

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Mulai tahap persiapan hingga tahap analisis, penelitian dilaksanakan berdasarkan sumber yang berkaitan dengan topik yang dipilih, yaitu penelitian tentang *slag* yang difungsikan menjadi pengganti agregat kasar pada beton.

Materi yang dibahas yaitu :

- Teori tentang beton
- Material pada beton
- Limbah padat (*slag*)
- Perencanaan pencampuran beton (*mix design*)
- Solidifikasi
- Penelitian sejenis yang pernah dilakukan.

2.2. Teori Tentang Beton

Beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen portland dan air tanpa tambahan zat aditif (PBI, 1971). Tetapi belakangan ini definisi dari beton sudah semakin luas, dimana beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai macam tipe semen, agregat dan juga bahan pozzolan, abu terbang, terak dapur tinggi, sulfur, serat dan lain-lain (Neville dan Brooks, 1987).

Nilai kekuatan tekan dari beton (SK SNI M-10-1991-03) diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) yang dibebani dengan gaya tekan sampai benda uji hancur.

Nilai kuat tarik beton sangat kecil, berkisar antara 10% - 15% dari nilai kuat tekannya. Sehingga untuk menambah kuat tarik beton dapat dilakukan dengan diberi tulangan yang mampu menahan gaya tarik.

2.2.1. Kuat Tekan Beton

Beton yang baik adalah jika beton tersebut memiliki kuat tekan tinggi. Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa mutu beton ditinjau hanya dari kuat tekannya saja (Tjokrodinuljo, 1996).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton, yaitu :

1. Faktor air semen (FAS) dan kepadatan

Fungsi dari faktor air semen yaitu :

- Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan
- Sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar lebih mudah dalam pencetakan beton.

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama didalam penentuan kekuatan beton (Chu Kia Wang dkk, 1986). Sehingga dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai faktor air semen minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pematatan, merupakan beton yang terbaik. (L.J. Murdock and K.M. Brooks, 1979)

2. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut. Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur dapat dilihat pada PBI 1971, halaman 34.

3. Jenis dan jumlah semen

Jenis semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton, sesuai dengan tujuan penggunaannya (lihat acuan SK SNI S-04-1989-F).

4. Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan

agregat tersebut. Pada agregat berukuran besar luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan dengan pasta semen menjadi berkurang. (Tjokrodinuljo,1996)

2.2.2. Kuat Tarik Beton

Kekuatan beton dalam tarik adalah juga sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak didalam struktur. Kekuatan tarik biasanya ditentukan dengan menggunakan percobaan pembebanan silinder (*the split cylinder*) menurut *ASTM C496* [37] dimana silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan tekan diletakkan pada sisinya diatas mesin uji dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter disepanjang benda uji. Benda uji akan terbelah dua pada saat dicapainya kekuatan tarik (Chu Kia Wang dkk, 1986).

2.2.3 Workabilitas

Workabilitas merupakan tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam pencampuran, pengangkutan, penuangan, dan pematatannya. Suatu adukan dapat dikatakan cukup *workable* jika memenuhi kriteria sebagai berikut :

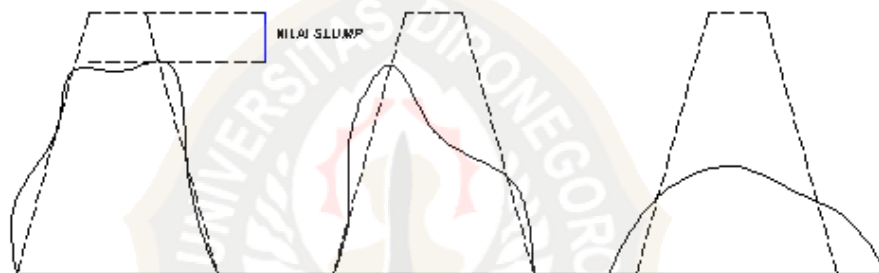
- a. *Plasticity*, artinya adukan beton harus cukup plastis (kondisi antara cair dan padat), sehingga dapat dikerjakan dengan mudah tanpa perlu usaha tambahan ataupun terjadi perubahan bentuk pada adukan.
- b. *Cohesiveness*, artinya adukan beton harus mempunyai gaya-gaya kohesi yang cukup sehingga adukan masih saling melekat selama proses pengerjaan beton.
- c. *Fluidity*, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk mengalir selama proses penuangan.
- d. *Mobility*, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk bergerak / berpindah tempat tanpa terjadi perubahan bentuk.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan

dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan.

Dalam praktek, ada tiga macam tipe *slump* yang terjadi yaitu :

- a. *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
- b. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir ke bawah pada bidang miring
- c. *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.



Gambar 2.1 Tipe-tipe keruntuhan *slump* (1) *slump* sebenarnya (2) *slump* geser (3) *slump* runtuh (Neville dan Brooks, 1987)

2.3. Material

Material penyusun pada beton dengan campuran limbah padat (*slag*) ini mempunyai karakteristik yang berbeda bila digunakan sebagai bahan adukan dalam beton. Maka perlu diketahui sifat dan karakteristik masing-masing material penyusun agar dalam pelaksanaan mencapai mutu yang diinginkan.

2.3.1 Semen Portland (PC)

Portland cement (PC) atau lebih dikenal dengan semen berfungsi membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut.

Sifat - sifat semen yaitu :

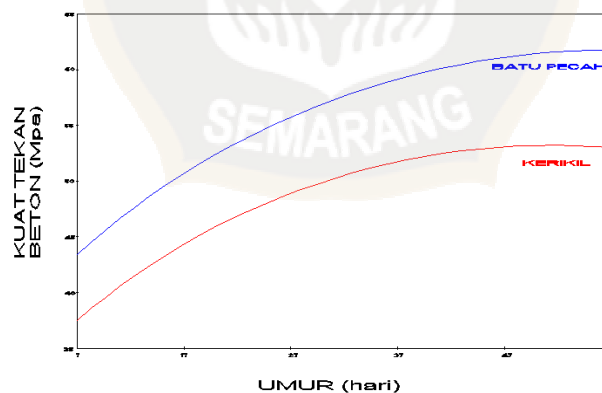
1. Sifat Kimia Semen (lihat acuan SK SNI S – 04 – 1989 – F, hal. 4)
2. Sifat Fisik Semen (lihat acuan SK SNI S – 04 – 1989 – F, hal. 6)

Sifat fisik Semen portland yaitu :

- a. Kehalusan butir
- b. Berat jenis dan berat isi
- c. Waktu pengerasan semen
- d. Kekekalan bentuk
- e. Kekuatan semen
- f. Pengerasan awal palsu
- g. Pengaruh suhu

2.3.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Pengaruh kekuatan agregat terhadap beton begitu besar, karena umumnya kekuatan agregat lebih besar dari kekuatan pasta semennya. Namun kekasaran permukaan agregat berpengaruh terhadap kekuatan beton, seperti tampak pada grafik 2.1.



Grafik 2.1 Pengaruh jenis agregat terhadap kuat tekan beton
(Tjokrodinuljo, 1996)

Agregat digolongkan menjadi 2 kelompok, yaitu:

- Agregat halus (lihat acuan PBI 1971, Bagian 2 Bab 3 Pasal 3.3)
- Agregat kasar (lihat acuan PBI 1971, Bagian 2 Bab 3 Pasal 3.4)

Pengujian agregat bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dari agregat itu sendiri. Terdiri atas beberapa pengujian diantaranya :

1. Berat Jenis Agregat
 - Agregat Kasar (lihat acuan SK-SNI-M-09-1989-F)
 - Agregat Halus (lihat acuan SK-SNI-M-10-1989-F)
2. Analisa Saringan Agregat (lihat acuan SK-SNI-M-08-1989-F)
3. Kadar Air Agregat (lihat acuan SK-SNI-M-11-1989-F)
4. Berat Isi Agregat (lihat acuan SK-SNI-M-13-1989-F)

Setelah dilakukan pengujian agregat, maka agregat tersebut kemudian dianalisa terhadap syarat-syarat yang telah ditentukan. (lihat acuan PBI 1971, Bagian 2 Bab 3 Pasal 3.3)

2.3.3. Air

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan. Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan PBI 1971, Bagian 2 Bab 3 Pasal 3.6.

2.4. Limbah Padat (*slag*)

Slag adalah limbah padat dari proses peleburan baja. *Slag* dihasilkan selama proses pemisahan cairan baja dari bahan pengotornya pada tungku-tungku baja.

Pada peleburan baja, bijih besi atau besi bekas dicairkan dengan kombinasi batu gamping, dolomite atau kapur. Pembuatan baja dimulai dengan penghilangan ion-ion pengotor baja, diantaranya aluminium, silikon, dan phosphor. Ion-ion tersebut dapat menyebabkan baja menjadi tidak keras dan rapuh atau sulit untuk dibentuk lembaran – lembaran baja . Untuk penghilangan ion pengotor tersebut diperlukan kalsium yang terdapat pada batu kapur. Campuran kalsium dan aluminium, silikon dan phosphor membentuk *slag*. *Slag* mengambang pada permukaan cairan baja, kemudian dibuang. *Slag* terbentuk pada suhu 1580 °C, berbentuk tidak beraturan dan mengeras ketika dingin. *Slag* juga mengandung logam berat yang tinggi. (Sumber : PT. Inti General Yaja Steel, Semarang).

2.4.1. Kegunaan Limbah Padat (*slag*)

Slag dapat digunakan sebagai material jalan sebagai pondasi, produksi semen, stabilisasi tanah, pertanian, media pengolahan air limbah, dan sebagainya. (Multiserve, 2005). Hal ini membuktikan bahwa *slag* dapat dimanfaatkan kembali dengan tetap memperhatikan lingkungan.

2.4.2. Keuntungan Penggunaan Limbah Padat (*slag*)

Ada beberapa keuntungan penggunaan *slag* dalam campuran beton adalah sebagai berikut (Lewis, 1982) :

- Mempertinggi kekuatan beton karena kecenderungan melambatnya kenaikan kekuatan tekan.
- Menaikkan ratio antara kelenturan dan kuat tekan beton.
- Mengurangi variasi kekuatan tekan beton.
- Mempertinggi ketahanan terhadap sulfat dalam air laut.
- Mengurangi serangan alkali-silika.
- Mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu.
- Memperbaiki penyelesaian akhir dan memberi warna cerah pada beton.
- Mempertinggi keawetan karena pengaruh perubahan volume.
- Mengurangi porositas dan serangan klorida.

2.4.3. Karakteristik Limbah Padat (*slag*)

Karakteristik dari Limbah Padat (*slag*) yaitu :

1. Karakteristik Fisik
Secara fisik *slag* lebih kaku dan keras dibandingkan agregat kasar alam. *Slag* mempunyai butiran partikel berpori pada permukaannya.
2. Karakteristik Kimia
Komposisi kimia limbah padat (*slag*) pada PT. Inti General Yaja Steel, Semarang dari hasil analisis pengujian Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri dan Perdagangan Semarang, dapat disesuaikan pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Komposisi kimia dari Limbah padat (*slag*)

NO	Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Metode uji
I	LOGAM BERAT			
1	Arsen (As)	mg/kg	< 0.118	Destruksi SM.3114 B
2	Barium (Ba)	mg/kg	<3.931	Destruksi SM.3111 D
3	Boron (B)	mg/kg	< 1.965	Destruksi SM.4500-BC
4	Cadmium (Cd)	mg/kg	< 0.118	Destruksi SM.3111 B
5	Chromium (Cr)	mg/kg	49.25	Destruksi SM.3111 B
6	Copper (Cu)	mg/kg	48.42	Destruksi SM.3111 B
7	Lead (Pb)	mg/kg	< 1.179	Destruksi SM.3111 B
8	Mercury (Hg)	mg/kg	< 0.393	Destruksi SM.3112 B
9	Selenium (Se)	mg/kg	< 0.118	Destruksi SM.3114 B
10	Silver (Ag)	mg/kg	< 1.179	Destruksi SM.3111 B
11	Zinc (Zn)	mg/kg	28.62	Destruksi SM.3111 B

Metode uji mengacu pada :- *Standard Methods For the Examination of water and waste, APHA, AWWA, WEF*

(Sumber : Data sekunder penelitian - Indah, 2006)

2.5. Perencanaan Campuran Beton (*mix design*)

Perencanaan campuran beton (*concrete mix design*) dimaksudkan untuk mendapatkan beton dengan mutu sebaik-baiknya yaitu kuat tekan yang tinggi dan mudah dikerjakan. Adapun untuk perencanaan campuran beton pada penelitian ini digunakan cara *DOE*.

2.5.1. *Mix design* Berdasarkan *DOE* (*Departement of Environment*)

Langkah-langkah dalam perhitungan perencanaan beton dengan metode *DOE* adalah sebagai berikut :

1. Penentuan Kuat Tekan Beton

Penentuan kuat tekan beton berdasarkan kekuatan beton pada umur 28 hari.

2. Penetapan Nilai Standar Deviasi (S)

Penentuan nilai standar deviasi berdasarkan 2 hal yaitu :

- Mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton.
- Volume pekerjaan

Nilai standar deviasi pada penelitian ini yaitu $S = 46$ (volume beton kurang dari 1000 m^3 dan mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton baik sekali), penetapannya sesuai dengan PBI 1971.

3. Penetapan Kuat Tekan Rata-Rata yang Direncanakan

Dengan menganggap nilai dari hasil pemeriksaan benda uji menyebar normal (mengikuti lengkung dari Gauss), maka kekuatan tekan beton karakteristik adalah :

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1.645 * S. \quad (2-1)$$

Kuat tekan beton rata-rata dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma'_{bm} = \sigma'_{bk} + 1.645 * S \quad (2-2)$$

Keterangan

σ'_{bm} = kuat tekan beton rata-rata (kg/cm^2)

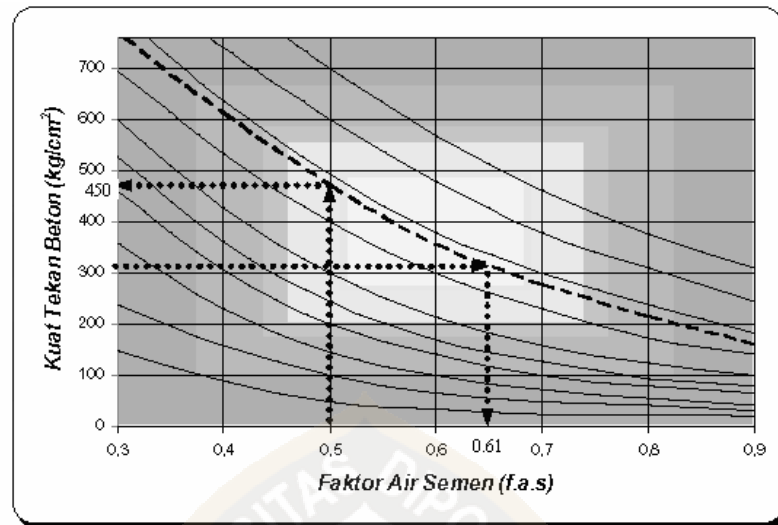
σ'_{bk} = kuat tekan beton yang direncanakan (kg/cm^2)

M = $1.645 * S$ = nilai tambah margin (kg/cm^2)

S = standar deviasi (kg/cm^2)

4. Mencari Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen dicari dengan grafik hubungan kuat tekan dengan faktor air semen, sesuai Teknologi Beton (Tri Mulyono, 2003).



Grafik 2.2. Hubungan kuat tekan beton dengan faktor air semen (FAS)

5. Penentuan Nilai *Slump*
Penentuan nilai slump berdasarkan pemakaian beton untuk jenis konstruksi tertentu sesuai PBI 1971.
6. Penentuan Nilai Kadar Air Bebas
Kadar air bebas ditentukan berdasarkan ukuran agregat, jenis batuan dan nilai slump sesuai PBI 1971.
7. Perhitungan Jumlah Semen yang Dibutuhkan
Kadar atau jumlah semen dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar semen} = \frac{\text{kadar air bebas}}{\text{fas}} \quad (2-3)$$

8. Penentuan Prosentase Jumlah Agregat Halus dan kasar
Proporsi agregat halus halus ditentukan dengan metode penggabungan agregat dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Y = \frac{xa}{100} * ya + \left[\frac{100 - xa}{1000} \right] * yb \quad (2-4)$$

Keterangan :

Y = perkiraan persentase kumulatif lolos # 9.6 dan # 0.6 menurut BS (*British standard*) – 882, persentase kumulatif lolos # 9.6 dan # 0.6 bisa menggunakan Spec – Ideal 135 – 882, dimana :

perkiraan persentase lolos ayakan # 9.6 = 50 %

perkiraan persentase lolos ayakan # 0.6 = 18.5 %

Yb = persentase kumulatif pasir lolos ayakan # 9.6 dan # 0.6

Ya = persentase kumulatif split lolos ayakan # 9.6 dan # 0.6

xa = konstanta yang dicari baik dari agregat halus

$$X \text{ rata-rata} = \frac{x_1 + x_2}{2} \rightarrow \text{persentase dari agregat halus}$$

Prosentase dari agregat kasar (Xb) = 100 % - Xa

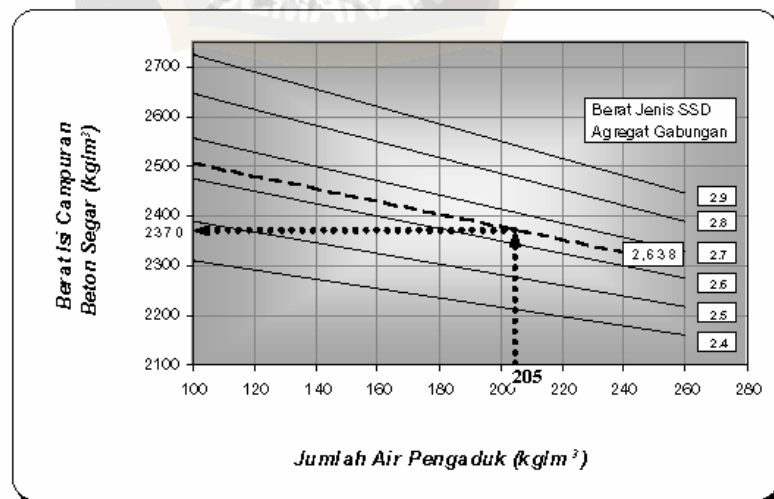
9. Penentuan Berat Jenis Gabungan

Berat jenis gabungan adalah gabungan dari berat jenis agregat halus dan agregat kasar dengan prosentase dari campuran agregat tersebut. Berat jenis gabungan dapat dihitung dengan rumus :

$$BJ_{gab} = \frac{xa}{100} * B_{jxa} + \frac{xb}{100} * B_{jxb} \quad (2-5)$$

10. Penentuan Berat Beton Segar

Berat beton segar dapat ditentukan dengan menggunakan grafik (sesuai Teknologi Beton, Trimulyono, 2003) berdasarkan data berat jenis gabungan dan kebutuhan air pengaduk untuk setiap meter kubik.



Grafik 2.3 Hubungan antara berat isi campuran beton, jumlah air pengaduk, dan berat jenis SSD agregat gabungan

2.6. Solidifikasi

Solidifikasi adalah salah satu metode pengolahan limbah B3 untuk mengurangi potensi racun dan kandungan limbah B3, dalam hal ini adalah *slag*, melalui upaya memperkecil daya larut, penyebaran dan daya racunnya (immobilisasi unsur yang bersifat racun) sebelum limbah B3 tersebut dibuang ke tempat penimbunan akhir (*landfill*). (Anonim, 1995)

Bahan – bahan yang digunakan untuk proses solidifikasi antara lain :

1. Bahan pencampur : gipsum, pasir, lempung, abu terbang.
2. Bahan perekat/pengikat : semen, kapur, tanah liat, dll.

Dalam penelitian ini dilakukan metode solidifikasi dengan bahan perekat semen (sementasi). Setelah dilakukan solidifikasi, selanjutnya terhadap hasil olahan tersebut dilakukan uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) yaitu uji lindi. Uji lindi ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam yang masih terlepas di lingkungan apabila beton yang mengandung *slag* tersebut kontak dengan cuaca. Dari uji lindi tersebut didapat data konsentrasi logam yang masih terlepas di lingkungan dan laju perlinindiannya.

2.7. Penelitian Sejenis yang Pernah Dilakukan

Beberapa penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebagai referensi tambahan yaitu :

1. Studi Eksperimentasi (*respon*) Subtitusi Pasir dengan *Bottom Ash* pada Beton Konvensional, (M Hadyan dkk, 2005).

- Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggantian pasir dengan *bottom ash* terhadap perubahan perilaku beton konvensional dan untuk mengetahui variasi optimum campuran pasir dengan *bottom ash* pada beton serta dampaknya terhadap lingkungan serta variasi campuran optimum pasir dengan *bottom ash* dalam beton.
- Variasi kadar *bottom ash* pengganti pasir dalam beton yang digunakan ialah 0% ; 25% ; 50% ; 75% ; 100%
- Penelitian ini menggunakan benda uji kubus (15x15x15 cm) sejumlah 20 sampel setiap variasi dengan mutu beton K – 300.

- Dari hasil penelitian tersebut didapat kesimpulan bahwa kuat tekan beton pada kadar *bottom ash* 25 % merupakan nilai optimum dan menghasilkan kuat tekan tertinggi 35,542 MPa (terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 2,81% dari beton normal). Berat beton pada kadar optimum lebih ringan yaitu 8297 gr dibanding beton normal, 8465,5 gr dan harga beton per m³ lebih murah dibanding beton normal. Sedangkan ditinjau segi dampak penggunaan *bottom ash* pada beton terhadap lingkungan, kadar *bottom ash* 25% memiliki laju perlindian lebih kecil dibanding kadar *bottom ash* 50% dan 75%.

2. Studi Pemanfaatan Lumpur Limbah Cair B-3 yang Mengandung Pb dan Cr dari Industri percetakan sebagai Bahan Baku Tambahan Pembuatan *Paving Block*, (Nita Anggraeni, 2004)

- Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan komposisi optimum lumpur limbah cair B-3 sebagai bahan tambahan pembuatan *paving block*, serta untuk mengetahui proses pengikatan dan karakteristiknya.
- Variasi kadar lumpur limbah cair B-3 yang digunakan ialah 10% ; 15% ; 20% ; 25% ; 30% ; 35% ; 40%
- Penelitian ini menggunakan benda uji balok persegi (20x10x5 cm) dengan komposisi campuran pasir : semen, 1 : 3
- Dari hasil penelitian tersebut didapat kesimpulan yaitu Kadar lumpur limbah cair B-3 yang dapat dimanfaatkan yaitu antara 10% - 30%. Kadar lumpur limbah cair B-3 yang mempunyai perlakuan paling baik terdapat pada kadar 10% dengan kuat tekan 229,375 kg/cm² dan daya serap 11,334%. Harga *paving block* Rp. 569,- lebih murah dibanding harga *paving block* sesuai sesuai daftar harga bahan bangunan Semarang November-Desember 2003 yaitu Rp. 800,- Konsentrasi logam berat Pb dan Cr hasil perendaman masih di bawah baku mutu Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor: KEP-04/BAPEDAL/09/1995 tentang Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun kadar maksimum Cr total dan Pb yang diperbolehkan terhadap lingkungan (air tanah dan air

permukaan) masing-masing sebesar 0,5 ppm dan 0,1 ppm. Laju perlintian paving block pada akhirnya memenuhi batas IAEA (*International Atomic Energy Agency*) yaitu sebesar 10^{-3} gr/cm².

3. Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Batu Bara (*Fly Ash*) sebagai agregat Buatan pada Beton Ringan (Ria Masruri N dkk, 2003)

- Tujuan dari penelitian ini yaitu :
 - a. Memanfaatkan *fly ash* semaksimal mungkin menjadi bahan utama pembentuk beton.
 - b. Mereduksi berat beton dengan agregat batu pecah dan *fly ash*.
 - c. Membandingkan kekuatan beton normal dan beton ringan dengan penambahan *fly ash*.
- Variasi kuat tekan rencana yaitu $f'c$ 25 MPa, 35 MPa, 45 MPa
- Penelitian ini menggunakan benda uji silinder
- Dari hasil penelitian tersebut didapat kesimpulan yaitu :
 - a. *Fly ash* dapat dimanfaatkan terutama untuk beton mutu rendah.
 - b. Berat jenis material *fly ash* 1,63 sedangkan material normal 2,74
 - c. Mereduksi limbah secara signifikan karena limbah dapat di manfaatkan
 - d. Pemakaian yang efektif dengan kadar *fly ash* 31,5% dengan $f'c$ 4,7 MPa untuk keperluan bangunan non struktural

4. Penelitian Pengaruh Limbah Tinta PT. Gramedia terhadap Kuat Tekan Beton Konvensional (Febran dkk, 2005)

- Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh penambahan lumpur kering limbah tinta PT. GRAMEDIA ke dalam campuran beton.
- Variasi kadar lumpur 0% ; 2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10%
- Penelitian ini menggunakan benda uji kubus (15x15x15 cm) sebanyak 20 sampel dengan mutu $f'c$ 22,5 MPa
- Dari hasil penelitian tersebut didapat kesimpulan yaitu :
 - a. Kuat tekan beton akan menurun sebagai fungsi penambahan limbah.

- b. Karena berat jenis limbah relatif lebih kecil dari berat jenis pasir, maka penggantian pasir dengan limbah akan menurunkan berat jenis beton.
- c. Dengan properti bahan dan limbah yang tetap, maka penambahan limbah ke dalam campuran beton akan menurunkan tingkat workabilitas beton.
- d. Pemanfaatan limbah memberikan kontribusi positif terhadap harga, yaitu akan menurunkan biaya produksi.

