang digunakan saat pembuatan *mix design* dan jenis semen yang digunakan berdasarkan peruntukkan beton yang akan dibuat. Penentuan jenis semen yang digunakan mengacu pada tempat dimana struktur bangunan yang menggunakan material beton tersebut dibuat, serta pada kebutuhan perencanaan apakah pada saat proses pengecoran membutuhkan kekuatan awal yang tinggi atau normal.

4) Bahan tambah

Bahan tambah yang digunakan adalah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *additive* ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah *additive* merupakan bahan tambah yang lebih banyak digunakan. untuk penyemenan (*cementitious*), jadi bahan tambah *additive* lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja.

2.7. Deviasi Standard

Apabila sejumlah benda uji diperiksa kekuatan tekannya maka hasilnya akan menyebar sekitar suatu nilai rata-rata tertentu penyebaran ini tergantung pada tingkat kesempurnaan dari pelaksanaannya. ukuran dari besar kecilnya penyebaran tersebut disebut notasi *standard deviation* $S = \frac{\sum_1^n (\sigma' b - \sigma' b m)^2}{n - 1}$

Tabel 2.11 Besar Kecilnya (Batasan-Batasan) Devisiasi Standard

Volume pekerjaan		Devisiasi standard (S)kg/cm ²		
Keterangan	Jumlah beton(m ³)	Baik sekali	Baik dapat diterima	
Kecil	<1000	45<S 55	45<S 55	45<S 55
Sedang	1000-3000	35<S 45	45<S 55	55<S 75
Besar	>3000	25<S 35	35<S 45	45<S 65

(Sumber :Teori soal dan penyelesaian konstruksi beton I)

2.8. Rumus Pengolahan Data Uji Kuat Tekan Beton

Setelah didapat data dari hasil uji kuat tekan beton masing-masing benda uji, maka data tersebut diolah dengan menggunakan rumus-rumus ketentuan dari SK.SNI.T-15-1990-03 sebagai berikut:

1. Rumus kuat tekan beton rata-rata

$$b_m = \frac{\sum \sigma_{bi}}{N} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan : b_m = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm)
 b_i = Jumlah kuat tekan beton benda uji (kg/cm²)
 N = Jumlah benda uji

2. Rumus deviasi standar

$$S = \frac{N}{1} \cdot \frac{(\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N-1} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan : S = Deviasi standar (kg/cm²)
 b_m = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm²)
 b_i = Jumlah kuat tekan beton benda uji (kg/cm²)
 N = Jumlah benda uji.

3. Rumus kuat tekan beton karakteristik

$$b_k = b_m - (K \times S) \dots \dots \dots (2.7)$$

Tabel 2.12 Analisis Statistik Kekuatan Beton

Proporsi Jatuh Di Bawah – Tingkat Kontrol Yang Lebih Rendah	Nilai K
1 in 6	1,00
1 in 10	1,28
1 in 20	1,65
1 in 25	1,75
1 in 33	1,88
1 in 40	1,96
1 in 50	2,05
1 in 100	2,33

Sumber : SNI 03-6815-2002

Keterangan : b_k = Kuat tekan beton karakteristik (kg/cm^2)
 b_m = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm^2)
 K = Konstanta
 S = Deviasi standar (kg/cm^2)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium beton **PT. Perkasa Adiguna Sembada** Palembang. Sampel penelitian adalah benda uji yang berupa kubus dengan ukuran 15cm x 15cm x 15cm, terdiri dari benda uji beton normal dan beton penggunaan tailing timah sebagai pengganti agregat halus dengan persentase penggantian agregat 60%, 70% dan 80%. Jumlah benda uji yang akan dibuat yaitu: 9 benda uji beton normal dan 27 benda uji beton dengan limbah timah sebagai pengganti agregat halus yang akan diuji pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari sehingga total benda uji sebanyak 36 buah. Kuat tekan rencana adalah K-250 pada umur 28 hari.

Sebelum melaksanakan penelitian untuk beton normal maupun beton dengan bahan limbah timah sebagai pengganti agregat halus dilakukan, terlebih dahulu harus mempersiapkan alat dan bahan, tujuannya untuk mempermudah pada saat penelitian berlangsung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan ini semuanya terdapat pada **PT. Perkasa Adiguna Sembada**. Alat dan bahan tersebut meliputi :

3.2.1. Alat- Alat Yang digunakan

1. Timbangan digital

Alat ini digunakan untuk menentukan berat bahan (semen, agregat halus dan agregat kasar) dan bahan lain-lainnya pada saat pengujian material.



Gambar 3.1 Timbangan digital

2. Oven

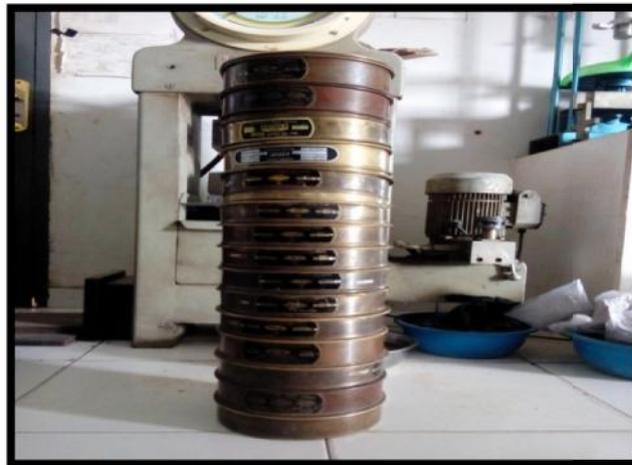
Digunakan untuk memanaskan dan mengeringkan agregat halus dan agregat kasar yang digunakan pada pengujian material, sehingga diperoleh agregat halus dan agregat kasar yang sudah tidak mengandung air. Temperatur oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk pemanasan sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.2 Oven

3. Ayakan atau Saringan ASTM (*Shieve*)

Satu set saringan ASTM digunakan untuk menentukan gradasi atau ukuran agregat kasar dan agregat halus. Ukuran ayakan atau saringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah No.2",1/12",1", 3/4",1/2 ", 3/8", 1/4", 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 dan pan.



Gambar 3.3 Saringan

4. Alat Getar (*Shieve Shaker*)

Digunakan untuk menggetarkan ayakan pada analisa saringan, alat ini digetarkan selama 15 menit untuk mencapai hasil yang baik.



Gambar 3.4 Alat Getar (*Shieve Shaker*)

5. *Specific Gravity*

Alat yang digunakan untuk mengetahui berat jenis (agregat kasar) dan kemampuannya dalam menyerap air. Alat ini terdiri dari keranjang kawat sebagai wadah, timbangan dengan ketelitian 0,1 gr dan bak perendam.



Gambar 3.5 *Specific Gravity*

6. **Piknometer**

Alat ini berupa labu ukur yang digunakan untuk mengetahui berat jenis agregat halus dan penyerapan dari agregat halus.



Gambar 3.6 Piknometer

7. Tabung Ukur

Alat ini digunakan untuk mengetahui kadar lumpur yang ada pada agregat halus.



Gambar 3.7 Tabung Ukur

8. Pan dan Cawan

Digunakan sebagai tempat agregat halus, agregat kasar, dan semen pada saat penimbangan dan pengovenan pada pengujian material.



Gambar 3.8 Pan dan Cawan

9. Mesin Pengaduk / Molen

Alat ini digunakan untuk pengadukan beton. Alat ini mengaduk secara langsung sesuai dengan banyaknya adukan yang diperlukan untuk pembuatan benda uji.



Gambar 3.9 Mesin Pengaduk / Molen

10. Alat Uji Slump

Alat ini digunakan untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan atau kepadatan adukan dan untuk mengetahui nilai slump atau penurunan dari adukan beton. Alat uji slump terdiri dari :

1. Tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm, bagian ujung baja beebentuk bulat.
2. Jorong baja berbentuk kerucut berlubang pada kedua ujungnya, bagian bawah berdiameter 20 cm dan atas 10 cm.
3. Alat ini sering disebut kerucut abrams.



Gambar 3.10 Alat Uji Slump

11. *Table Vibrator*

Alat ini digunakan setelah proses campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan dan pemadatan dengan batang penusuk dilakukan alat ini berguna untuk penambahan pemadatan dengan cara meletakkan benda uji diatas alat tersebut lalu digetarkan.



Gambar 3.11 *Table Vibrator*

12. Mesin Uji Kuat Tekan Beton

Alat ini digunakan untuk memeriksa kuat tekan beton berkapasitas \pm 2000 KN dengan ketelitian 1 KN, dengan menggunakan tumpuan untuk meletakkan benda uji.



Gambar 3.12 Mesin uji kuat tekan beton

3.2.2. Bahan-Bahan Yang Digunakan

Perencanaan bahan dan mutu beton yang akan digunakan dalam suatu konstruksi memerlukan perencanaan berupa desain campuran beton (*Job Mix Design*). Dalam perencanaan diharapkan menghasilkan komposisi bahan yang tepat sehingga di dapat beton yang berkualitas dan mengikuti variasi-variasi sifat beton tanpa mengabaikan segi ekonominya.

1. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa pasir yang berasal dari Tanjung Raja.



Gambar 3.13 Pasir Ex. Tanjung Raja

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berupa batu pecah atau split dengan ukuran 10/20 yang berasal dari daerah Lahat.



Gambar 3.14 Split 10/20 Ex. Lahat

3. Semen

Jenis semen yang dipakai dalam penelitian ini adalah semen tipe-1 yang diproduksi oleh PT. Semen Baturaja, karena semen ini digunakan secara umum dan tidak ada persyaratan khusus dalam penggunaannya. Untuk sekali pengadukan beton dengan sampel 9 kubus benda uji pemakaian semen ($\pm 14,58$) Kg.



Gambar 3.15 Semen Baturaja Tipe 1

4. Limbah Timah (Tailing Timah)

Limbah ini digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus yang didatangkan dari Pulau Bangka Belitung.



Gambar 3.16 Limbah Timah

5. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air bersih dari PDAM di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada.

3.3. Pengujian Material

Sebelum merencanakan campuran, terlebih dahulu dilakukan pengujian agregat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik atau sifat-sifat dasar material yang akan digunakan sehingga dapat memudahkan dalam menentukan proporsi campuran beton.

3.3.1. Pengujian Agregat Halus

1. Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat dengan menggunakan saringan.

A. Alat-Alat Yang Digunakan

1. Timbangan dengan kapasitas 3000 gr dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Saringan yang tersusun dari ukuran no 2", 1 ½ ", 1", ¾ ", ½ ", 3/8", ¼ ", 4", 8", 16", 30", 50", 100", 200" dan pan.
3. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk pemanasan sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
4. Mesin Penggetar.
5. Pan dan Cawan.
6. Kuas, sikat dan lain-lain.

B. Bahan Yang Digunakan

1. Agregat Halus yang telah disiapkan sebanyak $\pm 2\text{kg}$.

C. Langkah Kerja

1. Persiapkan benda uji (pasir dan limbah timah), dalam keadaan bersih dari kadar lumpur dan kering.
2. Persiapkan saringan berdasarkan nomor saringan dan susun saringan mulai dari nomor terbesar diatas sampai nomor terkecil serta pan diletakan dibawah.
3. Letakkan saringan pada mesin penggetar dan masukkan benda uji kedalam saringan, kemudian getarkan menggunakan alat *siheve shaker* selama 15 menit.

4. Setelah itu timbang berat agregat yang tertahan diatas masing-masing lubang ayakan.

2. Pengujian Berat Jenis SSD dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis (*bulk specific gravity*), berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan dari agregat halus.

1. Berat jenis (*bulk specific gravity*) yaitu perbandingan antara agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
2. Berat jenis kering permukaan jenis (*saturated surface dry, SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) yaitu perbandingan agregat kering oven dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
4. Penyerapan air persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

A. Alat-Alat Yang Digunakan

1. Timbangan dengan kapasitas 3000 gram dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Piknometer (labu ukur) dengan kapasitas 500 ml.
3. Kerucut terpancung (kone) terbuat dari logam.

4. Batang penumbuk dengan permukaan rata, dan diameter penumbuk (25 ± 3) mm, berat (340 ± 15) gram.
5. Cawan.
6. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk pemanasan sampai $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$.
7. Bejana tempat air.
8. Air.

B. Bahan Yang Digunakan

1. Benda uji adalah agregat yang telah direndam selama 24 jam \pm 1000 gram.

C. Langkah Kerja

1. Buang air perendaman hati-hati jangan sampai ada butiran yang hilang, tebarkan benda uji ke panci atau semacamnya, lalu keringkan benda uji tersebut hingga tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
2. Pemeriksaan keadaan kering permukaan jenuh atau pengujian SSD dengan mangisikan benda ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali dengan 4 kali tahapan tumbukan (10, 10, 3, 2), lalu angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji $1/3$ dari kerucut.
3. Setelah mencapai keadaan kering permukaan jenuh, ambil agregat sebanyak 500 gram dan masukan ke dalam piknometer, masukan air bersih mencapai 90% isi piknometer, putar sambil

diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya, atau dengan cara dipompa hampa udara atau merebus piknometer.

4. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas di leher piknometer.
5. Timbang piknometer berisi air & benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
6. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap kemudian dinginkan.
7. Setelah dingin kemudian timbang (Bk)
8. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

D. Perhitungan

$$1. \text{ Berat jenis kering (bulk dry specific gravity)} = \frac{Bk}{(B+500-Bt)} \dots\dots\dots 3.1$$

$$2. \text{ Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)} = \frac{500}{(B+500-Bt)} \dots\dots\dots 3.2$$

$$3. \text{ Berat jenis semu (apparent specific gravity)} = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots 3.3$$

$$4. \text{ Penyerapan agregat halus} = \frac{(500-Bk)}{Bk} \dots\dots\dots 3.4$$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram).

B = Berat piknometer berisi air (gram).

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram).

500 = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram).

3. Berat Isi Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat isi agregat halus, berat isi merupakan perbandingan berat dan volume.

A. Alat-Alat Yang Digunakan

1. Timbangan dengan kapasitas 3000 gram.
2. Pan atau cawan.
3. Tongkat pemadat berdiameter 15 mm dengan panjang 60 cm dengan ujung bulat.
4. Mistar perata.
5. Wadah baja berbentuk silinder.

B. Bahan Yang Digunakan

1. Agregat Halus yang telah dikeringkan dimasukan kedalam container sebanyak kapasitas wadah.

C. Langkah Kerja Berat Isi Lepas

1. Timbang dan catat berat silinder (W_1)
2. Masukkan benda uji kedalam silinder sampai penuh dan padat lalu ratakan dengan mistar.
3. Timbang berat wadah beserta isinya (W_2).
4. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

D. Langkah Kerja Berat Isi Padat

1. Timbang dan catat berat silinder (W_1).
2. Isilah wadah dengan benda uji dalam 3 lapis, setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat dan tusukkan sebanyak 25 kali setiap lapisan secara merata.
3. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
4. Timbang dan catat berat wadah beserta isinya (W_2).

5. Hitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

E. Perhitungan

1. Berat isi agregat (E) = $\frac{W_3 \text{ kg}}{V \text{ d}^3}$ 3.5

Keterangan :

V = isi wadah = $\frac{1}{4} \text{ d}^2 \text{ h}$.

d = diameter wadah.

h = tinggi wadah (m).

4. Kadar Lumpur Agregat Halus

Bertujuan untuk menentukan kadar persentasi kadar lumpur dalam agregat. Kandungan lumpur < 5% merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

A. Alat-Alat Yang Digunakan

1. Cawan.
2. Tabung ukur 500 ml.

B. Bahan Yang Digunakan

1. Pasir sebanyak cawan (± 200 gr).
2. Larutan NaCl.

C. Langkah Kerja

1. Masukkan benda uji kedalam labu ukur menggunakan corong dan beri larutan NaCl hingga benda uji terendam.
2. Guncangkan tabung ukur yang telah diisi benda uji dan larutan NaCl secara vertikal sebanyak 90 kali.
3. Diamkan selam 20 menit hingga kadar lumpur terlihat dan naik semua ke atas, lalu catat hasil yang didapat.

4. Kemudian baca tebal lumpur yang naik ke atas dan baca juga tinggi pasir dan lumpurnya.

D. Perhitungan

1. Kadar lumpur agregat halus $\frac{A}{B} \times 100\%$3.6

Keterangan :

A = Kehilangan berat (gr).

B = Berat benda uji semula (gr).

3.3.2. Pengujian Agregat Kasar

1. Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan bertujuan mengetahui daerah gradasi pada agregat kasar, dan nilai maksimum pada agregat kasar.

A. Alat-Alat Yang Digunakan

1. Timbangan 5000 gram dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Saringan yang tersusun dari ukuran no 2", 1 ½ ", 1", ¾ ", ½ ", 3/8", ¼ ", dan no. 4".
3. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk pemanasan sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
4. Pan dan Cawan.
5. Kuas, sikat dan lain-lain.
6. Alat penggetar

B. Bahan Yang Digunakan

1. Agregat Kasar (Split) yang berasal dari Lahat sebanyak ± 1000 gram.

C. Langkah Kerja

1. Persiapkan benda uji (split), dalam keadaan bersih dari kadar lumpur.
2. Agregat halus dikeringkan didalam oven dengan suhu 110 ± 5 C, sampai berat tetap.
3. Persiapkan saringan berdasarkan nomor saringan dan susun saringan mulai dari nomor terbesar diatas sampai nomor terkecil serta pan diletakan dibawah.
4. Letakkan saringan pada mesin penggentar dan masukkan benda uji kedalam saringan, kemudian getarkan menggunakan alat sieve shaker selama 15 menit.
5. Setelah itu timbang berat agregat yang tertahan diatas masing-masing lubang ayakan.
6. Untuk saringan no.4 keatas di ambil lalu direndam selama 24 jam untuk berat jenis batu.

2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan beratjenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan dari agregat halus.

- a) Berat jenis (*bulk specific gravity*) yaitu perbandingan antara agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b) Berat jenis kering permukaan jenis (*saturated surface dry, SSD*)

yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

- c) Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) yaitu perbandingan agregat kering oven dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- d) Penyerapan air persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

A. Alat-Alat Yang Digunakan

1. Timbangan 3000 gram dengan ketelitian 0,1 gram
2. Alat penggantung keranjang
3. Siapkan alat *Specific Gravity* (Keranjang besi) dengan ukuran diameter 8" dan tinggi 2,5".
4. Cawan.
5. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk pemanasan sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
6. Handuk

B. Bahan yang digunakan :

1. Ambil agregat kasar kurang lebih sebanyak 1000 gram dalam keadaan kering permukaan (*saturated surface dry*, SSD). Contoh diperoleh dari bahan yang telah dilakukan pengujian analisa saringan.

C. Langkah kerja :

1. Benda uji yang lulus saringan direndam selama 24 jam
2. Setelah direndam selama 24 jam, keringkan benda uji dalam keadaan kering permukaan atau kondisi SSD dengan cara dikeringkan menggunakan haduk, setelah itu timbang beratnya.
3. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam keranjang dan rendam kembali dalam air, lalu timbang berat benda uji didalam keranjang yang berada di dalam air.
4. Angkat benda uji, lalu oven benda uji sampai kering dengan temperatur $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
5. Setelah benda uji sudah dalam keadaan kering, timbang kembali benda uji dalam kondisi kering.

D. Perhitungan :

1. Berat jenis kering (*bulk dry specific gravity*) = $\frac{B_k}{B_j - B_a}$ 3.7
2. Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) = $\frac{B_j}{B_j - B_a}$ 3.8
3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) = $\frac{B_k}{B_k - B_a}$ 3.9
4. Penyerapan agregat halus = $\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$ 3.10

Keterangan :

B_k = Berat benda uji kering oven (gram).

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram).

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram).

3. Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat isi agregat kasar. Berat isi merupakan perbandingan antara berat dan volume.

A. Alat-Alat Yang Digunakan

1. Timbangan dengan kapasitas 3000 gram.
2. Pan atau cawan.
3. Tongkat pemadat berdiameter 15 mm dengan panjang 60 cm dengan ujung bulat.
4. Mistar perata.
5. Wadah baja berbentuk silinder dengan alat pemegang.

B. Bahan Yang Digunakan :

1. Agregat Halus (pasir) yang berasal dari Tanjung Raja, dimasukkan kedalam ban atau container sebanyak kapasitas wadah, lalu keringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

C. Langkah Kerja Berat Isi Lepas

1. Timbang dan catat berat silinder (W_1).
2. Masukkan benda uji kedalam silinder sampai penuh dan padat lalu ratakan dengan mistar.
3. Timbang berat wadah beserta isinya (W_2).
4. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

D. Langkah Kerja Berat Isi Padat :

1. Timbang dan catat berat silinder (W_1).
2. Isilah wadah dengan benda uji dalam 3 lapis, setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat dan tusukkan sebanyak 25 kali secara merata.

3. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
4. Timbang dan catat berat wadah beserta isinya (W_2).
5. Hitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

E. Perhitungan

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_3 \text{ kg}}{V \text{ dm}^3} \dots\dots\dots 3.11$$

Keterangan :

V = isi wadah (m^3) = $1/4 \text{ d}^2 \text{ h}$.

d = diameter wadah (m).

h = tinggi wadah (m).

3.4. Mix Design Beton

Pada dasarnya *Concrete Mix Design* adalah proses menentukan komposisi campuran adukan beton berdasarkan data-data dari bahan dasar untuk beton (misalnya gradasi, kadar air, berat isi, berat jenis dll).

3.5. Pembuatan Benda Uji

Berdasarkan metode *American Concrete Institute* (ACI) mensyaratkan suatu campuran perencanaan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperlihatkan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudian pekerjaan, serta keawetan dan kekuatan beton. Cara ACI melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pembuatan beton.

Dalam penelitian ini, peneliti membuat dua jenis beton, yaitu beton normal dan beton menggunakan limbah timah sebagai pengganti agregat halus, namun dengan perlakuan uji yang sama sebagai perbandingan kelak. Tahapan umum

dalam pembuatan beton setelah dilakukan pengujian (analisa saringan, berat jenis, berat isi, kadar lumpur) terhadap agregat halus dan kasar adalah perancangan campuran / *mix design*.

Dalam penyusunan komposisi-komposisi bahan untuk *mix design* selanjutnya, komposisi *mix design* lebih disederhanakan dengan menentukan mana variabel yang tetap dan mana variabel yang berubah.

1. Variabel yang tetap
 - a. Pasir
 - b. Split
 - c. Semen
2. Variabel-variabel yang berubah
 - a. Persentase penggunaan limbah timah sebagai pengganti agregat halus.

Benda uji yang digunakan adalah berbentuk kubus ukuran 15x15x15 cm sebanyak 9 benda uji untuk setiap variasi. Tahap pembuatan adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat-alat yang diperlukan dalam pembuatan benda uji.
2. Menyiapkan bahan, masing-masing sesuai ukuran yang ditentukan.
3. Memasukan agregat kasar dan halus kedalam mesin pengaduk, aduk sampai rata.
4. Memasukan semen kedalam mesin pengaduk, aduk sampai rata.
5. Setelah pengadukan selesai dilakukan pengujian *Slump Test*

6. Setelah Slump test selesai dilakukan, maka lakukan pencetakan benda uji yang dimasukkan kedalam cetakan kubus yang berukuran 15 x 15 x 15.
7. Diamkan beton selama 24 jam, kemudian bongkar cetakannya.
8. Perawatan beton sama dengan perawatan beton normal, yaitu dengan cara merendam benda uji sampai dengan umur yang ditentukan dilaksanakan uji kuat tekan. Perendaman ini dilakukan untuk menghindari pengaruh cuaca terhadap proses pengerasan beton, yang tentunya akan mempengaruhi kekuatan beton.

3.6. Slump Test

Proses pengesanan slump menurut SNI 1972:2008. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan atau kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton.

A. Peralatan yang digunakan pada proses pembuatan slump, yaitu :

1. Corong baja berbentuk conus berlubang pada kedua sisinya, bagian bawah berdiameter 20 cm dan bagian atas 10 cm.
2. Tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang bagian ujung dibulatkan.
3. Mistar.

B. Prosedur Pelaksanaan :

1. Bersihkan conus slump dari kotoran, kemudian tempatkan diatas bidang datar, licin dan tidak menyerap air. Masukkan adukan beton kedalam kerucut sebanyak $\frac{1}{3}$ tinggi kerucut dan padatkan dengan

tongkat baja sebanyak 25 tumbukan lalu masukkan adukan kedua dan ketiga dengan cara seperti yang pertama. Ratakan permukaan beton sejajar dengan tinggi kerucut.

2. Angkat cetakan secara tegak lurus
3. Kemudian ukur penurunannya.

Dari hasil yang diperoleh nilai slump dalam keadaan ideal yaitu 10-12 cm.

3.7. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton mencapai umur yang di tentukan, pengujian ini menggunakan alat uji tekan beton. Fungsi dari pengujian kuat tekan beton ini yaitu mengukur kemampuan untuk beton menerima gaya tekan persatuan luas, pemberian gaya ini tegak lurus terhadap sumbunya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah dibuat apakah sesuai dengan apa yang telah direncanakan.

A. Peralatan Yang Digunakan

1. Mesin tekan hidrolis,
2. Timbangan digital kapasitas 100kg.

B. Benda Uji

1. Benda uji berbentuk kubus ukuran 15x15x15 cm.

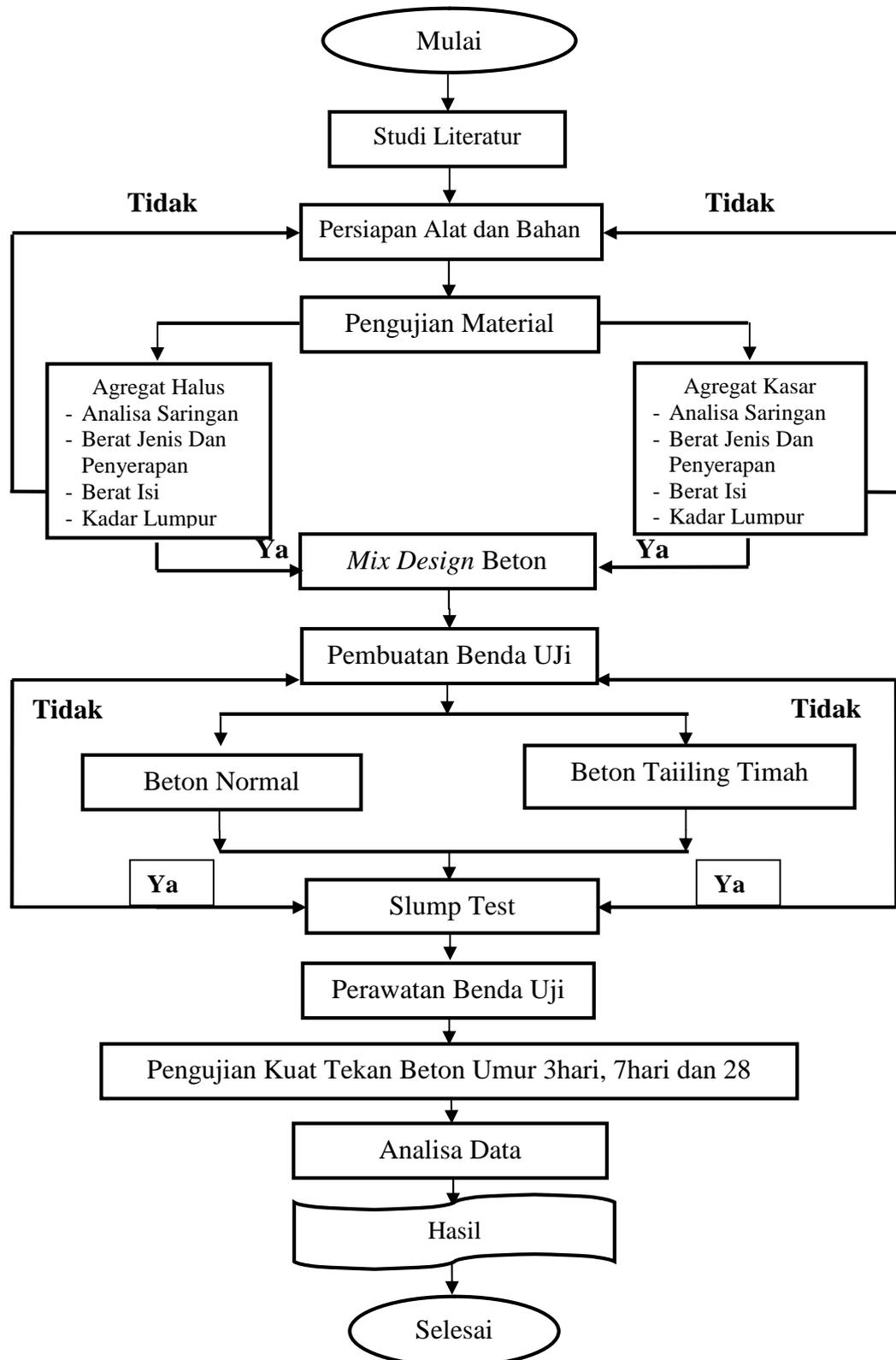
Tabel 3.1 Variasi Penggantian Pasir Galian Dengan Limbah Timah

Variasi Campuran	Variasi Pengganti Agregat Halus	Umur (Hari)	Jumlah Benda Uji
Beton Normal	-	28	3
Beton Dengan Limbah Timah Sebagai Pengganti Pasir	60%	28	3
	70%		3
	80%		3

C. Langkah-Langkah Pengujian

1. Sehari sebelum pengujian keluarkan benda uji dari bak perendam.
2. Sebelum diuji, benda uji dijemur atau di angin-anginkan guna mengeringkan benda uji.
3. Benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat benda uji.
4. Letakkan benda uji kedalam media tekan dan atur hingga benda uji berada di tengah balok penekan, baik balok atas maupun balok bawah. Pasang jarum petunjuk pada posisi nol.
5. Mulai pengujian dengan menerapkan benda tekan mulai dari nol hingga mencapai beban maksimum (retak), kemudian catat hasilnya.
6. Kemudian dilakukan perhitungan atau pengolahan data.

3.8. Sistematika Alir Penelitian



Gambar 3.17 Bagan Alir Penelitian

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa

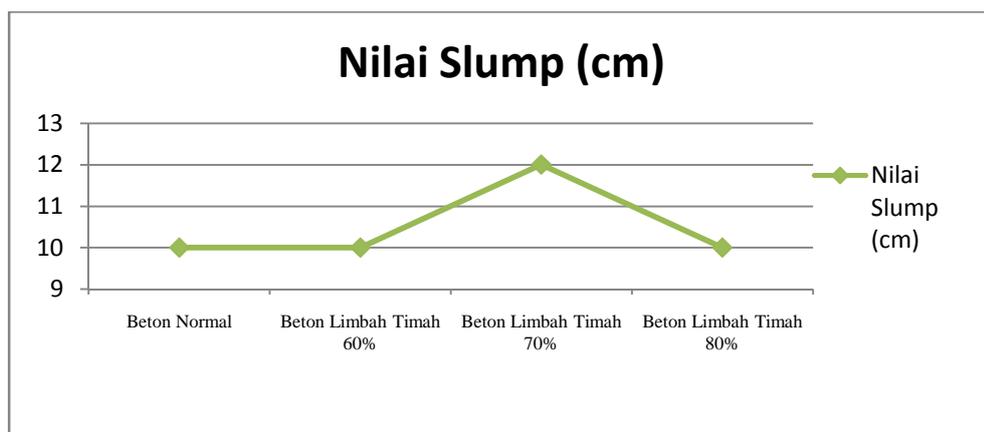
4.1.1. Hasil Pengujian *Slump*

Sebelum memasukkan adukan beton kedalam cetakan kubus, dilakukan pengujian *slump* terlebih dahulu dengan menggunakan alat uji *slump* (Kerucut Abrams). Pengujian *slump* pada campuran beton beton untuk mengetahui kelecekan adukan dan juga mengetahui nilai *slump* karena sangat mempengaruhi pada tingkat pengerjaan (*workability*), dan dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Adapun hasil pengujian *slump* sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Slump*

No	Variasi Campuran	Nilai <i>Slump</i> (cm)
1	Beton Normal	10
2	Beton Limbah Timah 60%	10
3	Beton Limbah Timah 70%	12
4	Beton Limbah Timah 80%	10

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada



Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Grafik 4.1 Nilai *Slump* Beton (Cm)

Dari hasil grafik 4.1 didapatkan hasil bahwa semakin besar penambahan *Proment* yang ditambahkan ke dalam campuran beton, maka nilai *slump* yang didapatkan akan mengalami penurunan dan untuk kuat tekan beton itu sendiri mengalami peningkatan dari beton normal yang tidak menggunakan bahan tambah. Yang berarti bahan tambah *proment* sangat mempengaruhi kekuatan beton dan nilai *slump* pada beton.

4.1.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan suatu gambaran tentang kualitas beton yang menunjukkan kinerja beton dalam memenuhi fungsinya untuk memikul beban yang diterimanya.

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan beton dalam hasil KN, dikonversikan kedalam Kg maka harus dikalikan 102 Kg karena $1 \text{ Kn} = 102 \text{ Kg}$, dan dibagi dengan 225 untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton (Kg/Cm^2). Maka dengan perbandingan yang dimiliki setiap benda uji baik dari segi berat maupun kuat tekan berdasarkan varian beton normal dan beton dengan pengganti agregat halus pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\text{Kuat Tekan beton (Kg/Cm}^2\text{)} = \frac{\text{KN} \times 102}{\text{Luas Benda uji}}$$

Tabel 4.2 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal K-250

No	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban		Luas (Cm)	Kuat Tekan Beton (Kg/Cm ²)
			Kn	Kg		
1	3	7,8	280	28560	225	126,9
2		7,8	275	28050	225	124,7
3		7,6	290	29580	255	131,5
Rata – rata						127,7
1	7	7,8	405	41310	225	183,6
2		7,8	385	39270	225	174,5
3		7,8	410	41820	225	185,9
Rata- Rata						181,3
1	28	7,8	595	60690	225	269,7
2		7,6	620	63240	225	281,1
3		7,8	600	61200	225	272
Rata-rata						274,3

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Tabel 4.3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Dengan Komposisi Agregat Halus

40% Pasir Galian dan 60% Limbah Timah

No	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban		Luas (Cm)	Kuat Tekan Beton (Kg/Cm ²)
			Kn	Kg		
1	3	8,2	180	18360	225	81,6
2		8,2	195	19890	225	88,4
3		8	170	17340	225	77,1
Rata – rata						82,4
1	7	8,2	295	30090	225	133,7
2		8	270	27540	225	122,4
3		8	280	28560	225	126,9
Rata- Rata						127,7
1	28	8	485	49470	225	219,9
2		8,2	490	49980	225	222,1
3		8	465	47430	225	210,8
Rata-rata						217,6

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

**Tabel 4.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Dengan Komposisi Agregat Halus
30% Pasir Galian dan 70% Limbah Timah**

No	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban		Luas (Cm)	Kuat Tekan Beton (Kg/Cm ²)
			Kn	Kg		
1	3	8,2	160	16320	225	72,5
2		8	170	17340	225	77,1
3		8	145	14790	225	65,7
Rata – rata						71,8
1	7	8,2	230	23460	225	104,3
2		8,2	250	25500	225	113,3
3		8	215	21930	225	97,5
Rata- Rata						105
1	28	8,2	435	44370	225	197,2
2		8,2	420	42840	225	190,4
3		8	400	40800	225	181,3
Rata-rata						189,6

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

**Tabel 4.5 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Dengan Komposisi Agregat Halus
20% Pasir Galian dan 80% Limbah Timah**

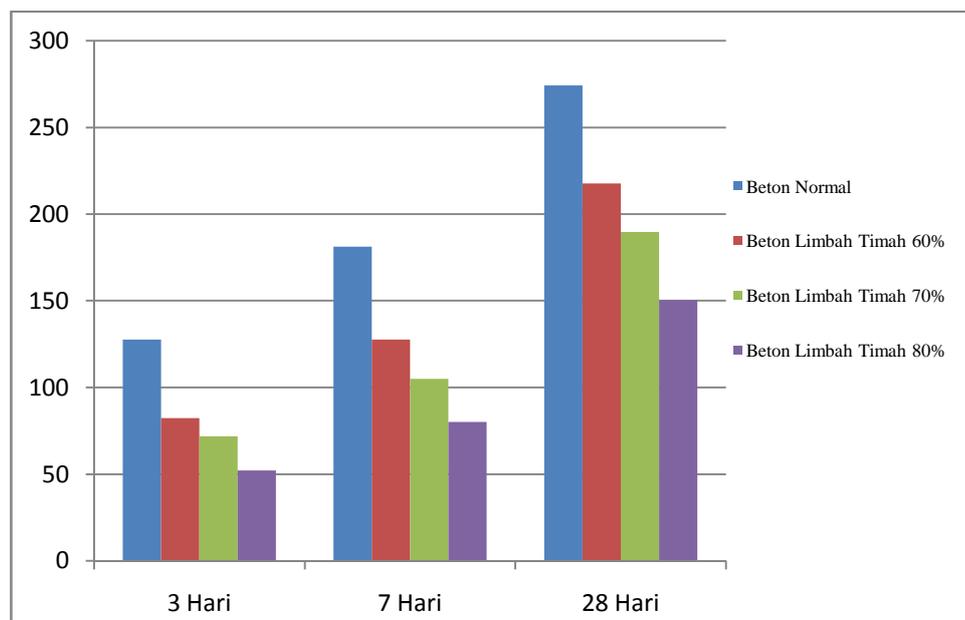
No	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban		Luas (Cm)	Kuat Tekan Beton (Kg/Cm ²)
			Kn	Kg		
1	3	8	115	11730	225	52,1
2		8	120	12240	225	54,4
3		8	110	11220	225	49,9
Rata – rata						52,1
1	7	8	195	19890	225	88,4
2		8,2	165	16830	225	74,8
3		8	170	17340	225	77,1
Rata- Rata						80,1
1	28	8	330	33660	225	149,6
2		8	345	35190	225	156,4
3		8	320	32640	225	145,1
Rata-rata						150,4

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Tabel 4.6 Hasil Uji Kuat Tekan Rata-rata (Kg/Cm²)

No	Variasi Campuran	Kuat Tekan Beton Rata-rata (Kg/Cm ²)		
		Umur		
		3	7	28
1	Beton Normal	127,7	181,3	274,3
2	Beton Limbah Timah 60%	82,4	127,7	217,6
3	Beton Limbah Timah 70%	71,8	105	189,6
4	Beton Limbah Timah 80%	52,1	80,1	150,4

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada



Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Grafik 4.2 Grafik Kuat Tekan Rata-rata

Dari Grafik 4.2 di atas menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terjadi pada beton dengan normal memiliki nilai kuat tekan sebesar 274,3 Kg/Cm² pada umur 28hari. Kuat tekan beton minimum terdapat pada beton dengan 80% penggantian pasir galian memiliki nilai kuat tekan 150,4 Kg/Cm² pada umur 28

hari. Hal ini membuktikan bahwa pengaruh penggantian pasir galian dengan menggunakan limbah timah tidak mempengaruhi peningkatan kuat tekan. Namun, sebaliknya kekuatan neton akan terus menurun bila memperbanyak penggunaan persentase dari limbah timah.

4.2. Pengolahan Data

Setelah pengujian kuat tekan beton, selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap nilai kekuatan tekan beton karakteristik berdasarkan variasi campuran. Adapun rumus dan perhitungan kuat tekan beton karakteristik adalah sebagai berikut :

$$b_i = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum \sigma_{bi}}{N}$$

$$S = \sqrt{\sum_1^N \frac{(\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N-1}}$$

$$b_k = b_m - (1,28 \cdot S)$$

Keterangan :

σ_{bi} = Kuat tekan beton masing- masing sampel (Kg/Cm²)

σ_{bm} = Kuat tekan beton rata- rata (Kg/Cm²)

σ_{bk} = Kuat tekan beton karakteristik (Kg/Cm²)

P = Beban Maksimum (Kg)

A = Luas penampang sampel kubus (Cm²)

N = Jumlah sampel

S = Standar deviasi

1,28 = 1 in 10 Benda Uji

Tabel 4.7 Perhitungan Kuat Tekan Beton Karakteristik Pada Beton Normal

Umur	bi (Kg/Cm ²)	bi- bm (Kg/Cm ²)	(bi- bm) ² (Kg/Cm ²)	Perhitungan
3	126,9 124,7 131,5	-0,8 -3 3,8	0,64 9 14,44	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{383,1}{3}$ $= 127,7 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma bi - \sigma bm)^2}{N - 1}}$ $= \sqrt{\frac{24,08}{2}} = 3,47$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S)$ $= 127,7 - (1,28 \times 3,47)$ $= 123,26 \text{ kg/cm}^2$
	383,1		24,08	
7	183,6 174,5 185,9	2,3 -6,8 4,6	5,29 46,24 21,16	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{544}{3}$ $= 181,3 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma bi - \sigma bm)^2}{N - 1}}$ $= \sqrt{\frac{72,69}{2}} = 6,03$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S)$ $= 181,3 - (1,28 \times 6,03)$ $= 173,58 \text{ kg/cm}^2$
	544		72,69	
28	269,7 281,1 272	-4,6 6,8 -2,3	21,16 46,24 5,29	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{822,8}{3}$ $= 274,3 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma bi - \sigma bm)^2}{N - 1}}$ $= \sqrt{\frac{72,69}{2}} = 6,03$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S)$ $= 274,3 - (1,28 \times 6,03)$ $= 266,58 \text{ kg/cm}^2$
	822,8		72,69	

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Tabel 4.8 Perhitungan Kuat Tekan Beton Karakteristik Komposisi Agregat Halus 40% Pasir Galian dan 60% Limbah Timah

Umur	bi (Kg/Cm ²)	bi- bm (Kg/Cm ²)	(bi- bm) ² (Kg/Cm ²)	Perhitungan
3	81,6 88,4 77,1	-0,8 6 -5,3	0,64 36 28,09	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{247,1}{3} = 82,4 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N - 1}}$ $= \sqrt{\frac{64,73}{2}} = 5,69$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S)$ $= 82,4 - (1,28 \times 5,69)$ $= 75,12 \text{ kg/cm}^2$
	247,1		64,73	
7	133,7 122,4 126,9	6 -5,3 -0,8	36 28,09 0,64	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{383}{3} = 127,7 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N - 1}}$ $= \sqrt{\frac{64,73}{2}} = 5,69$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S)$ $= 127,7 - (1,28 \times 5,69)$ $= 120,42 \text{ kg/cm}^2$
	383		64,73	
28	219,9 222,1 210,8	2,3 4,5 -6,8	5,29 20,25 46,24	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{652,8}{3} = 217,6 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N - 1}}$ $= \sqrt{\frac{71,78}{2}} = 5,99$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S)$ $= 217,6 - (1,28 \times 5,99)$ $= 209,93 \text{ kg/cm}^2$
	652,8		71,78	

Tabel 4.9 Perhitungan Kuat Tekan Beton Karakteristik Komposisi Agregat Halus 30% Pasir Galian dan 70% Limbah Timah

Umur	bi (Kg/Cm ²)	bi- bm (Kg/Cm ²)	(bi- bm) ² (Kg/Cm ²)	Perhitungan
3	72,5 77,1 65,7	0,7 5,3 6,1	0,49 28,09 37,21	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{215,3}{3} = 71,8 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{65,79}{2}} = 5,74$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S) = 71,8 - (1,28 \times 5,74) = 64,45 \text{ kg/cm}^2$
	215,3		65,79	
7	104,3 113,3 97,5	-0,7 8,3 -7,5	0,49 68,89 56,25	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{315,1}{3} = 105 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{125,63}{2}} = 7,93$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S) = 105 - (1,28 \times 7,93) = 94,85 \text{ kg/cm}^2$
	315,1		125,63	
28	197,2 190,4 181,3	7,6 0,8 -8,3	57,76 0,64 68,89	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{568,9}{3} = 189,6 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{127,29}{2}} = 7,98$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S) = 189,6 - (1,28 \times 7,98) = 179,39 \text{ kg/cm}^2$
	568,9		127,29	

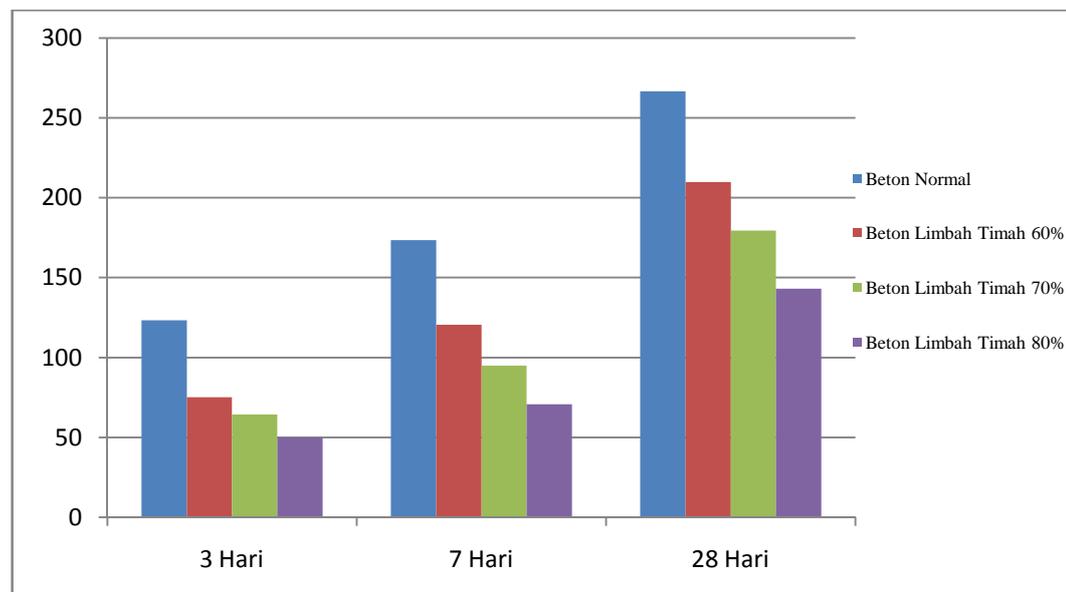
Tabel 4.10 Perhitungan Kuat Tekan Beton Karakteristik Dengan Komposisi Agregat Halus 20% Pasir Galian dan 80% Limbah Timah

Umur	bi (Kg/Cm ²)	bi- bm (Kg/Cm ²)	(bi- bm) ² (Kg/Cm ²)	Perhitungan
3	52,1 54,4 49,9	0 2,3 -2,2	0 4,6 4,4	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{156,4}{3} = 52,1 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{9}{2}} = 1,73$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S) = 52,1 - (1,28 \times 1,73) = 49,89 \text{ kg/cm}^2$
	156,4		9	
7	88,4 74,8 77,1	8,3 -5,3 -3	68,89 28,09 9	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{240,3}{3} = 80,1 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{105,98}{2}} = 7,28$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S) = 80,1 - (1,28 \times 7,28) = 70,78 \text{ kg/cm}^2$
	240,3		105,98	
28	149,6 156,4 145,1	-0,8 6 -5,3	0,64 36 28,09	$\sigma_{bm} = \frac{\sum bi}{N} = \frac{451,1}{3} = 150,4 \text{ kg/cm}^2$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma_{bi} - \sigma_{bm})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{64,73}{2}} = 5,69$ $\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (1,28 \times S) = 150,4 - (1,28 \times 5,69) = 143,12 \text{ kg/cm}^2$
	451,1		64,73	

Tabel 4.11 Hasil Kuat Tekan Beton Karakteristik (Kg/Cm²)

No	Variasi Campuran	Kuat Tekan Beton Rata-rata (Kg/Cm ²)		
		Umur		
		3	7	28
1	Beton Normal	123,26	173,58	266,58
2	Beton Dengan Limbah Timah 60%	75,12	120,42	209,93
3	Beton Dengan Limbah Timah 70%	64,45	94,85	179,39
4	Beton Dengan Limbah Timah 80%	49,89	70,78	143,12

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada



Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Grafik 4.3 Kuat Tekan Beton Karakteristik (Kg/Cm²)

Dari grafik 4.3 nilai kuat tekan beton karakteristiknya bervariasi. Pada beton tanpa penggunaan limbah timah sebagai pengganti sebagian pasir galian memiliki nilai kuat tekan beton karakteristik yang tinggi dibandingkan dengan kuat tekan beton karakteristik yang lain, beton dengan pemakaian limbah timah sebagai pengganti sebagian pasir galian sangat buruk apabila digunakan untuk

pembuatan beton. Ini menyatakan bahwa limbah timah yang memiliki tekstur halus tidak dapat menopang mutu beton walaupun pada mutu beton K-250. Dapat dilihat juga penggunaan limbah timah 60%, 70%, dan 80% tidak mencapai mutu beton yang ditargetkan.

4.3. Pembahasan

Dari hasil penelitian kuat tekan beton normal dan beton dengan menggunakan limbah timah seagai pengganti sebagian dari pasir galian, maka dapat diketahui bahwa semakin banyaknya penggunaan limbah timah dapat menurunkan mutu beton.

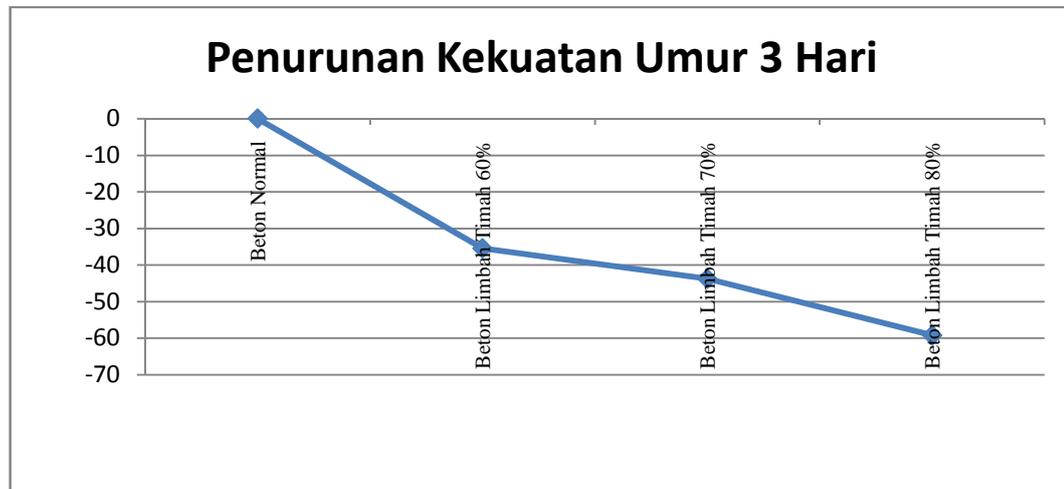
4.3.1. Persentase Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 3 Hari

Dari pengolahan data kuat tekan beton normal dan beton menggunakan limbah timah sebagai pengganti sebagian pasir galian persentase perbandingan kuat tekan pada umur 3 hari pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.12 Hasil Persentase Kekuatan Beton Pada Umur 3 Hari

No	Variasi Campuran	Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari (kg/cm ²)	Penurunan Kekuatan (%)
1	Beton Normal	127,7	0
2	Beton Limbah Timah 60%	82,4	-35,47
3	Beton Limbah Timah 70%	71,8	-43,77
4	Beton Limbah Timah 80%	52,1	-59,20

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada



Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Grafik 4.4 Hasil Persentase Kekuatan Beton Pada umur 3 Hari

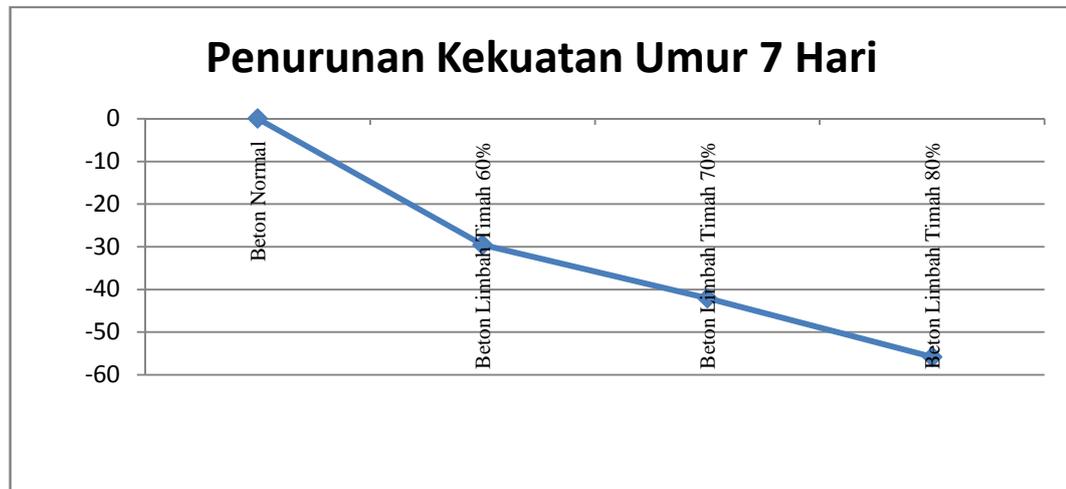
4.3.2. Persentase Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari

Dari pengolahan data kuat tekan beton normal dan beton menggunakan limbah timah sebagai pengganti sebagian pasir galian persentase perbandingan kuat tekan pada umur 7 hari pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.13 Hasil Persentase Kekuatan Beton Pada Umur 7 Hari

No	Variasi Campuran	Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari (kg/cm ²)	Penurunan Kekuatan (%)
1	Beton Normal	181,3	0
2	Beton Limbah Timah 60%	127,7	-29,56
3	Beton Limbah Timah 70%	105	-42,08
4	Beton Limbah Timah 80%	80,1	-55,82

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada



Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Grafik 4.5 Hasil Persentase Kekuatan Beton Pada umur 7 Hari

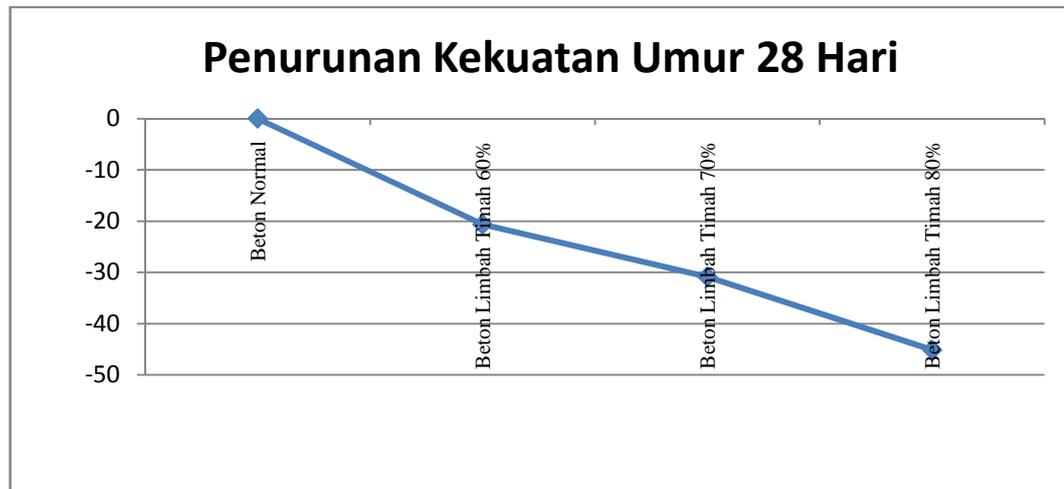
4.3.3. Penurunan Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Dari pengolahan data kuat tekan beton normal dan beton menggunakan limbah timah sebagai pengganti sebagian pasir galian persentase perbandingan kuat tekan pada umur 28 hari pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.14 Hasil Persentase Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari

No	Variasi Campuran	Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari (kg/cm ²)	Penurunan Kekuatan (%)
1	Beton Normal	274,3	0
2	Beton Limbah Timah 60%	217,6	-20,67
3	Beton Limbah Timah 70%	189,6	-30,88
4	Beton Limbah Timah 80%	150,4	-45,17

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada



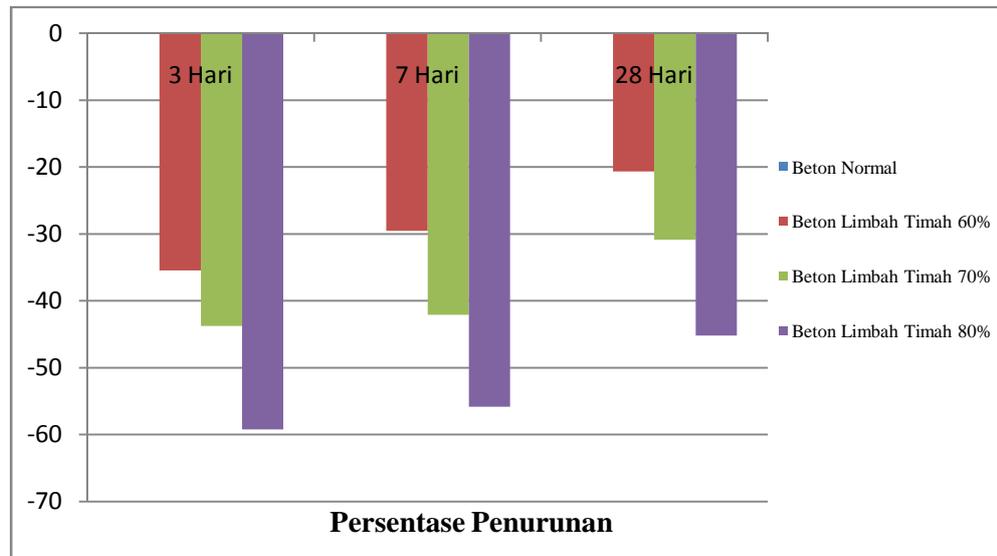
Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Grafik 4.6 Hasil Persentase Kekuatan Beton Pada umur 28 Hari

Tabel 4.15 Persentase Kekuatan Beton Pada Berbagai Umur

No	Variasi Campuran	Persentas Penurunan Kuat Tekan Beton (%)		
		Umur		
		3	7	28
1	Beton Normal	0	0	0
2	Beton Limbah Timah 60%	-35,47	-29,56	-20,67
3	Beton Limbah Timah 70%	-43,77	-42,08	-30,88
4	Beton Limbah Timah 80%	-59,20	-55,82	-45,17

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada



Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PT. Perkasa Adiguna Sembada

Grafik 4.7 Persentase Kekuatan Beton Pada Berbagai Umur

Berdasarkan grafik 4.7 peningkatan kekuatan pada berbagai umur dapat diketahui bahwa nilai persentasenya selalu meningkat, dimana peningkatan optimum terjadi pada umur 28 hari. Pada dasarnya peningkatan ini tidak seefisien dengan mutu kuat tekan beton yang ditargetkan. Karena, setiap penambahan persentase dari limbah timah lebih memperkecil nilai mutu kuat tekan beton.

Pada penelitian kali ini peneliti merencanakan beton dengan karakteristik K-250, pada umur 28 hari dengan hasil 274,3 Kg/Cm² pada beton normal, dan mendapatkan nilai minimum 150,4 Kg/Cm² pada umur 28 hari dengan persentase limbah timah 80% sebagai pengganti sebagian dari pasir galian. Penyebab dari penurunan penggunaan limbah timah sebagai agregat ini diakibatkan karena limbah timah tidak mengandung *silica*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka di peroleh kesimpulan, yaitu:

1. Pengaruh penggunaan beton menggunakan limbah timah ini menyebabkan kuat tekan beton lebih kecil daripada beton normal. Pengaruh ini dikarenakan limbah timah tidak mengandung senyawa kimia *silica*.
2. Nilai perbandingan yang didapatkan dari hasil pengujian kuat tekan beton normal pada umur 28 hari mendapatkan nilai 274,3 Kg/Cm². Pada penggantian limbah timah 60% pada umur 28 hari mendapatkan nilai kuat tekan beton sebesar 217,6 Kg/Cm², penggantian limbah timah 70% mendapatkan nilai kuat tekan beton 189,6 Kg/Cm² dan penggantian limbah timah sebanyak 80% mendapatkan nilai kuat tekan beton sebesar 150,4 Kg/Cm², jadi penggantian limbah timah 60%, 70%, dan 80% tidak dapat mencapai mutu kuat tekan beton normal.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diajukan saran sebagai berikut :

1. Penggunaan limbah timah sebagai pengganti pasir galian tidak dapat digunakan untuk struktur.
2. Pada penelitian ini tidak dapat dilanjutkan, karena limbah timah tidak mengandung senyawa *silica*.