

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH LIMBAH NIKEL (SLAG) SEBAGAI  
BAHAN PENGGANTI AGREGAT KASAR  
TERHADAP MUTU BETON**



**Disusun Oleh :**

**Nama : OSKAR PATRIAWAN R.**

**No. Mhs : 95310181**

**Nama : FAISAL HAFID**

**No. Mhs : 95310221**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**2003**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH LIMBAH NIKEL (SLAG) SEBAGAI  
BAHAN PENGGANTI AGREGAT KASAR  
TERHADAP MUTU BETON**

Diajukan kepada UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
Derajat Sarjana Teknik Sipil

**Disusun Oleh :**

**OSKAR PATRIAWAN R**      No. Mhs. : 95 310 181  
**FAISAL HAFID**            No. Mhs. : 95 310 221

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Ir. H. Ilman Noor, MSCE.**  
Dosen Pembimbing I

Tanggal :

  
26-07-03

**Ir. H. Kasam, MT.**  
Dosen Pembimbing II

Tanggal :

  
25-9-03

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang hanya atas limpahan hidayah dan petunjuk-Nyalah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang merupakan tugas akhir sekaligus sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana (Strata 1) pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Meningkatnya perkembangan pembangunan dewasa ini khususnya di bidang konstruksi menuntut adanya terobosan-terobosan baru dalam bidang konstruksi bangunan. Hal inilah yang mendorong dilakukannya penelitian-penelitian guna menemukan ide-ide baru. Salah satunya adalah memanfaatkan *slag*, yang nota bene merupakan limbah atau sampah dari tambang nikel yang banyak terdapat di wilayah propinsi Sulawesi Tenggara, Kabupaten Kolaka, Kecamatan Pomalaa.

Limbah nikel merupakan sejenis batuan hasil pembuangan dari pembakaran Ferronikel yang berwarna kelabu perak serta memiliki sifat-sifat menyerupai batu. Menurut hasil penelitian Jimmy dan Luis (2000), bahwa salah satu kelebihan dari penggunaan limbah nikel yaitu meningkatnya nilai stabilitas untuk campuran. Penelitian ini mendorong penulis untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang limbah nikel (*slag*) sebagai bahan pengganti agregat kasar pada penentuan mutu beton.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, motivasi, dan dukungan banyak pihak. Karenanya dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah mendukung selesainya skripsi ini, antara lain :

1. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
2. Ir H. Munadhir, MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
3. Ir. H. Ilman Noor, MSCE. selaku dosen pembimbing I
4. Ir. H. Kasam, MT selaku dosen pembimbing II
5. Ir. H. Suharyatno, MT. selaku dosen tamu
6. Seluruh civitas akademik, dilingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
7. Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
8. PT. Aneka Tambang Nikel, Pomalaa, Sulawesi Tenggara
9. Bapak dan Ibu serta saudara-saudaraku, atas doa dan dukungannya
10. Wahyuti, untuk segala motivasi dan bantuannya
11. Farida Rahmi, ST. teman-teman Sipil '95 D, BL Sadewa 15A, Husin, Hendra, Faturi, Oni, Bygoes, Ade, Dul, dan rombongan Badminton
12. Teman-teman serta semua pihak yang telah membantu kami dalam tugas akhir ini.

Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya dalam bidang konstruksi bangunan, dan penelitian-penelitian selanjutnya yang relevan, serta bagi pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Wassalamu alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, Agustus 2003

Penulis

**“HIDUP ADALAH PERJUANGAN DAN  
BERJUANGLAH UNTUK HIDUP”**

MOTTO :

## DAFTAR ISI

### HALAMAN

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAKSI</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II     TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Penelitian Jimmy dan Luis (2000) .....	5
2.2 Penelitian Suroto dan Sunarto (1996) .....	6
<b>BAB III    LANDASAN TEORI</b> .....	<b>7</b>
3.1 Umum .....	7
3.2 Material Penyusun Beton .....	8

3.2.1 Semen Portland .....	8
3.2.2 Agregat Halus .....	10
3.2.3 Agregat Kasar .....	11
3.2.4 Air .....	12
3.2.5 Limbah Nikel .....	12
3.2.6 Slump .....	13
3.3 Perencanaan Campuran Beton .....	14
3.4 Kuat Desak Beton .....	18
3.5 Kuat Tarik Beton .....	19
3.6 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kualitas dan Kekuatan Beton .....	20
3.6.1 Bahan Susun .....	20
3.6.2 Umur Beton .....	22
3.6.3 Faktor Air Semen .....	23
3.6.4 Pemadatan Beton .....	23
3.6.5 Perawatan Beton .....	24
3.6.6 Kandungan Silikat Dalam Bahan Penyusun .....	25
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Pendahuluan .....	27
4.2 Obyek Penelitian .....	27
4.3 Subyek Penelitian .....	27
4.4 Bahan-bahan Atau Material Untuk Campuran Beton .....	28
4.5 Tahapan Penelitian .....	28

4.5.1 Tahap Persiapan .....	30
4.5.2 Tahap Uji Bahan Dasar .....	31
4.5.3 Tahap Pembuatan Benda Uji .....	34
4.5.4 Tahap Perawatan Benda Uji .....	40
4.5.5 Tahap Uji Kuat Desak dan Kuat Tarik .....	40
4.5.6 Analisis Data .....	42
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
5.1 Hasil Penelitian .....	44
5.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus dan Agregat Kasar.....	44
5.1.2 Nilai Slump .....	47
5.1.3 Kuat Desak.....	47
5.1.4 Kuat Tarik.....	48
5.2 Pembahasan .....	53
5.2.1 Kuat Desak Beton .....	53
5.2.2 Kuat Tarik Beton .....	55
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>57</b>
6.1 Kesimpulan .....	57
6.2 Saran .....	58

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Nilai Deviasi Standar ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) .....	14
Tabel 3.2.	Hubungan Faktor Air Semen Dengan Kuat Desak Beton Silinder Pada Umur 28 Hari .....	15
Tabel 3.3.	Faktor Air Semen Maksimum .....	15
Tabel 3.4.	Nilai Slump (cm) .....	16
Tabel 3.5.	Perkiraan Kebutuhan Air Berdasarkan Nilai Slump .....	16
Tabel 3.6.	Perkiraan Kebutuhan Agregat Kasar Per Meter Kubik Beton, Berdasarkan Ukuran Maks Agregat dan Mhb Pasir ( $\text{m}^3$ ) .....	17
Tabel 5.1.	Data Pemeriksaan Mhb Pasir .....	44
Tabel 5.2.	Data Pemeriksaan Berat Volume Pasir .....	45
Tabel 5.3.	Data Pemeriksaan Berat Volume Batu Pecah .....	45
Tabel 5.4.	Data Pemeriksaan Berat Volume <i>Slag</i> .....	45
Tabel 5.5.	Data Pemeriksaan Berat Jenis Pasir .....	46
Tabel 5.6.	Data Pemeriksaan Berat Jenis Batu Pecah .....	46
Tabel 5.7.	Data Pemeriksaan Berat Jenis <i>slag</i> .....	46
Tabel 5.8.	Data Pemeriksaan Nilai <i>Slump</i> .....	47
Tabel 5.9.	Analisis Pengujian Kuat Desak Pada Umur 28 hari .....	47
Tabel 5.10.	Analisis Pengujian Kuat Tarik Pada Umur 28 hari .....	48

Tabel 5.11.	Kuat Desak dan Kuat Tarik Rata-rata ( $f_{cr}$ ) Silinder Beton Dengan Agregat Kasar <i>Slag</i> Umur 28 Hari .....	49
Tabel 5.12.	Kuat Desak Karakteristik ( $f_c$ ) Silinder Beton Dengan Agregat Kasar <i>Slag</i> Umur 28 Hari .....	49
Tabel 5.13.	Hubungan Kuat Desak dan Kuat Tarik Beton .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1.	Kuat Tekan Beton Untuk Berbagai Jenis Semen .....	20
Gambar 3.2.	Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Silinder Beton .....	23
Gambar 5.1.	Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan <i>Slag</i> Dengan Kuat Desak Beton Rata-rata ( $f'_{cr}$ ) .....	44
Gambar 5.2.	Grafik Hubungan Antara Variasi <i>Slag</i> Dengan Persentase Kuat Desak Beton Rata-rata ( $f'_{cr}$ ) .....	44
Gambar 5.3.	Grafik Hubungan Antara Variasi <i>Slag</i> Dengan Kuat Tarik Beton Rata-rata ( $f'_{ct}$ ) .....	45
Gambar 5.4.	Grafik Hubungan Antara Variasi <i>Slag</i> Dengan Persentase Kuat Tarik Beton Rata-rata ( $f'_{ct}$ ) .....	45
Gambar 5.5.	Grafik Hubungan Antara Variasi <i>Slag</i> Dengan Kuat Desak Beton Karakteristik ( $f'_c$ ) .....	46
Gambar 5.6.	Grafik Hubungan Antara Variasi <i>Slag</i> Dengan Persentase Kuat Desak Beton Karakteristik ( $f'_c$ ) .....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Laporan Analisa Unsur <i>Slag</i> Peleburan I/II
Lampiran 2	Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test)
Lampiran 3	Tabel Hasil Uji Kuat Desak Silinder Beton Umur 28 Hari Dengan Variasi 0% <i>Slag</i>
Lampiran 4	Tabel Hasil Uji Kuat Desak Silinder Beton Umur 28 Hari Dengan Variasi 25% <i>Slag</i>
Lampiran 5	Tabel Hasil Uji Kuat Desak Silinder Beton Umur 28 Hari Dengan Variasi 50% <i>Slag</i>
Lampiran 6	Tabel Hasil Uji Kuat Desak Silinder Beton Umur 28 Hari Dengan Variasi 75% <i>Slag</i>
Lampiran 7	Tabel Hasil Uji Kuat Desak Silinder Beton Umur 28 Hari Dengan Variasi 100% <i>Slag</i>
Lampiran 8	Tabel Hasil Uji Kuat Tarik Silinder Beton Umur 28 Hari
Lampiran 9	Data Pemeriksaan Modulus Halus Butir Pasir
Lampiran 10	Data Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus ‘SSD’
Lampiran 11	Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
Lampiran 12	Data Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar ‘SSD’
Lampiran 13	Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
Lampiran 14	Data Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar <i>Slag</i> “SSD”
Lampiran 15	Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar <i>Slag</i>

- Lampiran 16      Gambar Mesin Ayakan dan Gambar Pengujian Kuat Desak  
Silinder Beton
- Lampiran 17      Gambar Pengujian Kuat Tarik Silinder Beton dan Gambar  
Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder Beton
- Lampiran 18      Gambar Hasil Pengujian Kuat Tarik Silinder Beton dan  
Gambar Adukan Campuran Beton
- Lampiran 19      Gambar Benda Uji Silinder Beton dan Gambar Bak  
Perawatan Beton

## ABSTRAKSI

Perkembangan pembangunan secara langsung menuntut perkembangan dibidang konstruksi, disektor pertambangan, meningkatnya produksi hasil tambang, dimana pertambangan tersebut menghasilkan limbah yang merugikan. P.T Aneka Tambang Nikel, Pomalaa, Sulawesi Tenggara membuang limbah nikel setiap hari. Limbah tersebut dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar pada beton. Limbah nikel (*slag*) merupakan sejenis batuan hasil pembuangan dari pembakaran ferronikel, berwarna kelabu perak dan memiliki sifat-sifat menyerupai batu dan unsur silikat serta kapur yang terkandung didalamnya cukup tinggi. Kombinasi dari sifat-sifat inilah yang mendorong untuk diadakannya penelitian pemanfaatan limbah nikel (*slag*) sebagai pengganti agregat kasar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui layak atau tidak penggunaan limbah nikel (*slag*) sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton.

Penelitian ini meninjau penggunaan limbah nikel dari PT. Aneka Tambang Tbk., Pomalaa, Kolaka, Sulawesi Tenggara sebagai pengganti agregat kasar dalam adukan beton. Dalam pelaksanaannya digunakan benda uji silinder besi berukuran 30 cm dan diameter 15 cm dengan membuat sampel 5 buah variasi yaitu : 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat agregat kasar batu pecah, yang masing-masing variasi menggunakan benda uji sebanyak 18 buah (15 buah untuk uji desak dan 3 buah untuk uji belah) pada umur beton 28 hari. Penelitian limbah nikel (*slag*) sebagai pengganti agregat kasar lebih menekankan pada uji kuat desak dan kuat tarik silinder beton dan seberapa besar persentase kekuatan beton seiring dengan penambahan persentase limbah nikel (*slag*).

Dari hasil penelitian Limbah nikel (*slag*) sebagai pengganti agregat kasar menunjukkan bahwa kuat desak beton dengan menggunakan agregat kasar limbah nikel (*slag*) cenderung meningkat dibandingkan beton dengan menggunakan agregat kasar batu pecah, peningkatan terjadi seiring penambahan persentase limbah nikel (*slag*). Kuat desak optimal diperoleh pada variasi limbah nikel (*slag*) 100%, sebesar 12,95% yaitu dari 43,090 Mpa tanpa *slag*, menjadi 48,6711 Mpa. Untuk uji belah mengalami peningkatan kuat tarik optimal pada variasi 100% *slag* sebesar 12,23% yaitu dari 3,557 Mpa tanpa *slag*, menjadi 3,992 Mpa

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Meningkatnya perkembangan pembangunan di beberapa bidang dewasa ini, secara langsung menuntut perkembangan dibidang konstruksi. Tuntutan yang begitu mendesak mendorong dilakukannya penelitian-penelitian guna menemukan ide-ide baru dan terobosan-terobosan dalam bidang konstruksi bangunan yang sudah sangat dirasakan kebutuhannya.

Pertumbuhan penduduk yang sangat pesat, menuntut masyarakat untuk lebih keras bekerja guna memenuhi kebutuhannya dalam segala bidang. Disektor pertambangan, meningkatnya produksi hasil tambang, dimana pertambangan tersebut menghasilkan limbah yang merugikan. Berdasarkan pada pemikiran tersebut, maka perlu adanya suatu cara untuk pemanfaatan limbah tersebut.

Wilayah propinsi Sulawesi Tenggara, kabupaten Kolaka, tepatnya di kecamatan Pomalaa mempunyai tambang nikel yang hasil limbahnya berupa *slag*, berdasarkan hasil penelitian Jimmy dan Luis (2000) "Pengaruh Penggunaan Limbah Nikel sebagai Agregat Kasar (F1) terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran HRS B" ternyata penggunaan limbah nikel dapat digunakan dan memiliki beberapa kelebihan yaitu meningkatnya nilai stabilitas untuk campuran,

dari hasil penelitian tersebut maka dilakukan penelitian tentang limbah nikel (*slag*) sebagai bahan pengganti agregat kasar pada penentuan mutu beton.

Limbah Nikel merupakan sejenis batuan hasil pembuangan dari pembakaran Ferronikel berwarna kelabu perak dan memiliki sifat-sifat menyerupai batu. Kombinasi dari sifat-sifat inilah yang mendorong untuk diadakan penelitian. Penelitian laboratorium akan dilakukan untuk mengetahui apakah limbah nikel tersebut layak digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar pada mutu beton.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini limbah nikel (*slag*) sebagai bahan pengganti agregat kasar pada adukan beton dengan berbagai variasi jumlah kandungan *slag*. Dengan mempertimbangkan pemakaian limbah nikel (*slag*) pada beton, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Pengaruh penambahan limbah nikel (*slag*) sebagai pengganti agregat kasar terhadap mutu beton.
2. Kelayakan limbah nikel (*slag*) sebagai bahan pengganti agregat kasar.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan diadakan penelitian limbah nikel (*slag*) sebagai pengganti agregat kasar untuk campuran beton dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Menentukan persentase limbah nikel ( *slag* ) pada campuran beton yang menghasilkan mutu beton maksimum.
2. Menentukan layak atau tidak penggunaan limbah nikel ( *slag* ) sebagai bahan pengganti agregat kasar pada campuran beton.
3. Menentukan apakah limbah nikel yang cukup tinggi kandungan silikatnya dapat menghasilkan mutu beton yang tinggi

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian penggunaan limbah nikel (*slag*) sebagai bahan pengganti agregat kasar adalah :

1. Memberikan alternatif pemakaian bahan material lain sebagai bahan campuran beton.
2. Sebagai bahan masukan kepada masyarakat tentang keunggulan dan kekurangan limbah nikel ini.
3. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan jasa konstruksi.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Kompleknya permasalahan dalam penelitian ini, maka lingkup penelitian perlu dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Disain campuran beton menggunakan metode ACI
2. Mutu beton rencana  $f_c' = 30$  Mpa.

3. Semen yang digunakan adalah semen portland type I merk Semen Gresik.
4. Campuran adukan beton terdiri dari semen portland, pasir, kerikil, dan air, serta limbah nikel ( *slag* ) sebagai bahan pengganti agregat kasar dengan beberapa variasi.
5. Dimensi benda uji silinder berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.
6. Jumlah benda uji sebanyak 90 buah ( kuat desak beton 15 benda uji untuk masing-masing variasi penambahan *slag* dan kuat tarik beton 3 benda uji untuk masing-masing variasi penambahan *slag* ).
7. Komposisi limbah nikel ( *slag* ) : 0%; 25%; 50%; 75%; 100%, dari berat agregat kasar.
8. Diameter agregat halus/pasir maksimal 4,8 mm, diameter batu pecah dan *slag* maksimal 20 mm.
9. Pengujian kuat desak dan kuat tarik beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
10. Penelitian ini membahas pada parameter utama kuat desak dan kuat tarik beton dengan variasi limbah nikel ( *slag* ).
11. Penelitian ini merupakan kegiatan penelitian pada skala laboratorium.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Jimmy dan Luis (2000)

“Pengaruh Penggunaan Limbah Nikel sebagai Agregat Kasar (F1) terhadap karakteristik *marshall* Pada Campuran HRS B”. Penelitian yang dilakukan dengan tujuan mengevaluasi penggunaan limbah nikel sebagai pengganti agregat kasar pada *Hot Rolled Sheet* terhadap karakteristik campuran, yang ditinjau dari nilai-nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), kepadatan/kerapatan (*density*), VITM, VFWA, dan *Marshall Quotient*. Hasilnya dibandingkan dengan campuran HRS yang memakai agregat kasar dari batu pecah. Agregat kasar pengganti digunakan limbah nikel dari Sulawesi Tenggara. Aspal AC 60-70 dari PT. Perwita Karya Jogjakarta. Variasi kadar aspal 6%,6,5%,7%,7,5%,8%,8,5%. Benda uji yang telah dibuat kemudian dites dengan alat *Marshall* untuk mengetahui nilai stabilitas dan *flow*nya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai-nilai kelelahan (*flow*), kepadatan (*density*), VITM, dan *Marshall Quotient* untuk campuran yang menggunakan agregat kasar limbah nikel relatif nilainya hampir sama dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat kasar batu pecah. Sebaliknya nilai stabilitas untuk campuran yang menggunakan nikel, lebih tinggi

dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat kasar batu pecah, sehingga limbah nikel dapat menjadi alternatif pengganti agregat kasar.

## 2.2 Penelitian Suroto dan Sunarto (1996)

“Penggunaan Limbah Kerak Tanur Tinggi Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Beton”. Penelitian ini meninjau penggunaan limbah kerak tanur tinggi (*slag*) dari PT. Krakatau Steel, Cilegon, Jawa Barat terhadap adukan beton dengan perbandingan volume 1 : 2 : 3 dan 1 : 1,5 : 2,5 pada umur 7 hari, serta membandingkan berat jenis dan kuat tekan dengan membandingkan terhadap beton dengan agregat kasar berupa *split*.

Hasil penelitian diperoleh kuat tekan beton rata-rata dengan agregat kasar kerak tanur tinggi (*slag*) mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat kasar *split*.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Umum**

Beton sangat berperan dalam jasa konstruksi, karena kemudahan dalam pekerjaan dan keekonomisannya dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya. Beton sebagai bahan bangunan yang diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, dan agregat pada perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah. Reaksi yang terjadi antara air dan semen akan membentuk pasta berfungsi untuk mengikat agregat.

Berbagai usaha dilakukan untuk meningkatkan kemampuan atau mutu beton, antara lain yaitu mencari bahan pengganti yang lebih ekonomis tetapi memiliki kemampuan atau mutu yang baik. Sisa-sisa batuan tambang yang diambil dari tungku pembakaran adalah agregat buatan yang banyak digunakan. Sisa-sisa batuan tambang dihasilkan dari tungku pembakaran besi yang mengandung silikat dan alumino-silikat. Sisa-sisa batuan tambang ini kekerasannya bervariasi, dan yang berbentuk debu, dan mudah lepas akibat terlalu banyak besi feronya sebaiknya dihindari pemakaiannya. ( **Murdock, L. J. dan Brook, K. M., 1986** ). Limbah nikel (slag) merupakan batuan hasil pembakaran ferronikel dan memenuhi syarat untuk pengganti agregat kasar, karena memiliki kandungan besi fero yang kecil.

## 3.2 Material Penyusun Beton

### 3.2.1 Semen Portland

Semen Portland adalah bahan hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang mengandung kapur, silika dan alumina. Semen portland dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550 °C dan menjadi klinker (Kardiono, 1992).

Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari batu kapur, silika (SiO<sub>2</sub>) dari lempung dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dari lempung. (E. G. Nawy, 1990).

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan beton karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan agregat kasar dan agregat halus menjadi satu kesatuan yang kompak dan padat, karena semen juga mengisi rongga antara agregat. Reaksi antara semen dan air akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai pengikat, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Reaksi kimia antara semen portland dengan air menghasilkan senyawa kimia yang disertai pelepasan panas. Pelepasan panas ini akan berpengaruh pada kondisi beton, kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan ketika beton mengeras dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi kimia semen dengan air dibedakan menjadi dua, yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Periode pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis ke keadaan pengerasan, sedangkan periode pengerasan merupakan periode penambahan kekuatan setelah proses pengikatan selesai.

Reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air yang ditimbulkan akibat pencampuran semen dengan air menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Menurut **Murdock, (1986)**, ada 4 (empat) oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa kimia yaitu :

1. Trikalsium Silikat ( $C_3S$ ) atau  $3CaO \cdot SiO_2$

Merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen. Bila semen terkena air, unsur ini akan segera terhidrasi dan menghasilkan panas serta berpengaruh besar terhadap pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari.

2. Dikalsium Silikat ( $C_2S$ ) atau  $2CaO \cdot SiO_2$

Pada penambahan air reaksi lebih lambat daripada  $C_3S$ , sehingga berpengaruh pada pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari dan memberikan kekuatan akhir serta membuat semen tahan terhadap serangan kimia, juga mengurangi besar susut pengeringan.

3. Trikalsium Aluminat ( $C_3Al$ ) atau  $3CaO \cdot Al_2O_3$

Dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam tetapi kekuatannya sangat rendah.

4. Tetrakalsium Aluminat ( $C_4Al$ ) atau  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

Kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau kekuatan beton, warna abu-abu pada semen disebabkan oleh senyawa ini.

### **Jenis-jenis Semen**

Menurut PUBLI – 1982 semen portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak menggunakan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.

Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.

Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

### **3.2.2 Agregat Halus**

Agregat halus adalah butiran mineral alami yang mempunyai ukuran butir-butir kecil kurang dari 4,80 mm dan berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Secara umum agregat halus disebut pasir, baik pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pecahan batu.

Pasir alam terbentuk dari pecahan batu dan dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai, atau dari tepi laut. Oleh karena itu agregat halus (pasir) dapat digolongkan menjadi tiga macam. (Kardiyono, 1992). :

- a. Pasir galian, pasir golongan ini didapat langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam, tetapi harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci.
- b. Pasir sungai, pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir-butir agak kurang karena butir yang bulat.
- c. Pasir laut, pasir ini diambil langsung dari pantai, yang memiliki butir-butir halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman.

### 3.2.3 Agregat Kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi  $\frac{1}{4}$  in.(6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Jenis agregat kasar yang umum adalah (Edward G. Nawy, 1990) :

1. Batu pecah alami, didapat dari batu cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini didapat dari gunung berapi, jenis sedimentasi atau jenis metamorf.
2. Kerikil alami, terjadi oleh proses alami, yaitu terjadi oleh pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air yang mengalir. Kerikil mempunyai kekuatan lekat lebih rendah dari batu pecah.
3. Agregat kasar buatan, biasanya merupakan hasil dari proses buatan seperti yang dihasilkan oleh alat pemecah batu (*stone crusher*).

4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat, agregat jenis ini misalnya baja pecah.

#### **3.2.4 Air**

Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk reaksi kimia dengan semen membentuk pasta semen yang berpengaruh pada sifat yang dikerjakan adukan beton, kekuatan, kemudahan dalam pengecoran, susut, dan keawetannya.

Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 30% terhadap berat semennya. Dalam prakteknya nilai  $w/c$  yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air tersebut dapat digunakan sebagai pelumas, tetapi kelebihan air yang terlalu banyak akan berakibat kekuatan beton rendah, beton keropos dan akan terjadi bleeding, kemudian menjadi buih dan terbentuk lapisan tipis yang akan mengurangi lekatan antara lapisan beton dan merupakan bidang sambung yang lemah.

#### **3.2.5 Limbah Nikel (*slag*)**

Bahan pengganti agregat kasar, yang cukup baik dan tersedia karena merupakan sisa-sisa hasil pembakaran ferronikel. Limbah nikel ini berwarna kelabu perak dan memiliki sifat-sifat fisik menyerupai batu. Dari hasil laporan analisa unsur slag peleburan I/II limbah nikel (*slag*) ini memiliki kandungan kimia antara lain :

1.  $\text{SiO}_2$

Kandungan senyawa ini merupakan yang terbanyak dalam *slag*, sehingga dengan silika yang tinggi diharapkan dapat meningkatkan mutu beton.

2.  $\text{CaO}$

Kapur merupakan salah satu bahan pembentuk semen, sehingga apabila disatukan dengan agregat halus dan agregat kasar akan membentuk masa yang kompak dalam arti menjadi satu dan padat.

3.  $\text{Al}_2\text{O}_3$

Alumina juga merupakan salah satu pembentuk semen, sehingga dengan adanya tiga unsur senyawa ini diharapkan akan membentuk satu kesatuan beton yang kuat setelah dicampur dengan unsur-unsur pembentuk beton, yaitu semen, air, pasir, dan agregat.

4.  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{BC}$

Merupakan unsur-unsur yang ada di *slag*

### 3.2.6 *Slump*

*Slump* merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton segar. Makin besar nilai slump berarti makin encer adukan betonnya, sehingga adukan beton mudah dikerjakan. Nilai slump lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja, karena bila nilai slump sama tetapi nilai fas berubah maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi jika kandungan semennya lebih banyak (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1992).

### 3.3 Perencanaan Campuran Beton

Perhitungan rencana campuran beton dimaksudkan untuk mendapatkan atau menentukan proporsi semen, air, agregat kasar dan agregat halus dalam tiap  $1\text{m}^3$ , sehingga dapat diperoleh mutu beton sesuai dengan yang direncanakan.

Dalam penelitian ini menggunakan peraturan ACI (*American Concrete Institute*) sebagai perancangan dasar campuran. Salah satu maksud dan tujuan dengan menggunakan perancangan ACI adalah untuk mendapatkan beton yang mudah dikerjakan.

Langkah – langkah perencanaan metode ACI adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kuat desak rata-rata beton, berdasarkan kuat desak yang disyaratkan dan nilai margin.

$$f_{cr} = f'_c + m$$

dengan :  $f_{cr}$  = kuat desak rata-rata

$f'_c$  = kuat desak yang disyaratkan (Mpa)

$m$  – nilai margin (Mpa)

Nilai margin tergantung pada tingkat pengawasan mutu dan didefinisikan sebagai :  $m = k \cdot sd$ , dengan  $k = 1,64$  dan  $sd$  adalah nilai deviasi standar yang diambil dari tabel 3.1.

Tabel 3.1. Nilai Deviasi Standar ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

(sumber : Kardiyono, 1992)

Volume Pekerjaan ( $\text{m}^3$ )	Mutu Pekerjaan		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil < 1000	$45 < sd \leq 55$	$55 < sd \leq 65$	$65 < sd \leq 85$
Sedang 1000 sd 3000	$35 < sd \leq 45$	$45 < sd \leq 55$	$55 < sd \leq 75$
Besar > 3000	$25 < sd \leq 35$	$35 < sd \leq 45$	$45 < sd \leq 65$

Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah, maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti tampak pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Data	30	25	20	15	< 15
Faktor Pengali	1,0	1,03	1,08	1,16	Tidak boleh

2. Menetapkan faktor air semen berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur beton yang dikehendaki tertera pada tabel 3.2 dan keawetan berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan tertera pada tabel 3.3 dari keduanya dipilih yang paling rendah.

Tabel 3.3. Hubungan faktor air semen dengan kuat desak beton silinder pada umur 28 hari. (sumber : Kardiyo, 1992).

Faktor air semen	Perkiraan kuat desak rata-rata (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 3.4. Faktor air semen maksimum (sumber : Kardiyo, 1992).

Kondisi elemen	Nilai fas
Beton didalam ruang	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif	0,52
Beton diluar ruang	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60

b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah	
a. Mengalami keadaan kering dan basah berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Berdasar pada strukturnya ditctapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat dari tabel 3.4.

Tabel 3.5. Nilai slump (cm). (sumber : **Kardiyono,1992**).

Pemakaian jenis elemen	Maks (cm)	Min (cm)
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, koison dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran agregat dan nilai slump dari tabel 3.5.

Tabel 3.6. perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump. (sumber : **Kardiyono, 1992**).

Slump (mm)	Ukuran maks agregat (mm)		
	10	20	40
25-50	206	182	162
75-100	226	203	177
150-175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

5. menghitung berat semen yang diperlukan, berdasarkan hasil dari langkah (2) dan (4).

$$Bs = \frac{Ba}{fas} \quad (3.1)$$

$$Vs = \frac{Bs}{Bjs} \quad (3.2)$$

keterangan :

Bs = berat semen

Ba = berat air

Fas = faktor air semen

Vs = volume semen

Bjs = berat jenis semen

6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus agregat halus nya, dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.7. Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maks agregat dan modulus halus pasir (m<sup>3</sup>).

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
100	0,90	0,88	0,86	0,84

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan (tabel 3.6), dengan cara hitungan volume absolute.

$$V_{ah} = 1 - (V_a + V_k + V_s + V_u) \quad (3.3)$$

$$B_p = V_{ah} \cdot B_{jp} \quad (3.4)$$

Keterangan :

$V_{ah}$  = volume agregat halus

$V_a$  = volume air

$V_k$  = volume kerikil

$V_s$  = volume semen

$V_u$  = volume udara terperangkap

$B_p$  = berat pasir

$B_{jp}$  = berat jenis semen

8. Hitung berat masing-masing bahan penyusun dengan menggunakan langkah (7).

### 3.4. Kuat Desak Beton

Nilai kuat desak didapat melalui pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan pada beban tertentu atas benda uji silinder beton hingga hancur.

Kuat desak beton dihitung dengan menggunakan rumus

$$f'_c = P/A \quad (3.5)$$

Keterangan :

$P$  = gaya tekan maksimum (N)

$A$  = Luas bidang tekan benda uji ( $\text{mm}^2$ )

$f_c$  = Kuat desak dari masing-masing benda uji (Mpa)

Selanjutnya dianalisis terhadap kuat desak karakteristiknya dengan rumus sebagai berikut :

$$f_c = f_{cr} - k \cdot s_d \quad (3.6)$$

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^n f_{ci} / n \quad (3.7)$$

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (f_{ci} - f_{cr})^2}{n-1}} \quad (3.8)$$

Keterangan :

$f_{cr}$  = Kuat desak beton rata-rata (Mpa)

$f_c$  = Kuat desak beton (Mpa)

$f_{ci}$  = Kuat desak masing-masing benda uji (Mpa)

$n$  = Jumlah benda uji

$k$  = Tetapan statistik dengan kegagalan 5% diambil 1,64

$s_d$  = standard deviasi

### 3.5. Kuat Tarik Beton

Kuat tarik beton yang dihasilkan dari uji belah beton silinder menurut SKSNI T-15-1991-03 pasal 3-8, disebutkan bahwa kuat tarik belah benda uji dihitung dengan ketelitian 0,05 Mpa dengan menggunakan rumus :

$$f_{ct} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot l \cdot d} \quad (3.9)$$

Keterangan :

$f_{ct}$  = kuat tarik beton (Mpa)

$P$  = beban maksimum (N)

$L$  = Panjang silinder (mm)

$D$  = Diameter silinder (mm)

Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan  $0,5\sqrt{f'_c} - 0,6\sqrt{f'_c}$ .

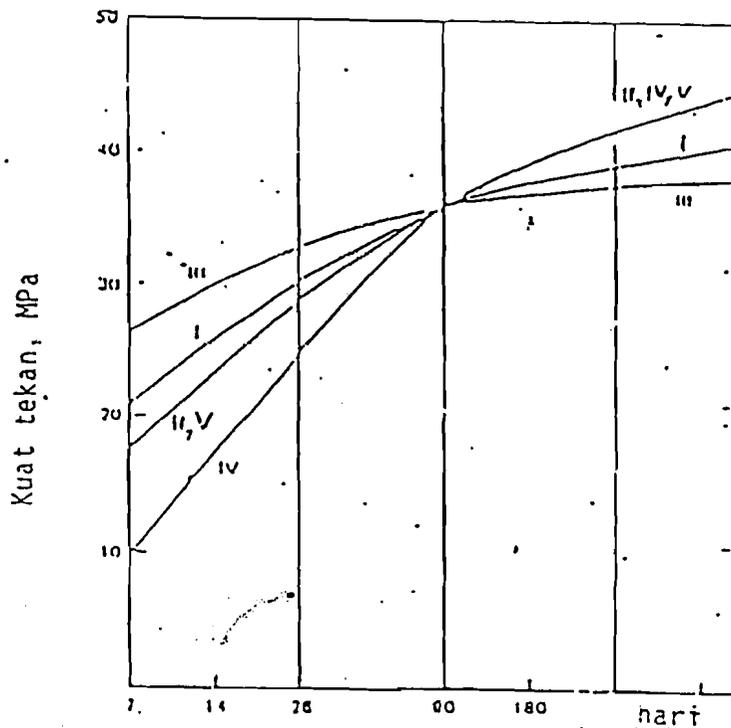
### 3.6. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Dan Kekuatan Beton :

#### 3.6.1. Bahan Susun

Terdiri dari :

##### 1. Semen

Jenis semen mempengaruhi kuat desak rata-rata, seperti ditunjukkan oleh gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1. Kuat tekan beton untuk berbagai jenis semen

(Tjokrodimulyo,1992)

## 2. Agregat halus

Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung atau bahan lain yang dapat merusak campuran beton.

## 3. Agregat kasar

Kuat desak beton tidak lebih tinggi dari kekuatan agregat dalam hal ini adalah agregat kasar. Semakin baik kekuatan agregat maka kuat desak beton akan semakin baik pula ( Tjokrodimulyo, 1992).

Bentuk butiran agregat juga sangat berpengaruh terhadap kuat desak beton, berdasarkan bentuk butiran agregat dapat dibedakan menjadi :

- 1) agregat bulat,
- 2) bulat sebagian,
- 3) bersudut,
- 4) panjang,
- 5) pipih.

Dari kelima bentuk diatas yang paling baik dan memenuhi syarat untuk beton mutu tinggi adalah agregat dengan bentuk butir bersudut. Agregat bersudut mempunyai rongga berkisar antara 38 sampai 40 persen. Ikatan antar butir-butirnya baik sehingga membentuk daya lekat yang baik. Pasta semen yang diperlukan lebih banyak untuk membuat adukan beton dapat dikerjakan (kemudahan dalam pengerjaan), namun baik untuk beton mutu tinggi.

Kuat rekatan antara agregat dan pasta semen tergantung pada tekstur permukaan, rekatan tersebut merupakan pengembangan dari ikatan mekanis antar butir. Suatu agregat dengan permukaan yang berpori dan kasar lebih disukai daripada agregat dengan permukaan yang halus, karena agregat dengan tekstur kasar dapat meningkatkan rekatan agregat –semen sampai 1,75 kali, adapun kuat desak betonnya dapat meningkat sekitar 20 persen.

#### 4. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya. Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton. Agar kekuatan dan sifat-sifat semen tidak berubah, sebaiknya air yang dipakai memenuhi syarat sebagai berikut :

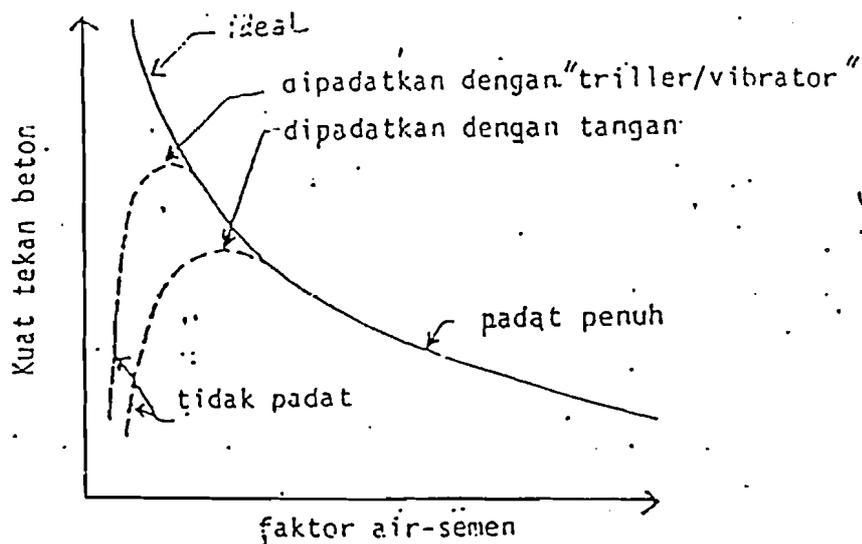
- a. tidak mengandung lumpur ( benda melayang lainnya ) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

### 3.6.2. Umur Beton

Beton yang telah mengeras akan mempunyai kekuatan tekan lebih baik bersamaan dengan meningkatnya umur beton. Beton yang tidak menggunakan bahan aditif akan mempunyai kekuatan yang baik mulai pada umur 28 hari. Sejalan dengan bertambahnya umur maka kekuatan beton akan meningkat, ini dikarenakan proses reaksi yang terjadi di dalam beton antara air dan semen semakin sempurna (Tjokrodimulyo, 1992).

### 3.6.3. Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) ialah faktor utama yang mempengaruhi kuat desak beton. Gambar 3.2 memperlihatkan bahwa dengan fas yang berbeda akan menghasilkan kuat desak yang berbeda pula (Tjokrodimulyo, 1992).



Gambar 3.2 Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton.

#### **3.6.4. Pemadatan Beton**

Tujuan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan yang tinggi akan menghasilkan kekuatan yang tinggi. Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara manual dan dengan menggunakan mesin pemadat bergetar (vibrator). Kekuatan beton yang dihasilkan oleh pemadat manual tergantung dari kemampuan tenaga manusia yang memadatkannya. Kekuatan beton dengan proses pemadatan menggunakan mesin penggetar dapat lebih tinggi kepadatannya. Hal ini tergantung pada metoda serta kepiawaian pelaksana dari faktor operator manusianya. Selain itu mesin penggetar dapat digunakan pada campuran yang memiliki workability rendah.

#### **3.6.5 Perawatan Beton**

Tinjauan terhadap perawatan beton, reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk proses hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia itu. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Oleh karena itu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama

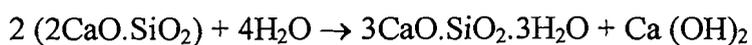
periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu dengan direndam dalam air pada satu bak.

Beberapa cara perawatan beton yang biasa dilakukan ialah :

- a. Menaruh beton segar di dalam ruangan yang lembab.
- b. Menaruh beton segar di atas genangan air.
- c. Menaruh beton segar di dalam air.
- d. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.
- e. Menggenangi permukaan beton dengan air.
- f. Menyirami permukaan beton setiap saat secara terus-menerus.

### 3.6.6. Kandungan Silikat Dalam Bahan Penyusun

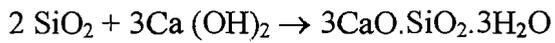
Berlangsungnya proses reaksi bahan susun yang mengandung silikat dalam pengikatan kapur bebas sisa dari hidrasi semen sangatlah sulit untuk diketahui secara teliti, namun secara sederhana reaksi tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :



Dari persamaan diatas keduanya menghasilkan  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  disingkat  $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$  yang disebut dengan *Tobermorite* dan sisa reaksi berupa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (kalsium hidroksida). *Tobermorite* adalah pasta semen yang terdiri dari gel (suatu butiran sangat halus hasil hidrasi, memiliki luas permukaan yang besar) dan mempunyai kemampuan seperti perekat, sedangkan kalsium hidroksida merupakan sisa semen yang tidak bereaksi. (Kardiyono, 1992)

Jika bahan susun yang mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ) dimasukkan dalam adukan beton, maka bahan ini akan bereaksi dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ).

Reaksinya adalah sebagai berikut :



Persamaan diatas menghasilkan Tobermorite Baru, dengan demikian penambahan bahan susun yang mengandung silikat mengakibatkan hilangnya kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) yang merupakan unsur terlemah dalam beton, sehingga akan dihasilkan beton yang bersifat padat dan kekerasannya meningkat sehingga mampu meningkatkan kuat desaknya.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Pendahuluan**

Pada bab ini membahas tentang urutan (prosedur penelitian dan proses pelaksanaan) penelitian. Data-data ini diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia dan beberapa data-data lain yang diperoleh dari hasil laporan analisa unsur slag peleburan I/II tambang nikel Pomalaa serta dari buku-buku literatur yang mendukung penulisan tugas akhir ini.

#### **4.2 Obyek Penelitian**

Obyek penelitian meliputi jumlah prosentase limbah nikel sebagai pengganti agregat kasar, sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, 100% dari berat agregat kasar dalam suatu adukan beton.

#### **4.3 Subyek Penelitian**

Subyek penelitian meliputi :

1. Mutu beton (kuat desak dan kuat tarik) pada setiap prosentase limbah nikel (*slag*) pada umur 28 hari.

2. Mutu beton (kuat desak dan kuat tarik) normal pada umur 28 hari.
3. Keausan limbah nikel (*slag*)
4. Analisa unsur limbah nikel (*slag*)

#### **4.4 Bahan-bahan atau Material Untuk Campuran Beton**

Bahan-bahan yang digunakan sebagai berikut :

1. Semen

Digunakan semen portland dari PT. Semen Gresik kemasan 40 kg.

2. Agregat kasar

Digunakan batu pecah (*split*) yang lolos saringan 20 mm yang berasal dari celereng.

Pemeriksaan : Berat volume dan berat jenis

3. Agregat halus

Digunakan pasir yang lolos saringan 4,8 mm berasal dari kali krasak.

4. Air bersih

Berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

5. Limbah nikel (*slag*)

Diperoleh dari propinsi Sulawesi Tenggara, kabupaten Kolaka, kecamatan Pomalaa.

#### **4.5 Tahapan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah nikel (*slag*) sebagai bahan pengganti agregat kasar terhadap mutu beton. Dalam

pelaksanaannya digunakan benda uji silinder besi berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan membuat sampel sebanyak 90 buah (kuat desak beton 15 benda uji untuk masing masing variasi dan kuat tarik beton 3 benda uji untuk masing-masing variasi).

Dalam menjawab permasalahan secara ilmiah, maka dalam melaksanakan penelitian di laboratorium ada beberapa tahapan yang harus dilakukan, yaitu :

1. Tahap persiapan, dalam tahap ini seluruh bahan (material) dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu.
2. Tahap uji bahan, seluruh bahan (material) yang akan digunakan sebagai material penyusun beton diuji untuk mengetahui sifat-sifat karakteristiknya.
5. Tahap pembuatan benda uji, meliputi :
  - a. Persiapan rencana campuran,
  - b. Persiapan cetakan,
  - c. Pembuatan adukan beton,
  - d. Pemeriksaan nilai slump,
  - e. Pencoran.
6. Tahap perawatan, perawatan terhadap sampel beton ialah dengan merendam beton kedalam bak air.
7. Tahap uji kuat tekan dan kuat tarik beton, dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
8. Tahap analisis data dan pembahasan, dalam tahap ini dilaksanakan pengolahan data berdasarkan hasil pengujian bahan maupun beton.
9. Tahap pengambilan kesimpulan.

#### 4.5.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini seluruh bahan-bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk penelitian dipersiapkan terlebih dahulu.

Bahan-bahan yang akan digunakan untuk penelitian adalah air dari Laboratorium BKT FTSP jurusan Teknik Sipil UIL, semen Portland merk Gresik, pasir dari kali krasak, batu pecah dari celereng, limbah nikel (*slag*) dari Pomalaa.

Peralatan pengujian yang dipakai dalam penelitian ini, yaitu :

a. Timbangan

Timbangan merk *Fa gain* dengan kapasitas 150 kg dan merk *O house* kapasitas 20 kg dan 5 kg, digunakan untuk menimbang bahan susun campuran adukan beton ketika melakukan uji berat jenis, berat volume agregat, dan modulus halus butir agregat.

b. Mistar dan kaliper

mistar digunakan untuk mengukur dimensi cetakan, sedangkan kaliper untuk mengukur benda uji (sampel).

c. Ayakan

Digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan *split*, ukuran yang dipakai untuk memisahkan fraksi-fraksi dalam pasir adalah 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 mm, sedangkan untuk *split* adalah 20 mm.

d. Mesin pengaduk beton (*mixer*)

Mesin pengaduk beton, digunakan untuk mengaduk bahan-bahan atau material campuran beton (semen, pasir, *split*, *slag*, dan air) sehingga akan diperoleh suatu campuran beton yang homogen.

e. Kerucut Abrahms

Alat ini digunakan untuk mengukur nilai *slump* atau tingkat kelecakan adukan beton, kerucut Abrahms memiliki tinggi 30 cm, dengan diameter atas 10 cm, dan diameter bawah 20 cm, dilengkapi dengan alat penumbuk besi dengan panjang 60 cm dan diameter 16 mm.

#### 4.5.2 Tahap Uji Bahan Dasar

Dalam tahap ini semua bahan dasar penyusun beton harus diperiksa, seperti mhb, berat volume, dan berat jenis dari masing-masing bahan tersebut.

- Pengujian Agregat Halus (pasir)

- a. Pemeriksaan Modulus Halus Butir

Pemeriksaan mhb menggunakan pasir kering tungku yang dimasukkan dalam ayakan, kemudian ayakan dipasang pada alat penggetar selama  $\pm 5$  menit, setelah selesai berat pasir yang tertahan pada masing-masing ayakan ditimbang.

(lampiran 9).

- b. Pemeriksaan Berat Volume Pasir

Pemeriksaan berat volume pasir dilakukan dengan cara, tabung silinder ( $\emptyset$  15 x t 30 cm) ditimbang beratnya, kemudian pasir dimasukkan kedalam silinder yang pada setiap 1/3 bagian silinder ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian ditimbang beratnya. (lampiran 10).

Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat volume pasir} = \frac{(\text{Berat silinder + pasir}) - \text{Berat silinder}}{\text{Volume silinder}} \quad (4.1)$$

c. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Pasir yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan telah dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*), ditimbang beratnya  $\pm 400$  gram, kemudian dengan menggunakan gelas ukur kapasitas 1000 ml ukur volume air, dan dicari berat jenis pasir dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis (BJ)} = \frac{\text{Berat pasir}}{(\text{Volume air} + \text{Berat pasir}) - \text{Volume air}} \quad (4.2)$$

(lampiran 11).

- Pengujian Agregat Kasar (batu pecah)

a. Pemeriksaan Berat Volume batu pecah

Pemeriksaan berat volume batu pecah dilakukan dengan cara, tabung silinder ( $\varnothing 15 \times t 30$  cm) ditimbang beratnya, kemudian batu pecah dimasukkan kedalam silinder yang pada setiap 1/3 bagian silinder ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian ditimbang beratnya. (lampiran 12).

Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat volume kerikil} = \frac{(\text{Berat silinder} + \text{batu pecah}) - \text{Berat silinder}}{\text{Volume silinder}} \quad (4.3)$$

b. Pemeriksaan Berat Jenis Batu Pecah

Digunakan batu pecah yang lolos saringan 20 mm dan telah dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*), ditimbang beratnya  $\pm 400$  gram, kemudian dengan menggunakan gelas ukur kapasitas 1000 ml ukur volume air, dan dicari berat jenis *split* dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis (BJ)} = \frac{\text{Berat batu pecah}}{(\text{Volume air} + \text{Berat batu pecah}) - \text{Volume air}} \quad (4.4)$$

(lampiran 13).

- Pengujian Agregat Kasar (*Slag*)
  - a. Pemeriksaan Berat Volume *slag*

Pemeriksaan berat volume *slag* dilakukan dengan cara, tabung silinder ( $\emptyset$  15 x t 30 cm) ditimbang beratnya, kemudian *slag* dimasukkan kedalam silinder yang pada setiap 1/3 bagian silinder ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian ditimbang beratnya. (lampiran 14).

Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat volume slag} = \frac{(\text{Berat silinder} + \text{slag}) - \text{Berat silinder}}{\text{Volume silinder}} \quad (4.5)$$

- b. Pemeriksaan Berat Jenis *Slag*

Digunakan *slag* yang lolos saringan 20 mm dan telah dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*), ditimbang beratnya  $\pm$  400 gram, kemudian dengan menggunakan gelas ukur kapasitas 1000 ml ukur volume air, dan dicari berat jenis *slag* dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis (BJ)} = \frac{\text{Berat slag}}{(\text{Volume air} + \text{Berat slag}) - \text{Volume air}} \quad (4.6)$$

(lampiran 15).

### 4.5.3 Tahap Pembuatan Benda Uji

#### 1. Perhitungan Rencana Campuran Beton

Perencanaan perhitungan campuran beton dalam penelitian ini menggunakan metode ACI, dengan data perencanaan sebagai berikut :

1. Kuat desak rencana : 30 Mpa
2. Diameter maksimum agregat kasar : 20 mm
3. modulus halus butir (MHB) pasir : 2,835
4. Berat volume pasir : 1,707 t/m<sup>3</sup>
5. Berat jenis pasir (SSD) : 2,69 t/m<sup>3</sup>
6. Berat volume agregat kasar : 1,528 t/m<sup>3</sup>
7. Berat jenis batu pecah (SSD) : 2,540 t/m<sup>3</sup>
8. Berat volume slag : 1,415 t/m<sup>3</sup>
9. Berat jenis slag (SSD) : 2,71 t/m<sup>3</sup>
10. Berat jenis semen : 3,15 t/m<sup>3</sup>

Langkah-langkah perhitungan campuran beton, sebagai berikut :

1. menghitung kuat desak rata-rata ( $f'_{cr}$ )

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f'_{cr} = f'_c + 1,64 \text{ sd}$$

dari tabel (3.1 ; hal. 14) mutu pekerjaan baik dengan volume pekerjaan kecil

$$< 1000 \text{ m}^3 \text{ diambil sd} = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5,88 \text{ Mpa.}$$

$$f'_{cr} = 30 + (1,64 \times 5,88)$$

$$= 39,643 \text{ Mpa}$$

2. Menetapkan faktor air semen

Berdasarkan tabel (3.3; hal.15) dari nilai  $f'_{cr} = 39,643$  Mpa didapat nilai fas dengan kuat silinder beton umur 28 hari = 0,38 (iterpolasi) dan dari tabel (3.4; hal.15) fas maksimum berdasarkan pengaruh tempat elemen untuk beton terlindung dari hujan dan terik mata hari langsung = 0,6.

Dari kedua nilai fas tersebut diambil nilai fas terkecil, maka nilai fas adalah 0,39.

3. Menentukan nilai slump

Berdasarkan tabel (3.5; hal.16) untuk jenis struktur pelat, balok, kolom dan dinding didapat nilai slump = 7,5 – 15,0 cm. Dipakai nilai slump 7,5 – 10 cm.

4. Menetapkan kebutuhan air

Berdasarkan tabel (3.6; hal.16) untuk nilai slump 7,5 – 10 cm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air 203 l/m<sup>3</sup> dan udara terperangkap 2% atau jumlah volume padat udara terperangkap 0,02 m<sup>3</sup>.

5. Menghitung kebutuhan semen

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{berat air}}{\text{Fas}} = \frac{203}{0,39} = 520,513 \text{ kg}$$

6. Menentukan agregat kasar per satuan volume

MHB pasir = 2,835 dan ukuran maksimum *split* = 20 mm.

Dari tabel (3.7; hal.17) diperoleh volume per meter kubik agregat kasar = 0,603 m<sup>3</sup>/m.

$$\text{Berat agregat kasar} = 0,603 \times 1,528 = 0,921384 \text{ t} = 921,384 \text{ kg}$$

$$\text{Volume batu pecah} = \frac{0,921384}{2,540} = 0,363 \text{ m}^3$$

## 7. Menghitung volume agregat halus per satuan volume

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Volume semen} & = 520,513 / (3,15 \times 1000) & = 0,165 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume air} & = 203 / 1000 & = 0,203 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume agregat kasar} & = 0,921384 / 2,540 & = 0,363 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume udara terperangkap} & = 2\% & = \underline{0,02 \text{ m}^3} + \\
 & & 0,751 \text{ m}^3
 \end{array}$$

$$\text{Volume agregat halus} = 1 - 0,751 = 0,249 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat agregat halus} = 0,249 \times 2,69 \times 1000 = 669,81 \text{ kg}$$

Jadi perbandingan adukan beton per  $1 \text{ m}^3$

$$P_c : P_s : \text{split} : \text{air} = 520,513 : 669,81 : 921,384 : 203$$

$$= 1 : 1,29 : 1,77 : 0,39$$

$$\text{volume 1 buah silinder} = 0,0053 \text{ m}^3$$

kehilangan proses campuran diasumsikan sebesar 20%, jadi kebutuhan campuran beton untuk 1 silinder adalah :

$$\text{Semen} : 520,513 \times (0,0053 + 0,00106) = 3,311 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} : 669,81 \times (0,0053 + 0,00106) = 4,260 \text{ kg}$$

$$\text{split} : 921,384 \times (0,0053 + 0,00106) = 5,860 \text{ kg}$$

$$\text{Air} : 203 \times (0,0053 + 0,00106) = 1,291 \text{ kg}$$

Jumlah total adukan beton tiap 1 silinder :

$$3,311 + 4,260 + 5,860 + 1,291 = 14,722 \text{ kg}$$

- Kebutuhan limbah nikel (*slag*) tiap 1 silinder, dengan 5 variasi :

$$0\% \times 5,860 = 0 \text{ kg}$$

$$25\% \times 5,860 = 1,465 \text{ kg}$$

$$50\% \times 5,860 = 2,930 \text{ kg}$$

$$75\% \times 5,860 = 4,395 \text{ kg}$$

$$100\% \times 5,860 = 5,860 \text{ kg}$$

- Kebutuhan batu pecah (*split*) tiap 1 silinder :

$$5,860 \text{ kg} - 0 \text{ kg} = 5,860 \text{ kg (variasi 0\% limbah nikel)}$$

$$5,860 \text{ kg} - 1,465 \text{ kg} = 4,395 \text{ kg (variasi 25\% limbah nikel)}$$

$$5,860 \text{ kg} - 2,930 \text{ kg} = 2,930 \text{ kg (variasi 50\% limbah nikel)}$$

$$5,860 \text{ kg} - 4,395 \text{ kg} = 1,465 \text{ kg (variasi 75\% limbah nikel)}$$

$$5,860 \text{ kg} - 5,860 \text{ kg} = 0 \text{ kg (variasi 100\% limbah nikel)}$$

## 2. Persiapan Cetakan

Persiapan cetakan yang baik sangat penting, agar benda uji yang dihasilkan bersisi halus, rusuk tajam dan simetris. Dalam penelitian ini menggunakan cetakan silinder yang terbuat dari besi, dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. sebelum digunakan cetakan terlebih dahulu harus dibersihkan dari sisa adukan beton yang mengeras, kemudian bagian dalam dari cetakan diolesi dengan minyak pelumas agar adukan beton tidak melekat pada cetakan dan mudah dilepas setelah adukan beton mengeras.

## 3. Pembuatan Adukan Beton

Langkah-langkah pembuatan campuran adukan beton yang sesuai dengan SK SNI M-62-1990-03 (DPU) yaitu tentang cara pembuatan adukan beton, adalah sebagai berikut :

#### Tahap I

- a. Menyiapkan bahan-bahan campuran beton.
- b. Menimbang berat masing-masing bahan sesuai dengan rencana.
- c. Menyiapkan pengaduk (*mixer*), cetakan silinder dan alat uji slump.

#### Tahap II

- a. Masukkan pasir dan semen terlebih dahulu tanpa air, sehingga didapat campuran yang rata.
- b. Tambahkan kerikil dan diaduk tanpa air terlebih dahulu sampai distribusi agregat kasar rata dan sempurna.
- c. Tuangkan air yang dibutuhkan sedikit demi sedikit dan diaduk sampai didapat adukan beton yang homogen dan kekentalan sesuai dengan adukan yang direncanakan.

#### 4. Pengujian Kekentalan Adukan (*Slump Test*)

*Slump test* merupakan cara untuk mendapatkan nilai kekentalan dari beton segar. Pengujian kekentalan adukan ini menggunakan kerucut Abrahms, yaitu cetakan berbentuk kerucut dengan diameter bawah 20 cm dan diameter atas 10 cm, dan tinggi 30 cm. digunakan tongkat penumbuk berdiameter 16 mm dan panjang 60 cm.

Pengujian nilai *slump* ini dilaksanakan berdasarkan standar cara pengujian *slump* SK SNI M-02-1989-F (DPU, 1991 a) dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Kerucut Abrahms dibersihkan dan dibasahi sebelum dipakai.

- b. Kerucut diletakkan diatas permukaan datar (plat baja) dengan posisi rata.
- c. Beton segar dituang ke dalam kerucut setinggi kira-kira  $1/3$  dari tinggi kerucut lalu ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian dituang lagi kira-kira  $2/3$  dari tinggi kerucut dan ditusuk-tusuk lagi sebanyak 25 kali, setelah itu dituang lagi sampai penuh lalu ditusuk-tusuk lagi sebanyak 25 kali. Kemudian permukaan beton diratakan bila kurang ditambah lagi. Beton dalam kerucut didiamkan selama  $\pm 30$  detik.
- d. Setelah 30 detik kerucut diangkat secara tegak lurus dan penurunan adukan beton diukur dengan mistar. Besarnya penurunan adukan beton merupakan hasil dari nilai *slump* yang didapatkan.

## 5. Pencoran Adukan Beton

Langkah-langkah pencoran adukan beton yang sesuai dengan SK SNI M-62-1990-03 (DPU, 1991) adalah sebagai berikut :

### a. Penempatan cetakan

Tempatkan cetakan dekat dengan penyimpanan awal, dimana benda uji akan disimpan selama 24 jam. Cetakan ditempatkan pada tempat yang permukaannya rata, keras, bebas dari getaran dan gangguan lain. Permukaan benda uji harus dihindari dari benturan, jungkitan dan goresan pada saat pemindahan ke tempat penyimpanan/perawatan.

### b. Pencetakan

Masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan cetok. Setiap pengambilan adukan dari bak pengaduk harus dapat mewakili dari campuran

tersebut, jika diperlukan campuran beton dapat diaduk kembali agar tidak terjadi segregasi (pemisahan butiran) selama pencetakan benda uji. Adukan beton dimasukkan kedalam cetakan dalam 3 lapis, dan tiap lapis dipadatkan dengan tongkat baja 25 kali tusukan secara merata. Setelah cetakan terisi penuh, permukaan diratakan dan bagian sisinya (kelebihan) dibuang.

#### **4.5.4 Tahap Perawatan Benda Uji**

Beton memerlukan perawatan untuk menjamin terjadinya proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna dengan menjaga kelembaban permukaan beton. Untuk mempertahankan beton supaya berada dalam keadaan basah selama beberapa hari, maka dilakukan perendaman beton di dalam bak yang berisi air bersih. Lama perendaman dalam penelitian ini adalah sampai beton berumur 28 hari.

#### **4.5.5 Tahap Uji Kuat Desak dan Kuat Tarik**

1. Peralatan yang digunakan :

- a. Mesin desak merk *control*
- b. Timbangan
- c. Kaliper (jangka sorong)

2. Langkah-langkah pengujian :

- a. benda uji sesuai dengan umur yang telah direncanakan.
- b. Benda uji ditimbang dan diukur dimensinya dengan kaliper untuk mengetahui data dari benda uji beton silinder.

- c. Letakkan benda uji pada mesin desak dengan sisi atas dan sisi bawah harus rata dan kedudukan simetris pada piston tekannya.
- d. Mesin desak dijalankan secara elektrik dengan penambahan beban yang konstan.
- e. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dicatat besar beban maksimum.
- f. Setelah benda uji hancur, kekuatan desak dikurangi dan penutup tekanan dibuka sehingga piston tekan naik.

Pada pengujian ini yang dicatat adalah gaya desak (P) pada saat beban maksimum, maka untuk mendapatkan besarnya tegangan maksimum dari benda uji harus dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (4.5)$$

keterangan :

P= gaya tekan maksimum (N)

A= luas bidang tekan benda uji (mm<sup>2</sup>)

f'c= kuat desak dari masing-masing benda uji (Mpa)

Sebelum pengujian, benda uji yang akan diuji harus diukur terlebih dahulu diameter, tinggi dan beratnya. Data-data tersebut diperlukan untuk menghitung berat volume benda uji beton tersebut.

- Berat volume dihitung dengan rumus :

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}} \quad (4.6)$$

#### 4.5.6. Analisis Data

Dari data hasil pengujian kuat desak beton terhadap benda uji dengan umur yang telah ditentukan maka didapatkan kuat desak dari masing-masing benda uji seperti rumus diatas. Selanjutnya dianalisis terhadap kuat desak karakteristiknya dengan rumus sebagai berikut :

$$f_c = f_{cr} - k.sd \quad (4.7)$$

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^n f'_{ci} / n \quad (4.8)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cr})^2}{n-1}} \quad (4.9)$$

Keterangan :

$f_{cr}$  = Kuat desak beton rata-rata (Mpa)

$f_c$  = Kuat desak beton (Mpa)

$f_{ci}$  = Kuat desak masing-masing benda uji (Mpa)

$n$  = Jumlah benda uji

$k$  = Tetapan statistik dengan kegagalan 5% diambil 1,64

$Sd$  = Standard deviasi

Kuat tarik beton yang dihasilkan dari uji belah beton silinder menurut SKSNI T-15-1991-03 pasal 3-8, disebutkan bahwa kuat tarik belah benda uji dihitung dengan ketelitian 0,05 Mpa dengan menggunakan rumus :

$$f_{ct} = \frac{2.P}{\pi.l.d} \quad (4.10)$$

Keterangan :

$f_{ct}$  = kuat tarik beton (Mpa)

P = beban maksimum (N)

L = Panjang silinder (mm)

D = Diameter silinder (mm)

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Penelitian

##### 5.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus dan Agregat Kasar

###### a. Modulus Halus Butir

Dari pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium diperoleh data sebagai berikut (lampiran 9):

Tabel 5.1. Data pemeriksaan modulus halus butir pasir

Saringan		Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat komulatif	
No	Ø lubang mm	I	II	I	II	I	II
1	40						
2	20						
3	10						
4	4,75	40	15	1,6	0,6	1,6	0,6
5	2,36	250	200	10	8	11,6	8,6
6	1,18	605	596	24,2	23,84	35,8	32,44
7	0,60	700	700	28	28	63,8	60,44
8	0,30	495	502	19,8	20,08	83,6	80,52
9	0,15	290	307	11,6	12,28	95,2	92,80
10	Pan	120	180	4,8	7,2	100	100
Jumlah						291,60	275,40

Jumlah rata-rata = 283,50

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{283,50}{100} \times 100\% = 2,835$$

### b. Berat Volume

Dari pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium diperoleh data sebagai berikut (lampiran 10, 12, dan 14):

Tabel 5.2. Data pemeriksaan berat volume pasir

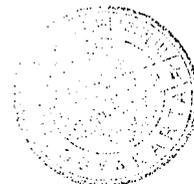
	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	5,5 kg	5,5 kg
Berat tabung + agregat ( $W_2$ )	14,6 kg	14,5 kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$	0,00530 m <sup>3</sup>	0,00530 m <sup>3</sup>
Berat volume = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,717 t/m <sup>3</sup>	1,698 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,7075 t/m <sup>3</sup>	

Tabel 5.3. Data pemeriksaan berat volume batu pecah

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	5,5 kg	5,5 kg
Berat tabung + agregat ( $W_2$ )	13,5 kg	13,7 kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$	0,00530 m <sup>3</sup>	0,00530 m <sup>3</sup>
Berat volume = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,509 t/m <sup>3</sup>	1,547 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,528 t/m <sup>3</sup>	

Tabel 5.4 Data pemeriksaan berat volume slag

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	5,5 kg	5,5 kg
Berat tabung + Slag ( $W_2$ )	12,9 kg	13,08 kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$	0,00530 m <sup>3</sup>	0,00530 m <sup>3</sup>
Berat volume = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,40 t/m <sup>3</sup>	1,430 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,415 t/m <sup>3</sup>	



c. **Berat Jenis**

Dari pengujian yang dilakukan di laboratorium diperoleh data sebagai berikut (lampiran 11, 13, dan 15):

Tabel 5.5. Data pemeriksaan berat jenis pasir

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat ( W )	400	Gram	400	Gram
Volume air (V <sub>1</sub> )	250	Cc	250	Cc
Volume air + agregat (V <sub>2</sub> )	398,7	Cc	398,6	Cc
Berat jenis = $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,689		2,691	
Berat jenis rata-rata	2,690			

Tabel 5.6. Data pemeriksaan berat jenis batu pecah

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat ( W )	400	Gram	400	Gram
Volume air (V <sub>1</sub> )	250	Cc	250	Cc
Volume air + agregat (V <sub>2</sub> )	405	Cc	410	Cc
Berat jenis = $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,5806		2,50	
Berat jenis rata-rata	2,540			

Tabel 5.7. Data pemeriksaan berat jenis slag

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat slag ( W )	400	Gram	400	Gram
Volume air (V <sub>1</sub> )	250	Cc	250	Cc
Volume air + slag (V <sub>2</sub> )	397	Cc	398	Cc
Berat jenis = $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,72		2,70	
Berat jenis rata-rata	2,71			

### 5.1.2 Nilai Slump

Dari hasil pengujian slump dengan menggunakan kerucut Abrahms, yaitu cetakan berbentuk kerucut dengan diameter bawah 20 cm dan diameter atas 10 cm, dan tinggi 30 cm., diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 5.8 Data Pemeriksaan Nilai Slump

Variasi slag	Nilai slump	
	Pengadukan I	Pengadukan II
0%	7,7	8,2
25%	7,9	8,1
50%	8,8	9,6
75%	9,3	9,8
100%	8,5	9,0

### 5.1.3 Kuat Desak

Nilai kuat desak silinder beton yang dihasilkan pada saat pengujian kemudian dihitung kuat desak rata-rata ( $f'_{cr}$ ). Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel 5.9 (lihat lampiran 3,4,5,6,dan 7) berikut ini :

Tabel 5.9 Analisis pengujian kuat desak pada umur 28 hari

Variasi (slag)	0%	25%	50%	75%	100%
f'ci	46,302488	44,727530	47,794403	51,673541	50,841439
	45,859872	48,690728	52,517531	50,282742	55,064527
	44,577606	45,597175	52,653927	49,510251	48,841360
	44,837790	44,161358	51,641674	52,087756	54,453152
	47,242908	44,161358	51,804670	46,190608	55,410878
	44,161358	44,695771	49,230532	49,558074	52,448040
	44,457246	45,571407	50,174674	49,789970	52,518269
	45,414726	45,719420	50,726858	52,796129	51,866787
	43,904161	44,652679	51,061421	51,954375	52,653927
	45,813165	44,619820	48,690728	51,023422	49,988534
	44,220299	43,578376	47,117596	50,373319	50,898610
	44,161358	44,787226	46,992781	50,428417	53,281483
	44,279358	45,293701	49,606105	50,672328	50,752202
	45,113068	45,921080	49,608372	50,684735	51,277414

	43,985242	44,161358	46,618521	49,823071	53,617388
Total	674,330645	679,362772	746,239793	756,848738	783,914010
$f'_{cr}$	44,9554	45,290851	49,7493	50,4566	52,2609
$f'_c$	43,090	43,211	45,9329	47,5329	48,6711

- Contoh hasil perhitungan kuat desak karakteristik silinder beton

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_{ci}}{n}$$

$$= \frac{674,330645}{15} = 44,9554 \text{ Mpa}$$

$$sd = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{13,536448}{14}} = 0,983 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = f'_{cr} - k \cdot sd$$

$$= 44,9554 - 1,64 \times (1,16 \times 0,983) \text{ nilai } 1,16 \text{ lihat tabel 3.2, halaman 15}$$

$$= 43,09 \text{ Mpa}$$

#### 5.1.4 Kuat Tarik

Nilai kuat tarik silinder beton yang dihasilkan pada saat pengujian kemudian dihitung kuat tarik rata-rata ( $f'_{ct}$ ). Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel 5.10 (lihat lampiran 8) berikut ini :

Tabel 5.10 Analisis pengujian kuat tarik pada umur 28 hari

Variasi slag	0%	25%	50%	75%	100%
$f'_{cti}$	10,168288	10,894594	10,975669	11,854455	15,227739
	14,439802	13,398292	15,714046	18,658765	15,674029
	14,059936	12,458946	11,027400	15,739561	17,434883
Total	38,668026	36,751832	37,717115	46,252781	48,336651
$f'_{ct}$	3,557	3,064	3,126	3,801	3,992

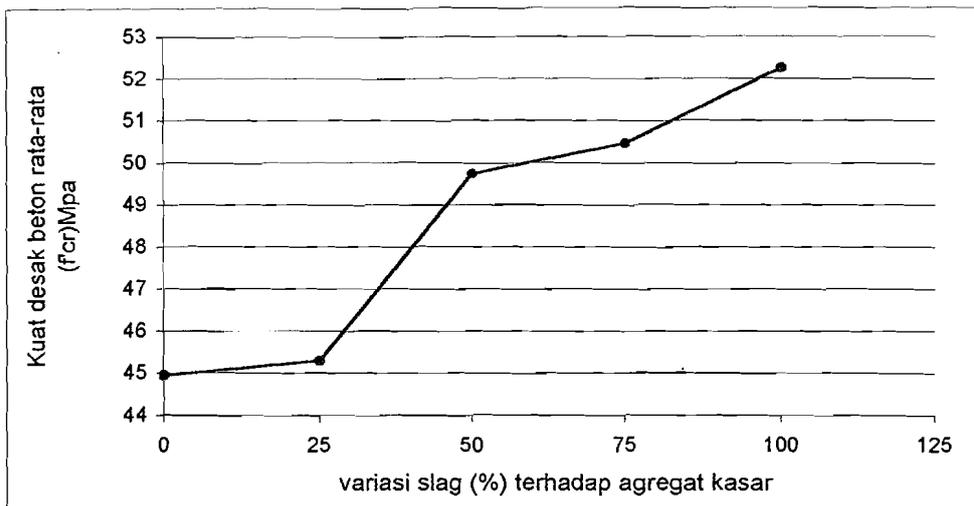
Hasil uji kuat desak dan kuat tarik rata-rata serta kuat desak karakteristik silinder beton dengan agregat kasar *slag* seperti pada tabel 5.11, 5.12 dan gambar 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6.

Tabel 5.11. Kuat desak dan kuat tarik rata-rata silinder beton dengan agregat kasar *slag* umur 28 hari.

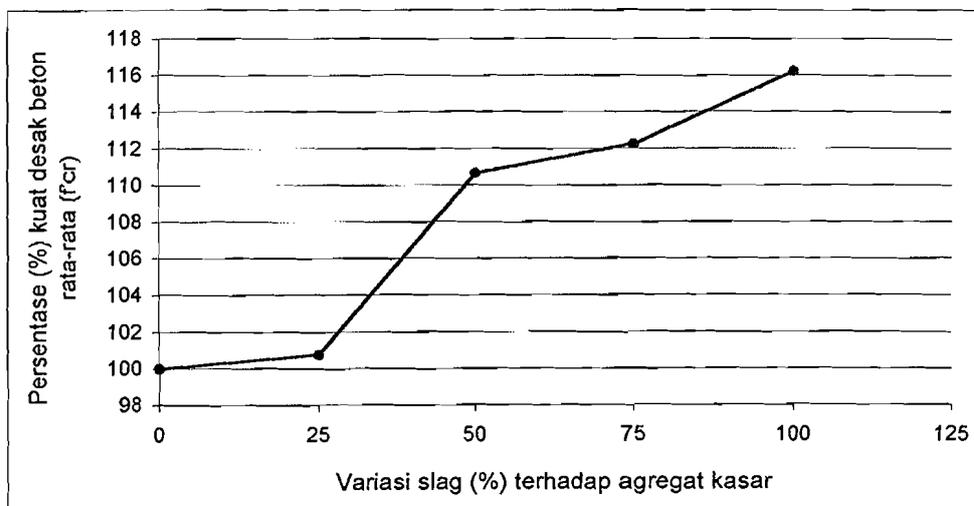
Variasi <i>Slag</i> Pengganti Berat Agregat	Kuat Desak Rata-rata ( $f'_{cr}$ ) (Mpa)	Persentase Kuat Desak Rata-rata (%)	Kuat Tarik Rata-rata ( $f'_{ct}$ ) (Mpa)	Persentase Kuat Tarik Rata-rata (%)
0%	44,9554	100	3,557	100
25%	45,290851	100,75	3,064	86,14
50%	49,7493	110,66	3,126	87,90
75%	50,4566	112,24	3,801	106,86
100%	52,2609	116,25	3,992	112,23

Tabel 5.12. Kuat desak karakteristik ( $f'_c$ ) silinder beton dengan agregat kasar *slag* umur 28 hari.

Variasi <i>Slag</i> Pengganti Berat Agregat	Kuat Desak ( $f'_c$ ) (Mpa)	Persentase Kuat Desak (%)
0%	43,090	100
25%	43,211	100,281
50%	45,9329	106,60
75%	47,5329	110,31
100%	48,6711	112,95



**Gambar 5.1** Grafik hubungan antara variasi penambahan slag dengan kuat desak beton rata-rata ( $f'_{cr}$ )



**Gambar 5.2** Grafik hubungan antara variasi slag dengan persentase kuat desak beton rata-rata ( $f'_{cr}$ )

19,7 % sedangkan batu pecah memiliki nilai keausan 21,16% (lihat lampiran 2), ini berarti bahwa kekerasan agregat kasar limbah nikel lebih tinggi dibandingkan dengan kekerasan agregat kasar dari batu pecah. Dari hasil uji derak Los Angeles agregat kasar limbah nikel memenuhi syarat untuk beton konstruksi, karena syarat agregat untuk beton tidak boleh memiliki nilai keausan lebih dari 50%.

## **2. Bentuk dan Tekstur Agregat Kasar**

Berdasarkan dari bentuknya agregat limbah nikel (*slag*) termasuk dalam agregat bersudut dan bertekstur permukaan kasar sedangkan batu pecah agregat bersudut dan agregat pipih bertekstur sedikit kasar. Dari kedua sifat *slag* dan batu pecah yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton ialah bentuk dan kekasaran permukaan.

Agregat *slag* bersudut dan bertekstur kasar yang berpengaruh pada daya lekat tinggi sehingga kekuatan beton dapat meningkat. Sedangkan agregat batu pecah bersudut campur pipih dan bertekstur sedikit kasar juga mempengaruhi daya lekat sehingga dari kedua kombinasi batu pecah dan *slag* dapat meningkatkan kekuatan beton

## **3. Kandungan Silikat dalam Limbah Nikel**

Terjadinya kenaikan kuat desak beton disebabkan adanya silikat yang ada pada limbah nikel. Jika limbah nikel (*slag*) yang mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ) 55,76% (lihat lampiran 1) dimasukkan dalam adukan beton, maka bahan ini akan bereaksi dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Dengan demikian penambahan limbah nikel mengakibatkan hilangnya kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) yang merupakan unsur terlemah dalam beton, sehingga akan dihasilkan beton yang

bersifat padat dan kekerasannya meningkat sehingga mampu meningkatkan kuat desaknya.

### 5.2.2 Kuat Tarik Beton

Hasil uji belah silinder beton dapat dilihat pada tabel 5.11 bahwa untuk beton dengan variasi *slag* sebesar 25% dan 50% dari berat agregat kasar, mengalami penurunan kuat tarik dibandingkan dengan beton tanpa *slag* (limbah nikel). Tetapi untuk beton yang menggunakan variasi *slag* diatas 50% atau sebesar 75% dan 100% dari berat agregat kasar mengalami kenaikan kuat tarik yang cukup besar dibandingkan beton tanpa *slag*.

Beton dengan agregat kasar kerikil pada umur 28 hari memiliki kuat tarik sebesar 3,557 Mpa sedangkan kuat tarik beton menggunakan agregat *slag* 100% tanpa *split* memiliki kuat tarik sebesar 3,992 Mpa atau mengalami kenaikan sebesar 12,23 % dibanding dengan beton tanpa menggunakan *slag*.

Kenaikan kuat tarik beton dengan variasi *slag* sebesar 75% dan 100% dari berat agregat kasar juga disebabkan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan kuat desak beton. Sedangkan untuk beton dengan variasi *slag* sebesar 25% dan 50% dari berat agregat kasar mengalami penurunan, hal ini disebabkan kerikil dan *slag* kurang saling mendukung dalam campuran beton sehingga gesekan antara pasta semen dan permukaan butir-butir agregat menjadi lemah. Hubungan kuat desak dan kuat tarik beton berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 dapat dilihat pada tabel dibawah ini (Istimawan 1992).

Tabel 5.3 Hubungan kuat desak dan kuat tarik beton

Variasi <i>Slag</i>	Kuat Desak (Mpa)	Kuat Tarik (Mpa)	Kuat Tarik $F'_{ct}=C\sqrt{f'_c}$
0%	43,090	3,557	0,54
25%	43,211	3,064	0,47
50%	45,9329	3,126	0,46
75%	47,5329	3,801	0,55
100%	48,6711	3,992	0,57

Dari data tabel 5.3 pada variasi limbah nikel 25% dan 50% dari berat agregat kasar ternyata kuat tarik lebih kecil dari  $0,5\sqrt{f'_c}$  (rumus dasar kuat tarik) dan pada variasi limbah nikel 75% dan 100% kuat tarik memenuhi rumus  $0,5\sqrt{f'_c}$  -  $0,6\sqrt{f'_c}$  (rumus dasar kuat tarik).

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Limbah Nikel (*slag*) yang dipakai sebagai agregat kasar dalam bahan beton, maka dihasilkan kuat desak beton yang semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya penambahan persentase agregat limbah Nikel. Peningkatan maksimum terjadi pada persentase 100% limbah Nikel.
2. Limbah Nikel layak sebagai pengganti agregat kasar, karena dari hasil penelitian menunjukkan peningkatan kuat desak beton maksimum pada variasi 100%, sebesar 12,95 % yaitu dari 43,090 Mpa tanpa *slag*, menjadi 48,6711 Mpa. Hal ini disebabkan *slag* pengganti agregat kasar berreaksi dengan kapur bebas sisa dari hidrasi semen dapat mengikat agregat serta mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat sehingga menghasilkan beton yang padat. Disamping itu kekerasan agregat kasar limbah nikel lebih tinggi dibandingkan dengan kekerasan agregat kasar dari batu pecah, sehingga mempengaruhi peningkatan kuat desak beton.
3. Penggunaan limbah Nikel sebagai pengganti agregat kasar juga mengalami peningkatan kuat tarik maksimum pada variasi 100% *slag* sebesar 12,23 %.

## 6.2 Saran

Ada beberapa saran yang dapat kami berikan, antara lain :

1. Penggunaan agregat kasar berupa *slag* sebaiknya digunakan pada proyek yang tidak jauh dari lokasi pabrik penghasil limbah, karena faktor ekonomis dan pemanfaatan limbah.
2. Dicoba untuk penelitian lebih detail pada variasi slag 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% dan pada pengujian kuat desak pada umur 7 hari, 14 hari, 35 hari, 42 hari.
3. Dicoba pengujian dengan mengurangi jumlah semen, misalnya *slag* 100% diuji dengan mengurangi semen sampai variasi 20%.

## DAFTAR PUSTAKA

- .....,1991, **TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON BERTULANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG, SK-SNI-T-15-1991-03**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Istimawan Dipohusodo, 1992. **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- Kardiyo Tjokrodimuljo, 1992, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Edward G. Nawy, 1990, **BETON BERTULANG**, PT. Eresco, Bandung.
- Murdock, L.J dan Brook, K.M, 1986, **BAHAN DAN PRAKTEK BETON**, alih bahasa Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Jimmy, Luis, 2000, **TUGAS AKHIR FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**, UII, Jogjakarta.
- Suroto, Sunarto. 1996, **TUGAS AKHIR FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**, UII, Jogjakarta.

**LAMPIRAN**

LAMPIRAN 1

KEPADA YTH. 1. KEPALA PABRIK  
2. KEPALA PELEBURAN

BORATORIUM INSTRUMEN  
ANEKA TAMBANG Tbk  
TISINS PERTAMANGAN NIKEL POMALAA

FORMAN ANALISA UNSUR SLAG PELEBURAN 1/II

ASAL TANGGAL NOMOR	KADAR (%) UNSUR			
NO	SiO2	CaO	MgO	Al2O3
FENIL 23-11-2002 1099	0,08	3,55	55,45	7,39
1100	0,07	3,51	55,52	8,97
1101	0,07	3,32	56,31	8,94
RATA-RATA	0,07	3,46	55,76	7,10
FENIL 29-11-2002 928	0,07	3,62	56,73	7,16
929	0,08	4,18	55,98	7,55
930	0,07	3,87	56,17	7,21
931	0,09	3,44	56,19	7,82
RATA-RATA	0,07	3,65	56,02	7,43
FENIL 26-11-2002 828	0,07	3,61	56,08	7,49
829	0,07	3,52	55,98	7,49
830	0,07	3,52	56,08	7,49
831	0,07	3,52	56,08	7,49
RATA-RATA	0,07	3,54	56,04	7,49

013-06/MEI 96

POMALAA, 26 November 2002  
KEPALA LAB. INSTRUMEN

*[Handwritten Signature]*

W. R. S. T. O.  
NPF. 007694 5470

MENGETAHUI  
KEPALA PENG. KUALITAS

ANDI MARRS  
NPF. 007650 0400

*[Handwritten Signature]*





**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)**  
**A A S H T O T 96 - 77**

Contoh dari : Pomalaa (Sulawesi Tenggara) dan Clereng Kulon Progo

Jenis Contoh : Agregat Kasar (Limbah Nikel dan Batu Pecah)

Diperiksa tgl : 11 Mei 2000

JENIS AGREGAT		BENDA UJI	
SARINGAN			
LOLOS	TERTAHAN	Limbah Nikel	Batu Pecah
72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")		
63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")		
50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5")		
37.5 mm (1.5")	25.4 mm (1")		
25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")		
19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500 gr	2500 gr
12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	2500 gr	2500 gr
09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")		
06.3 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		
4.75 mm (No.4)	2.36 mm (No.8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gr	5000 gr
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		4015 gr	3942 gr
$KEAUSAN = \frac{(A-B)}{A} \times 100\%$		19.7 %	21.16 %

Yogyakarta, 11 Mei 2000

Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII

  
 Ir. Iskandar S, MT



TABEL HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON UMUR 28 HARI DENGAN VARIASI 0% SLAG

Sampel	Diameter	Tinggi	Luas	Berat	Berat/Vol	Beban maks	Kuat Desak	$(f'_{ci}-f'_{cr})^2$
	cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg	t/m <sup>3</sup>	kN	Mpa	Mpa
AgS 0%	15,02	30,41	177,096314	13,00	2,413889636	820	46,302488	1,81464608
AgS 0%	15,00	30,00	176,625	13,00	2,453408823	810	45,859872	0,81806959
AgS 0%	15,12	30,22	179,462304	13,00	2,397042053	800	44,577606	0,14272831
AgS 0%	15,17	30,30	180,6511865	13,00	2,374979719	810	44,837790	0,01383211
AgS 0%	15,05	30,46	177,8044625	12,90	2,381865065	840	47,242908	5,23269285
AgS 0%	15,00	30,25	176,625	12,80	2,395699906	780	44,161358	0,63050269
AgS 0%	14,95	30,10	175,4494625	12,80	2,423770147	780	44,457246	0,24815741
AgS 0%	14,98	30,22	176,154314	12,75	2,395093329	800	45,414726	0,21098037
AgS 0%	15,14	30,15	179,937386	13,00	2,396263809	790	43,904161	1,10510344
AgS 0%	15,10	30,20	178,98785	13,00	2,404987691	820	45,813165	0,73576080
AgS 0%	14,99	30,15	176,3895785	12,85	2,416255684	780	44,220299	0,54037348
AgS 0%	15,00	30,16	176,625	12,80	2,402848878	780	44,161358	0,63050270
AgS 0%	14,98	30,20	176,154314	12,75	2,396679485	780	44,279358	0,45703280
AgS 0%	15,03	30,09	177,3322065	12,90	2,417574714	800	45,113068	0,02485920
AgS 0%	15,03	30,21	177,3322065	12,90	2,407971637	780	43,985242	0,94120655
				193,45	2,405222039		674,330645	13,536448

Yogyakarta, April 2003  
LABORATORIUM  
Mengetahui,  
BIMBING KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII

Laboratorium BKT FTSP UII



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang km 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

LAMPIRAN 4

Lampiran 4

TABEL HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON UMUR 28 HARI DENGAN VARIASI 25% SLAG

Sampel	Diameter	Tinggi	Luas	Berat	Berat/Vol	Beban maks	Kuat Desak	$(f'_{ci}-f'_{cr})^2$
	Cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg	t/m <sup>3</sup>	kN	Mpa	Mpa
AgS 25%	15,00	30,44	176,625	13,05	2,427245	790	44,727530	0,226661
AgS 25%	15,00	30,30	176,625	12,90	2,410432	860	48,690728	12,159922
AgS 25%	14,95	30,01	175,4494625	13,10	2,488016	800	45,597175	0,154885
AgS 25%	15,00	30,20	176,625	13,10	2,455908	780	44,161358	1,086310
AgS 25%	15,00	30,40	176,625	13,30	2,476999	780	44,161358	1,086310
AgS 25%	15,10	30,09	178,98785	13,10	2,432347	800	44,695771	0,257910
AgS 25%	15,14	30,05	179,937386	13,00	2,404238	820	45,571407	0,135267
AgS 25%	14,93	30,19	174,9803465	13,20	2,498742	800	45,719420	0,266049
AgS 25%	15,06	30,35	178,040826	13,20	2,442843	795	44,652679	0,303535
AgS 25%	15,16	30,20	180,413096	13,05	2,395165	805	44,619820	0,340822
AgS 25%	15,00	30,20	176,625	13,20	2,474655	780	43,578376	0,008114
AgS 25%	14,99	30,25	176,3895785	13,30	2,492604	790	44,787226	0,173383
AgS 25%	15,00	30,17	176,625	13,20	2,477116	800	45,293701	0,008114
AgS 25%	14,99	30,30	176,3895785	13,15	2,460425	810	45,921080	0,514748
AgS 25%	15,00	30,40	176,625	13,30	2,476999	780	44,161358	0,000008
				197,15	2,454248		679,362772	16,722038

Yogyakarta, April 2003

LABORATORIUM  
FAKULTAS TEKNIK  
Mengetahui,  
*[Signature]*  
Laboratorium BKT FTSP UII



TABEL HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON UMUR 28 HARI DENGAN VARIASI 50% SLAG

Sampel	Diameter	Tinggi	Luas	Berat	Berat/Vol	Beban maks	Kuat Desak	$(f'_{ci}-f'_{cr})^2$
	cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg	t/m <sup>3</sup>	kN	Mpa	Mpa
AgS 50%	15,14	30,45	179,937386	13,00	2,372655	860	47,794403	3,821696
AgS 50%	15,10	30,20	178,98785	13,10	2,423487	940	52,517531	7,662997
AgS 50%	15,00	30,30	176,625	12,90	2,410432	930	52,653927	8,436747
AgS 50%	14,90	30,30	174,27785	13,10	2,480769	900	51,641674	3,581007
AgS 50%	15,00	30,47	176,625	13,30	2,471308	915	51,804670	4,224467
AgS 50%	15,09	30,00	178,7508585	13,10	2,442878	880	49,230532	0,269139
AgS 50%	15,20	30,25	181,3664	13,00	2,369524	910	50,174674	0,180926
AgS 50%	14,95	30,45	175,4494625	13,05	2,442705	890	50,726858	0,955582
AgS 50%	15,15	30,10	180,1751625	12,90	2,378637	920	51,061421	1,721611
AgS 50%	15,00	30,20	176,625	12,85	2,409040	860	48,690728	1,120614
AgS 50%	15,07	30,09	178,2773465	13,00	2,423399	840	47,117596	6,925965
AgS 50%	15,09	30,30	178,7508585	13,10	2,418691	840	46,992781	7,598501
AgS 50%	14,99	30,19	176,3895785	13,00	2,441222	875	49,606105	0,020510
AgS 50%	15,16	30,35	180,413096	12,95	2,365064	895	49,608372	0,019866
AgS 50%	15,06	30,20	178,040826	12,95	2,408481	830	46,618521	9,801896
				195,30	2,417219467		746,239793	56,343152

Yogyakarta, April 2003  
Mengetahui,  
*[Signature]*  
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII  
Laboratorium BKT FTSP UII



TABEL HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON UMUR 28 HARI DENGAN VARIASI 75% SLAG

Sampel	Diameter	Tinggi	Luas	Berat	Berat/Vol	Beban maks	Kuat Desak	$(f'_{ci}-f'_{cr})^2$
	cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg	t/m <sup>3</sup>	kN	Mpa	Mpa
AgS 75%	15,06	30,48	178,040826	13,40	2,469279	920	51,673541	1,480989
AgS 75%	15,10	30,30	178,987850	13,20	2,433928	900	50,282742	0,030220
AgS 75%	15,09	30,00	178,750858	13,20	2,461526	885	49,510251	0,898542
AgS 75%	15,00	30,47	176,625	13,20	2,452727	920	52,087756	2,660728
AgS 75%	14,90	30,46	174,277850	13,00	2,448901	805	46,190608	18,198534
AgS 75%	15,21	30,44	181,605118	13,30	2,405907	900	49,558074	0,807316
AgS 75%	15,09	30,50	178,750858	13,40	2,457858	890	49,789970	0,444371
AgS 75%	15,02	30,15	177,096314	13,10	2,453434	935	52,796129	5,473480
AgS 75%	15,06	30,25	178,040826	13,10	2,432351	925	51,954375	2,243383
AgS 75%	14,99	30,12	176,389578	13,40	2,522184	900	51,023422	0,321307
AgS 75%	15,17	30,30	180,651186	13,20	2,411517	910	50,373319	0,006932
AgS 75%	15,12	30,15	179,462304	13,25	2,448811	905	50,428417	0,000793
AgS 75%	15,00	30,41	176,625	13,20	2,457566	895	50,672328	0,046546
AgS 75%	15,04	30,15	177,568256	13,20	2,465592	900	50,684735	0,052053
AgS 75%	15,00	30,30	176,625	13,30	2,485174	880	49,823071	0,401336
				198,45	2,453783		756,848738	33,063531

Yogyakarta, April 2003

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII

Mengetahui,

Laboratorium BKT FTSP UII



TABEL HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON UMUR 28 HARI DENGAN VARIASI 100% SLAG

Sampel	Diameter	Tinggi	Luas	Berat	Berat/Vol	Beban maks	Kuat Desak	(f'ci-f'cr) <sup>2</sup>
	cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg	t/m <sup>3</sup>	kN	Mpa	Mpa
AgS 100%	15,10	30,47	178,987850	13,30	2,438684	910	50,841439	2,014966
AgS 100%	15,21	30,48	181,605118	13,40	2,420815	1000	55,064527	7,860133
AgS 100%	15,15	30,12	180,175163	13,45	2,478405	880	48,841360	11,693486
AgS 100%	15,18	30,43	180,889434	13,30	2,416220	985	54,453152	4,805819
AgS 100%	15,01	30,15	176,860579	13,30	2,494211	980	55,410878	9,922147
AgS 100%	15,11	30,25	179,224999	13,40	2,471615	940	52,448040	0,035008
AgS 100%	15,18	30,35	180,889434	13,25	2,413481	950	52,518269	0,066221
AgS 100%	14,95	30,46	175,449463	13,20	2,469971	910	51,866787	0,155351
AgS 100%	15,00	30,20	176,625	13,15	2,465282	930	52,653927	0,154443
AgS 100%	15,06	30,30	178,040826	13,15	2,437606	890	49,988534	5,163801
AgS 100%	15,05	30,36	177,804463	13,17	2,439727	905	50,898610	1,855926
AgS 100%	15,15	30,49	180,175103	13,30	2,421025	960	53,281483	1,041520
AgS 100%	15,03	30,23	177,332207	13,40	2,499649	900	50,752202	2,276272
AgS 100%	15,20	30,15	181,36640	13,20	2,413958	930	51,277414	0,967311
AgS 100%	15,22	30,27	181,843994	13,15	2,388990	975	53,617388	1,839967
				199,12	2,444642		783,914010	49,852371

Yogyakarta, April 2003

Mengetahui,

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII

Laboratorium BKT FTSP UII



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang km 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

Lampiran 8

**TABEL HASIL UJI KUAT TARIK SILINDER BETON UMUR 28 HARI**

Sampel	Diameter	Tinggi	Luas	Berat	Berat/Vol	Beban mak	Kuat Tarik
	cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg	t/m <sup>3</sup>	kN	Mpa
AgS 0%	15,10	30,50	178,98785	13,00	2,381332	182	2,517068
AgS 0%	15,29	30,25	183,52051	12,90	2,323698	265	3,649331
AgS 0%	15,20	30,5	181,36640	13,00	2,350102	255	3,503459
				<b>38,90</b>	<b>2,351710</b>		<b>10,669858</b>
AgS 25%	15,10	30,00	178,98785	12,70	2,365151	195	2,741806
AgS 25%	15,20	30,30	181,36640	13,20	2,402008	243	3,360627
AgS 25%	15,10	30,45	178,98785	13,00	2,105235	223	3,089164
				<b>38,90</b>	<b>2,290798</b>		<b>9,191597</b>
AgS 50%	14,85	30,15	173,11016	13,05	2,500348	190	2,702963
AgS 50%	15,20	30,49	181,36640	12,90	2,332788	285	3,916915
AgS 50%	15,20	30,40	181,36640	13,20	2,387039	200	2,756850
				<b>39,15</b>	<b>2,406725</b>		<b>9,376728</b>
AgS 75%	15,20	30,50	181,36640	13,50	2,440490	215	2,953897
AgS 75%	15,10	30,40	176,86057	13,20	2,455100	330	4,578927
AgS 75%	15,00	30,50	176,625	13,20	2,450314	278	3,870383
				<b>39,90</b>	<b>2,448635</b>		<b>11,403207</b>
AgS 100%	15,25	30,50	182,56156	13,50	2,424513	278	3,806934
AgS 100%	14,95	30,40	175,44946	13,30	2,493595	275	3,854058
AgS 100%	15,05	30,40	177,80446	13,40	2,479068	310	4,315707
				<b>40,20</b>	<b>2,465725</b>		<b>11,976699</b>

$f'_{cr}(0\%) = 3,992 \text{ Mpa}$   
 $f'_c(25\%) = 3,064 \text{ Mpa}$   
 $f'_c(50\%) = 3,126 \text{ Mpa}$   
 $f'_c(75\%) = 3,801 \text{ Mpa}$   
 $f'_c(100\%) = 3,992 \text{ Mpa}$

Yogyakarta, April 2003  
Mengetahui,  
*[Signature]*  
Laboratorium BKT FTSP UII



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang km 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

Lampiran 9

**DATA PEMERIKSAAN**

**MODULUS HALUS BUTIR PASIR**

Jenis benda uji : Pasir Diperiksa oleh :  
 Nama benda uji : \_\_\_\_\_ 1. faisal. H 95-221  
 Asal : kali krasak 2. Oskar. P 95-181  
 Keperluan : untuk campuran  
pemb. silinder beton Tanggal : \_\_\_\_\_

Saringan		Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat komulatif	
No	Ø lubang mm	I	II	I	II	I	II
1	40						
2	20						
3	10						
4	4,75	40	15	1,6	0,6	1,6	0,6
5	2,36	250	200	10	8	11,6	8,6
6	1,18	605	596	24,2	23,84	35,8	32,44
7	0,60	700	700	28	28	63,8	60,44
8	0,30	495	502	19,8	20,08	83,6	80,52
9	0,15	290	307	11,6	12,28	95,2	92,80
10	Pan	120	180	4,8	7,2	100	100
Jumlah						291,60	275,40

Jumlah rata-rata = 283,50

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{283,50}{100} \times 100\% = 2,835$$

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui  
 Laboratorium BKT FTSP UII,  
 \_\_\_\_\_  
**LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII**



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang km 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

Lampiran 10

**DATA PEMERIKSAAN**

**BERAT VOLUME AGREGAT HALUS "SSD"**

Jenis benda uji : Pasir  
 Nama benda uji :  
 Asal : kali krasak  
 Keperluan : Untuk campuran  
 Penb. Silinder Beton

Diperiksa oleh :  
 1. faisal . H 95-221  
 2. oskar . P 95-181

Tanggal : \_\_\_\_\_

**ALAT – ALAT**

1. Tabung silinder ( $\varnothing$  15 x t 30)
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing$  16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop, lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	5,5 kg	5,5 kg
Berat tabung + agregat ( $W_2$ )	14,6 kg	14,5 kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$	0,00530 m <sup>3</sup>	0,00530 m <sup>3</sup>
Berat volume = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,717 t/m <sup>3</sup>	1,698 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,7075 t/m <sup>3</sup>	

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

**LABORATORIUM**  
**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK UII**

*[Signature]*



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang km 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

Lampiran 11

**DATA PEMERIKSAAN**

**BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Jenis benda uji : pasir  
 Nama benda uji :  
 Asal : kali krasak  
 Keperluan : untuk campuran  
 Pemb. Silinder Beton

Diperiksa oleh :  
 1. faisal. H 95-221  
 2. Ostar. P 95-181

Tanggal : \_\_\_\_\_

**ALAT – ALAT**

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sendok, lap, dll.

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat ( W )	400	Gram	400	Gram
Volume air (V <sub>1</sub> )	250	Cc	250	Cc
Volume air + agregat (V <sub>2</sub> )	398,7	Cc	398,6	Cc
Berat jenis = $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,689		2,691	
Berat jenis rata-rata	2,690			

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,  
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII

*Echra*



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang km 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

Lampiran 12

**DATA PEMERIKSAAN**

**BERAT VOLUME AGREGAT KASAR "SSD"**

Jenis benda uji : Batu pecah Diperiksa oleh :  
 Nama benda uji : \_\_\_\_\_ 1. faisal . H 95-221  
 Asal : Celereng 2. Oskar . P 95-181  
 Keperluan : untuk campuran  
penb. silinder Beton Tanggal : \_\_\_\_\_

**ALAT – ALAT**

1. Tabung silinder ( $\varnothing$  15 x t 30)
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing$  16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop, lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	5,5 kg	5,5 kg
Berat tabung + agregat ( $W_2$ )	13,5 kg	13,7 kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$	0,00530 m <sup>3</sup>	0,00530 m <sup>3</sup>
Berat volume = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,509 t/m <sup>3</sup>	1,547 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,528 t/m <sup>3</sup>	

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

**LABORATORIUM**  
**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK UII**



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang km 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

Lampiran 13

**DATA PEMERIKSAAN**

**BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Jenis benda uji : Batu pecah Diperiksa oleh :  
 Nama benda uji : \_\_\_\_\_ 1. faisal. H 95-221  
 Asal : Celereng 2. Oskar. P 95-181  
 Keperluan : Untuk campuran  
pemb. Bilinder Beton Tanggal : \_\_\_\_\_

**ALAT - ALAT**

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sendok, lap, dll.

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat ( W )	400	Gram	400	Gram
Volume air ( V <sub>1</sub> )	250	Cc	250	Cc
Volume air + agregat ( V <sub>2</sub> )	405	Cc	410	Cc
Berat jenis = $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,5806		2,50	
Berat jenis rata-rata	2,540			

Yogyakarta, \_\_\_\_\_  
Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,  
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang km 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

Lampiran 14

**DATA PEMERIKSAAN**

**BERAT VOLUME AGREGAT KASAR *SLAG* "SSD"**

Jenis benda uji : Batu slag Diperiksa oleh :  
 Nama benda uji : \_\_\_\_\_ 1. faisal . H 95-221  
 Asal : Pomolog 2. oskar . P 95-181  
 Keperluan : untuk campuran  
pemb. silinder Beton Tanggal : \_\_\_\_\_

**ALAT - ALAT**

5. Tabung silinder ( $\varnothing$  15 x t 30)
6. Timbangan kap. 20 kg
7. Tongkat penumbuk  $\varnothing$  16 panjang 60 cm
8. Serok / sekop, lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	5,5 kg	5,5 kg
Berat tabung + <i>Slag</i> ( $W_2$ )	12,9 kg	13,08 kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$	0,00530 m <sup>3</sup>	0,00530 m <sup>3</sup>
Berat volume = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,40 t/m <sup>3</sup>	1,430 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,415 t/m <sup>3</sup>	

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui

LABORATORIUM

Laboratorium BKT FTSP UII,

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang km 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

Lampiran 15

**DATA PEMERIKSAAN**

**BERAT JENIS AGREGAT KASAR SLAG**

Jenis benda uji : Batu slag Diperiksa oleh :  
 Nama benda uji : \_\_\_\_\_ 1. Faisal. H 95-221  
 Asal : Pomoloo 2. astar. P 95-181  
 Keperluan : untuk campuran  
pemb. silinder beton Tanggal : \_\_\_\_\_

**ALAT - ALAT**

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sendok, lap, dll.

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat slag ( W )	400	Gram	400	Gram
Volume air ( V <sub>1</sub> )	250	Cc	250	Cc
Volume air + slag ( V <sub>2</sub> )	397	Cc	398	Cc
Berat jenis = $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,72		2,70	
Berat jenis rata-rata	2,71			

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

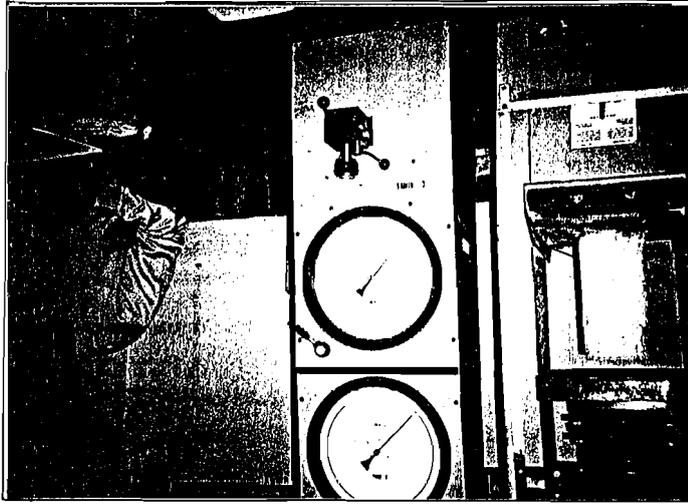
Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

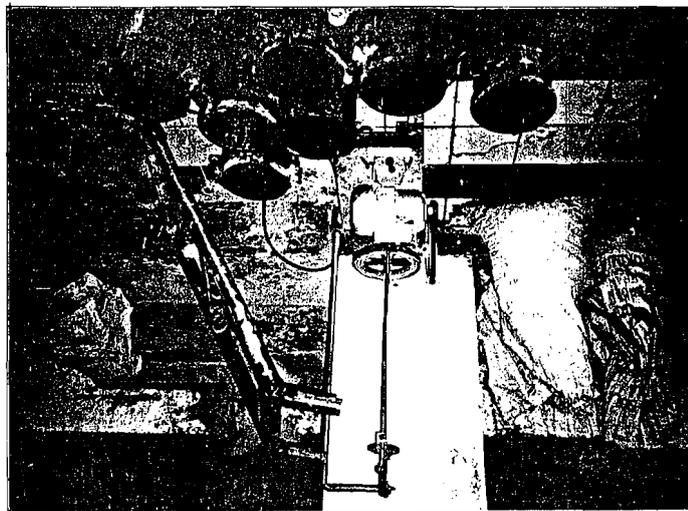
**LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII**

*[Signature]*

Gambar Pengujian Kuat Desak Silinder Beton

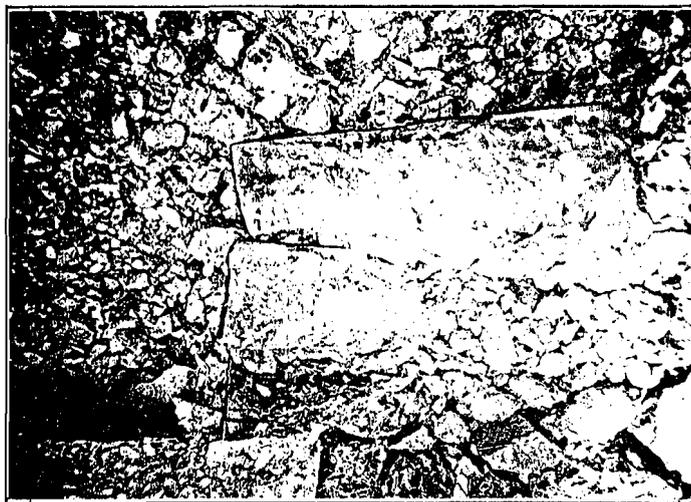


Gambar Mesin Ayakan



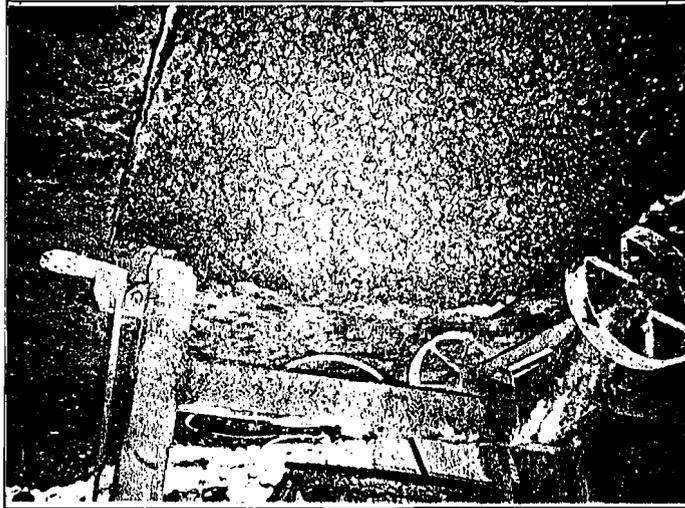


Gambar Pengujian Kuat Tarik Silinder Beton



Gambar Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder Beton

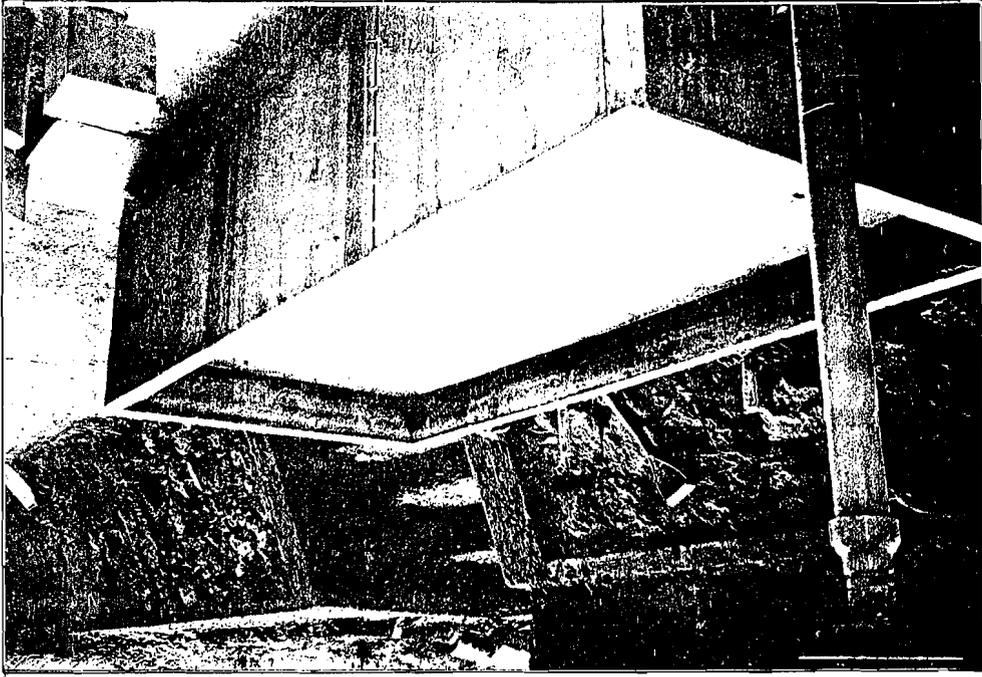
Gambar Adukan Campuran Beton



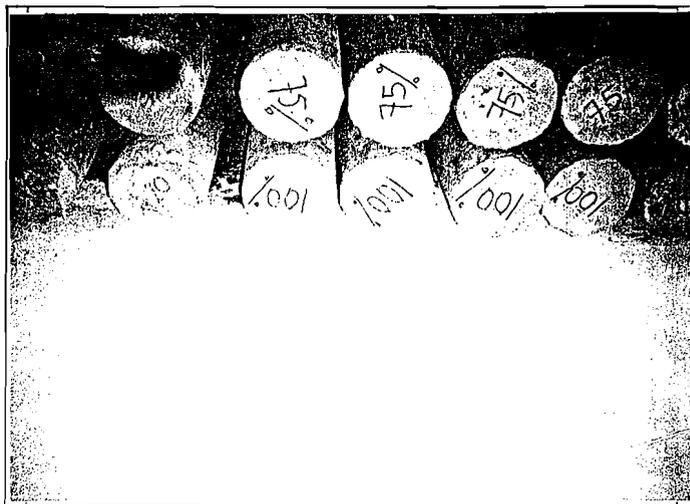
Gambar Hasil Pengujian Kuat Tarik Silinder Beton



Gambar Bak Perawatan Beton



Gambar Benda Uji Silinder Beton



**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID. STUDI
1	Oskar Patriawan	95310181	Teknik Sipil
2	Faisal Hafid	95310221	Teknik Sipil

**JUDUL TUGAS AKHIR :**

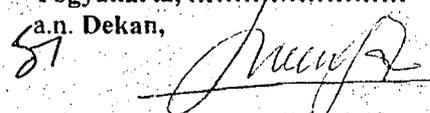
*Pengaruh limbah nikel (Slag) sebagai bahan pengganti agregat kasar terhadap mutu Beton*

**PERIODE I : SEPTEMBER - PEBRUARI**  
**TAHUN : 2002 / 2003**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Sep.	Okt.	Nop.	Des.	Jan.	Peb.
1.	Pendaftaran						
2.	Penentuan Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Penyusunan TA.						
6.	Sidang-Sidang						
7.	Pendadaran.						

DOSEN PEMBIMBING I : Ir. H. Ilman Noor, MSCE.  
 DOSEN PEMBIMBING II : Ir. H. Kasam, MT.



Yogyakarta, 30 Des 2002  
 a.n. Dekan,  
  
 Ir. H. Munadhir, MS  
 (.....)

**Catatan:**

Seminar : .....  
 Sidang : .....  
 Pendadaran : .....