

PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 10 Juni 2006
NO. JUDUL : 00 18 99
NO. INV. : 5120001899 001

**PENGARUH LIMBAH NIKEL (SLAG) SEBAGAI BAHAN
PENGANTI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN BETON
TERHADAP KUAT DESAK BETON**

TUGAS AKHIR

R.
693-5
Sad
P
1



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

MUHAMMAD SADAT
970051013114120158

vii, 96. total kamp: 28

- Beton
- Agregat halus terdapat
- SLAG

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

2005



PENGARUH LIMBAH NIKEL (SLAG) SEBAGAI BAHAN
PENGANTI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN
BETON TERHADAP KUAT DESAK BETON

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia



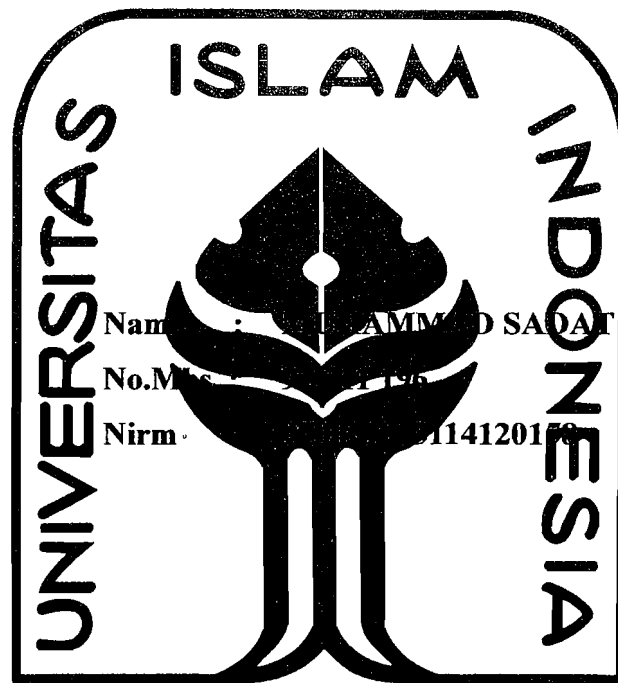
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2005

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH LIMBAH NIKEL (*SLAG*) SEBAGAI BAHAN
PENGANTI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN BETON
TERHADAP KUAT DESAK BETON

(Diajukan guna memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia)



الجنة الامانة
Telah diperiksa dan disetujui oleh.

Ir. H. M. SAMSUDIN, MT

Dosen Pembimbing

Tanggal : 9/09 - 2008

KATA PENGANTAR

Assalamu'Alaikum Wr Wb,

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT karena hanya atas berkah dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul “Pengaruh Substitusi Agregat Halus Limbah Nikel (Slag) Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Desak Beton”.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini kami tidak lepas dari keterlibatan pihak-pihak yang telah membantu terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. DR. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Munadhir, Ms., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Much Samsudin, MT., selaku Dosen Pembimbing yang selalu membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. H. A Kadir Aboe, MS., selaku Dosen Penguji yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. H. Suharyatmo, MS., selaku Dosen Penguji yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. PT.INCO.Tbk, khususnya bagian *Human Resource and Organization Development Department (HROD)* dan *Process Technology Department*

PT.INCO Tbk Sorowako, kami ucapkan banyak terima kasih atas pelayanan, informasi data dan pemberian *Slag* yang menjadi bahan utama pada penelitian kami.

7. Seluruh karyawan Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
8. Ayahanda dan Ibunda serta saudara-saudaraku tercinta yang telah memberikan dorongan semangat, bantuan serta doanya.
9. Dessy Maryanti, SE., tersayang atas segala perhatian serta dorongan semangat tiada henti.
10. Kawan-kawan senasip seperjuangan *Teknik Sipil FTSP UII angkatan '97*, terima kasih atas segala bantuan dan motivasinya.

Dan masih banyak pihak-pihak lain yang turut membantu kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu. Semoga amal baik dari semua pihak mendapat imbalan dari Allah SWT.

Kami sadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna oleh karena itu kami mohon masukan berupa saran ataupun kritik dari pembaca demi penyempurnaannya.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamu'Alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, juni 2005

Penyusun

(Muhammad Sadat)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
ABSTRAKSI	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Pendahuluan	7
2.2. Suroto dan Sunarto, 1996	8
2.3. Oskar Patriawan R dan Faisal Hafid, 2003	8

2.4. Mohamad Rafii dan Muhammad Lukman Hakim, 2000	9
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1. Umum	10
3.2. Material Penyusun Beton	11
3.2.1. Semen	11
a. Semen Portland	11
b. Susunan Kimia Semen Portland	12
c. Hidrasi Semen	13
3.2.2. Agregat	15
3.2.3. Air	18
3.2.4. Limbah Nikel (<i>Slag</i>)	19
3.3. Perencanaan Campuran Beton	20
3.4. Nilai Slump	26
3.5. Tingkat Kemudahan Pengerjaan Beton (<i>Workability</i>)	26
3.6. Kuat Tekan Beton	27
3.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton	28
3.7.1 Umur Beton	29
3.7.2 Faktor Air-Semen (<i>FAS</i>)	30
3.7.3 Kepadatan	31
3.7.4 Jumlah Pasta Semen	31
3.7.5 Jenis Semen	32
3.7.6 Sifat Agregat	32
BAB IV METODE PENELITIAN	34

4.1. Pendahuluan	34
4.2. Perencanaan Penelitian	34
4.3. Pelaksanaan Penelitian	38
4.3.1. Tahap Persiapan	39
4.3.2 Tahap Uji Bahan Susun	41
4.3.3 Tahap Pembuatan Benda Uji	43
a. Perencanaan Campuran	43
b. Persiapan Cetakan	48
c. Pembuatan Adukan Beton	48
d. Pengujian Kekentalan Adukan (<i>Slump Test</i>)	49
e. Pencoran Adukan Beton	49
4.3.4 Tahap Perawatan Benda Uji	50
4.3.5 Tahap Pengujian Kuat Tekan Beton	50
4.3.6 Tahap Analisis Data dan Pembahasan	52
a. Analisis Kuat Desak Beton	52
b. Analisis data menggunakan metode statistik	52
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN	54
5.1. Analisis Hasil Uji	54
5.1.1. Hasil Pemeriksaan Bahan/Material Penyusun Beton	54
a. Kandungan Lumpur agregat halus	54
b. Analisa saringan dan MHB agregat halus	55
c. Berat Jenis agregat	56
d. Berat Isi Padat Satuan agregat	58
e. Kandungan kimia <i>Slag</i>	59

f. Nilai <i>Slump</i>	60
5.1.2. Kuat Desak Beton	60
5.1.3. Berat Volume Beton	68
5.2. Pembahasan	70
5.2.1. Kuat Tekan Beton	70
a. Kandungan Silika dan Alumina pada agregat halus	70
b. Analisa Saringan dan Modulus Halus Butir agregat	71
c. Nilai <i>Slump</i> dan Faktor Air-Semen	71
d. <i>Workability</i>	73
5.2.2. Berat Volume Beton	73
5.2.3. Jumlah Optimum Penggunaan Slag	73
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	74
6.1. Kesimpulan	74
6.2. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76

DAFTAR TABEL

1. Tabel 3.1 Nilai Deviasi Standar.....	21
2. Tabel 3.2 Hubungan Faktor Air-Semen dan f'_{cr} silinder beton pada umur 28 hari.....	21
3. Tabel 3.3 Faktor Air-Semen maksimum.....	22
4. Tabel 3.4 Nilai Slump.....	23
5. Tabel 3.5 Ukuran Maksimum Agregat.....	23
6. Tabel 3.6 Perkiraan kebutuhan air campuran dan persyaratan kandungan udara untuk berbagai nilai <i>slump</i> dan ukuran nominal agregat maksimum.....	24
7. Tabel 3.7 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per satuan meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirmya.....	25
8. Tabel 3.8 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur (<i>PBI 1971</i>).....	29
9. Tabel 3.9 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur (<i>Kardiyono 1987</i>)..	29
10. Tabel 3.10 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur (<i>Randing dan Lasino 1994</i>).....	29
11. Tabel 4.1 Persyaratan gradasi agregat halus.....	42
12. Tabel 4.2 Proporsi kebutuhan bahan campuran tiap kelompok variasi benda uji.....	47
13. Tabel 5.1 Data kandungan Lumpur pada pasir Krasak.....	54
14. Tabel 5.2 Data kandungan Lumpur pada <i>Slag</i>	54
15. Tabel 5.3 Data Modulus Halus Butir agregat halus pasir Krasak.....	55

16. Tabel 5.4 Data Modulus Halus Butir agregat halus <i>Slag</i>	56
17. Tabel 5.5 Data Berat Jenis dan Kadar Air agregat halus pasir Krasak.....	56
18. Tabel 5.6 Data Berat Jenis dan Kadar Air agregat halus <i>slag</i>	57
19. Tabel 5.7 Data Berat Jenis dan Kadar Air agregat kasar.....	57
20. Tabel 5.8 Data Berat Isi Padat Satuan pasir Krasak.....	58
21. Tabel 5.9 Data Berat Isi Padat Satuan pasir <i>Slag</i>	58
22. Tabel 5.10 Data Berat Isi Padat agregat kasar.....	59
23. Tabel 5.11 Data Analisa unsur kimia <i>Slag</i>	59
24. Tabel 5.12 Nilai <i>Slump</i>	60
25. Tabel 5.13 Perhitungan kuat desak rata-rata beton variasi 0 %.....	61
26. Tabel 5.14 Hasil uji kuat desak beton.....	62
27. Tabel 5.15 Data Variabel X dan variabel Y.....	63
28. Tabel 5.16 Hasil perhitungan numerik pada regresi linear.....	63
29. Tabel 5.17 Hasil perhitungan numerik pada regresi <i>polinomial</i> orde dua...	66
30. Tabel 5.18 Perhitungan koefisien korelasi (<i>r</i>).....	67
31. Tabel 5.19 Nilai Berat Volume Beton rerata.....	68
32. Tabel 5.20 Hasil perhitungan numerik regresi <i>linear</i> Berat Volume Beton	69
33. Tabel 5.21 Hasil analisa saringan dan standar gradasi.....	71
34. Tabel 5.22 Penyerapan air oleh agregat halus.....	72

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 3.1 Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air-semen sama..... 32
2. Gambar 5.1 Grafik hasil regresi linear hubungan kuat desak beton dan variasi substitusi..... 65
3. Gambar 5.2 Grafik hasil regresi *polinomial* orde dua hubungan kuat desak beton dan variasi substitusi68
4. Gambar 5.3 Grafik hasil regresi linear hubungan variasi substitusi (%) dan Berat Volume Beton..... 69

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

1. Grafik hasil regresi linear hubungan variasi substitusi (%) dan kuat desak beton (MPa).
2. Grafik hasil regresi *polinomial* orde dua hubungan variasi substitusi (%) dan kuat desak beton (MPa).
3. Grafik hasil regresi linear hubungan variasi substitusi (%) dan berat volume beton (Ton/m³)

LAMPIRAN B

1. Laporan hasil analisa unsur *slag*
2. Hasil pemeriksaan Berat Jenis dan Kadar Air pasir Krasak
3. Hasil pemeriksaan Berat Isi Padat agregat halus pasir Krasak.
4. Hasil pemeriksaan butiran yang lewat ayakan no. 200 pasir Krasak
5. Data Modulus Halus Butir (*MHB*) agregat halus pasir Krasak
6. Hasil pemeriksaan Berat Jenis dan Kadar Air *Slag*
7. Hasil pemeriksaan Berat Isi Padat agregat halus *Slag*.
8. Hasil pemeriksaan butiran yang lewat ayakan no. 200 *Slag*
9. Data Modulus Halus Butir (*MHB*) agregat halus *Slag*
10. Hasil pemeriksaan Berat Isi Padat agregat kasar.
11. Hasil pemeriksaan Berat Jenis dan Kadar Air agregat kasar.

12. Tabel hasil uji Kuat Tekan beton umur 28 hari dengan variasi 0 % Limbah Nikel (*Slag*)
13. Tabel hasil uji Kuat Tekan beton umur 28 hari dengan variasi 20 % Limbah Nikel (*Slag*)
14. Tabel hasil uji Kuat Tekan beton umur 28 hari dengan variasi 40 % Limbah Nikel (*Slag*)
15. Tabel hasil uji Kuat Tekan beton umur 28 hari dengan variasi 60 % Limbah Nikel (*Slag*)
16. Tabel hasil uji Kuat Tekan beton umur 28 hari dengan variasi 80 % Limbah Nikel (*Slag*)
17. Tabel hasil uji Kuat Tekan beton umur 28 hari dengan variasi 100 % Limbah Nikel (*Slag*)

DAFTAR NOTASI

- A = Luas penampang benda uji (mm^2)
- B = Berat piknometer berisi air (gram)
- Bt = Berat piknometer berisi pasir dan air (gram)
- Ba = Berat agregat dalam air (gram)
- Bj = Berat agregat kondisi jenuh kering muka (gram)
- BJ = Berat jenis
- Bk = Berat agregat kering mutlak (gram)
- \emptyset = Diameter (mm,cm)
- f^c = Kuat tekan karakteristik beton (Mpa)
- f^c_i = Kuat tekan dari masing-masing benda uji (Mpa)
- f^c_r = Kuat tekan rerata beton uji (Mpa)
- m = Nilai margin (Mpa).
- MHB = Modulus Halus Butir agregat halus
- P = Gaya tekan (KN)
- Sd = Nilai deviasi standar
- SSD = *Saturated Surface Dry* – kondisi agregat jenuh air kering permukaan.
- t = Tinggi (mm,cm)
- V = Volume cetakan silinder (cm^3)

- W1 = Berat agregat halus awal (gram)
- W2 = Berat agregat halus setelah dicuci (gram)
- W3 = Berat agregat halus yang lewat ayakan no. 200 (gram)
- W1a = Berat cetakan silinder dimensi Ø15 cm; t 30 cm(gram)
- W2a = Berat cetakan silinder berisi Agregat kasar (gram)

ABSTRAKSI

Salah satu penelitian tentang pemanfaatan limbah nikel (*Slag*) sebagai bahan bangunan telah dilakukan oleh Oskar Patriawan R dan Faisal Hafid, 2003, UII, Yogyakarta, untuk mengetahui pengaruh *Slag* terhadap mutu beton jika digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar pada campuran beton. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton meningkat, tetapi menghasilkan beton yang berat. Hal ini seiring dengan bertambahnya kandungan *Slag* pada campuran beton. Nilai berat volume beton yang terjadi berada diatas beton normal akibat berat jenis *Slag* yang tinggi. Hal ini kemudian mendorong penulis untuk melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Slag* sebagai bahan pengganti (substitusi) agregat halus pada campuran beton terhadap kuat tekan dan berat volume beton. Diharapkan dengan substitusi ini tetap dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton tetapi tidak diikuti dengan peningkatan nilai berat volume beton yang tinggi jika meninjau proporsi agregat halus pada campuran beton lebih kecil jika dibandingkan dengan agregat kasar

Penelitian ini pada pelaksanaannya menggunakan benda uji berbentuk silinder berukuran $\varnothing = 15$ cm dengan tinggi 30 cm. Jumlah benda uji seluruhnya 60 buah yang terbagi kedalam 6 kelompok variasi substitusi yaitu : 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% yang masing-masing berjumlah 10 buah. Perencanaan proporsi campuran beton menggunakan metode ACI dengan kuat tekan rerata rencana beton (f'_{cr}) sebesar 34,5 Mpa. Nilai kuat desak dan berat volume beton dari masing-masing benda uji diperoleh melalui uji tekan beton dan pengukuran dimensi serta penimbangan benda uji.

Dari hasil penelitian memperlihatkan bahwa kuat desak dan berat volume beton mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah kandungan *Slag* pada campuran beton dari variasi substitusi 0% hingga 100%. Kuat tekan karakteristik beton pada variasi substitusi 0% (*tanpa Slag*) adalah 35,4304 Mpa. Peningkatan nilai kuat tekan beton maksimum pada variasi substitusi 100% sebesar 40,5279 MPa. Nilai berat volume beton rerata pada variasi substitusi 0% adalah 2,390 Ton/m³. Nilai ini terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah kandungan *Slag* pada campuran beton, namun dinilai tidak terlalu tinggi karena nilainya masih dibawah nilai berat volume jenis beton berat. Nilai berat volume beton maksimum terjadi pada variasi substitusi 100% yaitu sebesar 2,446 Ton/m³.

Dari hasil analisis data kuat tekan beton dapat ditentukan variasi substitusi optimum penggunaan *Slag* pada campuran beton sebagai bahan pengganti agregat halus melalui selisih peningkatan nilai kuat desak beton tertinggi yaitu pada variasi 60% dengan kuat tekan karakteristik 39,4582MPa. Nilai berat volume beton rerata pada variasi ini sebesar 2,425 Ton/m³.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pabrik pengolahan nikel P.T. INCO mempunyai kapasitas produksi 45.000 ton nikel setahun. Pabrik ini menerima 5.5 juta ton basah bijih yang sudah disaring distasiun penyaringan. Pengolahan dimulai diunit pengeringan dan sekaligus memisahkan batuan untuk menghasilkan bijih nikel kering berkadar 2% untuk diolah selanjutnya di tanur reduksi. Setelah direduksi, bijih nikel dilebur dalam tungku listrik dimana nikel dalam bentuk matte dipisahkan dan sisanya disebut *slag* dibuang

Limbah padat yang awalnya berbentuk serupa lahar pada gunung berapi ini kemudian dibuang pada lokasi pembuangan dan berubah bentuk menjadi keras dan padat ketika telah dingin.

Pemanfaatan limbah sebagai bahan bangunan merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan sebagai alternatif pencegahan sekaligus mengurangi efek negatif yang ditimbulkannya. Hal ini sesuai dengan hirarkhi kedua konsep pengelolaan limbah yaitu *reuse* dan *recovery*, dimana limbah didaur ulang untuk dijadikan produk baru yang bermanfaat.

Salah satu penelitian tentang pemanfaatan limbah nikel (*slag*) sebagai bahan bangunan yang telah dilakukan adalah penelitian oleh Oskar Patriawan R dan Faisal Hafid, 2003, UII, Yogyakarta, dengan tujuan mengetahui pengaruh

slag terhadap mutu beton jika digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar pada campuran beton. Kuat desak beton yang dihasilkan meningkat tetapi berat volume beton yang dihasilkan juga meningkat tajam seiring dengan bertambahnya kandungan *slag* sehingga beton yang dihasilkan tergolong jenis beton berat dengan berat volume beton diatas beton normal. Nilai berat volume beton yang tinggi ini akibat berat jenis *slag* yang tinggi.

Peningkatan kuat desak pada beton merupakan pengaruh positif penggunaan *slag* sebagai agregat kasar pada campuran beton, tetapi pengaruh negatifnya terhadap beton yang selama ini membuat limbah tersebut terbatas penggunaannya sebagai bahan campuran beton adalah tingginya nilai berat volume beton yang terjadi. Nilainya melebihi nilai berat volume beton normal, sehingga berat beton yang dihasilkan juga lebih tinggi jika dibandingkan dengan berat beton yang menggunakan agregat normal batu pecah atau split. Oleh karena itu beton beragregat limbah *slag* ini digolongkan sebagai beton berat jika seluruh agregatnya menggunakan *slag*.

Berat beton berhubungan dengan perencanaan struktur beton pada bangunan sipil. Perencanaan balok, kolom dan pelat didasarkan atas beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Salah satu dari beberapa jenis beban tersebut adalah beban mati. Berat sendiri struktur beton digolongkan sebagai beban mati yang bobotnya juga dipengaruhi oleh berat beton, sehingga struktur beton yang menggunakan agregat *slag* tentunya akan lebih berat jika dibandingkan dengan struktur beton yang umum sehingga ada tuntutan peningkatan kekuatan struktur akibat bertambahnya bobot beban mati (berat sendiri struktur). Hal ini dapat

membuat biaya pembangunan, khususnya untuk pengadaan besi tulangan lebih mahal.

Secara logika penulis berpendapat bahwa, untuk mengatasi masalah yang berhubungan dengan berat beton ini dapat dicoba beberapa cara sebagai berikut :

1. Dengan membatasi bobot penggunaan limbah pada campuran beton demi mengurangi nilai berat volumenya atau,
2. Mengganti penggunaan material biasa dengan jenis agregat yang lebih ringan untuk dipakai bersama-sama dengan *slag* guna mendapatkan berat volume beton yang setara dengan beton normal.

Penggantian sebagian agregat halus yang proporsi volumenya pada campuran beton lebih sedikit dari agregat kasar dengan *slag* diyakini oleh penulis dapat mengurangi nilai berat volume beton yang dihasilkan jika dibandingkan pada penelitian sebelumnya, tetapi memiliki pengaruh terhadap kuat desak beton. Sehingga oleh penulis dirasakan perlu dilakukan suatu penelitian dengan judul "PENGARUH LIMBAH NIKEL (*SLAG*) SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT DESAK BETON" untuk mengetahui pengaruh limbah padat (*slag*) tersebut sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran beton terhadap kekuatan desak dan berat volume beton yang dihasilkan.

Diharapkan dengan substitusi ini tetap dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton tetapi diikuti dengan peningkatan nilai berat volume beton yang tidak terlalu tinggi jika dibandingkan dengan nilai berat volume beton pada penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini limbah nikel (*slag*) dimanfaatkan sebagai material pengganti agregat halus dengan berbagai variasi jumlah kandungan slag pada campuran beton Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Apakah ada pengaruh penggantian agregat halus pada campuran beton menggunakan limbah nikel (*slag*) terhadap kuat desak beton.
2. Pada persentase berapakah variasi jumlah *Slag* sebagai bahan pengganti agregat halus menghasilkan kuat desak beton maksimum.
3. Berapakah nilai berat volume beton yang terjadi pada masing-masing kelompok variasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penggantian agregat halus pada campuran beton menggunakan limbah nikel (*slag*) terhadap kuat desak beton.
2. Mengetahui jumlah *Slag* sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran beton yang menghasilkan kuat desak beton maksimum.
3. Mengetahui perubahan pada berat beton yang terjadi melalui nilai berat volume beton dari masing-masing kelompok variasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat diketahui kandungan limbah nikel (*slag*) yang efektif sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran beton sehingga informasi tersebut dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk keperluan perencanaan beton struktur bagi yang ingin memanfaatkan limbah tersebut sebagai agregat halus pada campuran beton.
2. Memberikan informasi kepada pembaca pada umumnya dan masyarakat di sekitar pabrik pada khususnya mengenai penggunaan limbah nikel (*slag*) sebagai salah satu alternatif agregat halus pada campuran beton.
3. Melengkapi informasi penelitian-penelitian terdahulu yang juga membahas masalah penggunaan limbah nikel (*slag*) sebagai agregat alternatif pada campuran beton.

1.5 Batasan Masalah

Lingkup penelitian ini terbatas pada hal-hal sebagai berikut :

1. Disain campuran beton menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*)
2. Semen yang digunakan adalah semen Portland type I merk Semen Nusantara kapasitas 50 kg..
3. Campuran adukan beton terdiri dari semen portland, agregat halus (*pasir*), agregat kasar (*batu pecah*), air dan limbah nikel (*slag*) sebagai bahan pengganti agregat halus dengan berbagai variasi.

4. Limbah nikel (*slag*) yang digunakan pada penelitian ini berasal dari lokasi pembuangan limbah PT. International Nickel Indonesia (*PT.INCO. Tbk*), Sorowako, Kab. Luwu Timur, Propinsi. Sulawesi Selatan.
5. Diameter butir agregat halus (*pasir alami dan slag*) maksimal 4,8mm.(*menurut diameter saringan*).
6. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan diameter butir maksimal 20mm.
7. Air yang digunakan berasal dari Lab. Bahan Kontruksi Teknik, UII, Yogyakarta.
8. Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi ; tinggi 300, diameter150mm.
9. Jumlah benda uji sebanyak 60 buah (masing-masing kelompok variasi berjumlah 10 buah).
10. Persentase *slag* : 0%,20%,40%,60%,80% dan 100% terhadap proporsi berat agregat halus campuran.
11. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendamnya dalam air.
12. Pengujian kuat desak beton dan Pemeriksaan berat volume beton dilakukan pada saat beton berusia 28 hari.
13. Parameter utama yang dibahas pada penelitian ini adalah kuat desak beton dan berat volume beton dengan berbagai variasi kandungan limbah nikel (*slag*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Terdapat tiga penulisan Tugas Akhir yang dinilai memiliki hubungan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti. Dua buah penelitian membahas tentang limbah padat tanur tinggi (slag), terutama tentang pemanfaatannya sebagai bahan pengganti agregat kasar pada campuran beton. Penelitian yang ketiga membahas tentang pemanfaatan pasir besi sebagai agregat halus pada campuran beton.

Suroto dan Sunarto, 1996, UII, Yogyakarta. Penulisan Tugas Akhir tersebut membahas tentang penggunaan limbah kerak tanur tinggi pada campuran beton dengan menguji kuat desak dan berat jenis beton yang dihasilkan. *Oskar Patriawan R dan Faisal Hafid, 2003*, UII, Yogyakarta, dalam penelitian Tugas Akhirnya membahas tentang penggunaan Limbah Nikel dari PT.ANEKA TAMBANG.Tbk, Pomalaa, Kolaka, SULAWESI TENGGARA, sebagai pengganti Agregat Kasar dalam adukan beton untuk mengetahui layak tidaknya penggunaan limbah ini sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton. Penelitian oleh *Mohamad Rafii dan Muhammad Lukman Hakim, 2000*, UII, Yogyakarta membahas tentang penggunaan pasir besi sebagai agregat pada campuran beton.

2.2 Suroto dan Sunarto, 1996.

Penelitian ini meninjau penggunaan limbah kerak tanur tinggi terhadap adukan beton dengan perbandingan volume 1:2:3 dan 1:1,5:2,5 serta faktor air semen (fas) 0,54 pada umur 7 hari, serta membandingkan berat jenis dan kuat tekan beton yang dihasilkan dengan beton yang menggunakan agregat kasar split.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kuat desak beton rata-rata dengan agregat kasar slag mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat kasar split. Berdasarkan berat jenisnya, beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar slag dapat digolongkan sebagai beton berat dengan berat jenis beton rata-rata berada diatas berat beton normal.

2.3 Oskar Patriawan R dan Faisal Hafid, 2003

Penelitian ini meninjau penggunaan slag sebagai material pengganti agregat kasar dalam adukan beton. Dalam pelaksanaannya menggunakan benda berupa uji silinder besi dengan lima variasi kandungan slag yaitu : 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari berat agregat kasar batu pecah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat desak beton dengan menggunakan limbah nikel (slag) cenderung meningkat dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat batu pecah. Peningkatan terjadi seiring dengan penambahan persentase kandungan slag dalam campuran. Kuat desak maksimum terjadi pada variasi kandungan slag sebesar 100% atau dengan kata lain, seluruh agregat kasar menggunakan slag.

2.4 Mohamad Rafii dan Muhammad Lukman Hakim, 2000.

Penelitian mengenai penggunaan pasir besi sebagai agregat pada campuran beton ini dilakukan dengan menguji kuat desak dan menghitung berat jenis beton melalui benda uji sebanyak 50 buah dengan berbagai variasi persentase penggunaan pasir besi. Dari hasil pengamatan, pengujian dan penghitungan dapat diketahui bahwa berat beton bertambah seiring dengan bertambahnya prosentase penggunaan pasir besi, sedangkan kuat desak beton maksimum terjadi pada variasi 25% pasir besi – 75% pasir progo dengan kuat desak mencapai 364,111 kg/cm². Terjadi penurunan kuat desak beton pada variasi penggunaan pasir besi persentase 50%,75% dan 100%.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Istilah beton digunakan untuk menyatakan campuran antara semen, air, pasir dan kerikil yang mengeras menyerupai batu. Air dan semen membentuk pasta yang akan mengisi rongga-rongga di antara butir-butir pasir dan kerikil. Semen dan air berinteraksi secara kimiawi untuk mengikat partikel-partikel agregat menjadi suatu massa yang padat. Departemen Pekerjaan Umum (DPU) memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat (*Pedoman Beton 1989:hal 4*).

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

a). kualitas semen, b). proporsi semen terhadap air dalam campuran, c). kekuatan dan kebersihan agregat, d). interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat, e). pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton. f). penempatan yang benar, penyelesaian dan pepadatan beton segar, g). perawatan beton, dan h). kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang tidak diekspos dan 1% bagi beton yang tidak di ekspos (*E.G.Nawy, 1990:hal 24*).

3.2 Material Penyusun Beton

3.2.1 Semen

a. Semen *Portland*

Joseph Aspdin dari Leeds, menggunakan istilah semen *Portland* pada tahun 1824 untuk menerangkan suatu paten dari semen yang dibentuk dengan memanaskan campuran tanah liat halus dengan batu kapur atau kapur di dalam suatu tungku sampai pada suatu suhu yang cukup tinggi untuk membuang seluruh Karbon Di-oksida. Ini disebut semen *Portland* karena beton yang dihasilkan menyerupai batu *Portland* (Murdock 1986 : hal 2).

Semen *Portland* dibuat dengan cara menghaluskan silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan dicampur bahan gips. Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari batu kapur, silika (SiO_2) dari lempung dan alumina (Al_2O_3) dari lempung. (E.G.Nawy 1990 : hal 9). Pedoman Beton 1989 (SKBI.1.4.53.1988) dalam ulasannya dihalaman 1, membagi semen *Portland* menjadi lima jenis yaitu :

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

5. Tipe V, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Semen *Portland* yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 "Mutu dan Cara Uji Semen *Portland*", dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut (*Pedoman Beton 1989:3.2-8*).

b. Susunan Kimia Semen *Portland*

Bahan dasar semen *Portland* terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina dan oksida besi. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan. Walaupun kompleks, namun pada dasarnya dapat disebutkan 4 senyawa yang paling penting. Keempat senyawa tersebut adalah :

1. Trikalsium silikat (C_3S) atau $3CaO.SiO_2$
2. Dikalsium silikat (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$
3. Trikalsium aluminat (C_3A) atau $3CaO.Al_2O_3$
4. Tetrakalsium aluminoforit (C_4AF) atau $3CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

(huruf-huruf dalam tanda kurung hanyalah simbol dari komponen tersebut)

Dua unsur yang pertama (C_3S dan C_2S) biasanya merupakan 70 sampai 80 % dari semen sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen. Bila semen terkena air, C_3S segera mulai berhidrasi, dan menghasilkan panas. Selain itu juga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Sebaliknya C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen

setelah berumur lebih dari 7 hari, dan memberikan kekuatan akhir. Kedua unsur pertama ini membutuhkan air berturut-turut sekitar 24 dan 21 % dari masing-masing beratnya untuk terjadi reaksi kimia, namun saat hidrasi C_3S membebaskan kalsium hidroksida hampir 3 kali lebih banyak daripada yang dibebaskan oleh C_2S . Unsur C_3A berhidrasi secara *exothermic*, dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam. C_3A bereaksi dengan air sebanyak kira-kira 40 % beratnya, namun karena jumlah unsur ini hanya sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Unsur yang keempat yaitu C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya pada kekerasan semen atau beton.

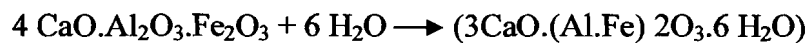
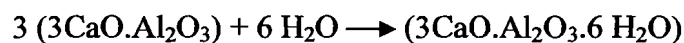
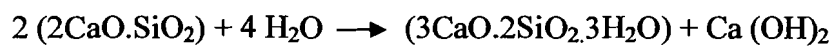
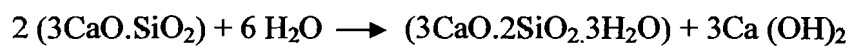
c. Hidrasi Semen

Bilamana semen bersentuhan dengan air maka proses hidrasi berlangsung. Proses ini berlangsung dari arah luar ke dalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi dibagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Proses permulaan hidrasi tersebut berlangsung lambat, antara 2 sampai 5 jam (*periode induksi atau tak aktif*)

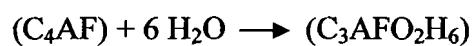
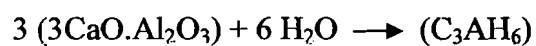
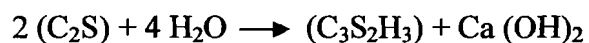
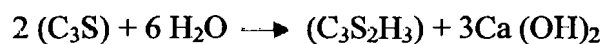
Pada tahap berikutnya, pasta semen menjadi gel (*suatu butiran sangat halus hasil hidrasi, memiliki luas permukaan yang amat besar*) dan sisa-sisa semen yang tidak bereaksi misalnya kalsium hidroksida $Ca(OH)_2$, air dan beberapa senyawa yang lain. Kristal-kristal dari berbagai senyawa yang dihasilkan membentuk suatu rangkaian tiga-dimensi yang saling melekat secara random dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula-mula ditempati air lalu menjadi kaku dan muncullah suatu kekuatan yang selanjutnya mengeras menjadi

benda yang padat dan kuat. Dengan demikian pasta semen yang telah mengeras memiliki struktur yang berpori, dengan ukuran pori bervariasi dari yang sangat kecil (4×10^{-7}) sampai yang lebih besar.

Setelah hidrasi berlangsung, endapan hasil hidrasi yang ada dipermukaan butiran semen memaksa air untuk berdifusi ke bagian dalam yang belum terhidrasi sehingga proses hidrasi semakin sulit dan laju hidrasi semakin lambat. Rumus proses kimia untuk reaksi hidrasi dari unsur C_3S dan C_2S dapat ditulis sebagai berikut :



Atau :



(Kardiyono 2004:hal II.2-II.5)

3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (*Kardiyono 2004:hal III.1*).

Dalam SNI T-15-1991-03 agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, krikil, batu pecah dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolis atau adukan. Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (*pecahan*). Agregat alam dan pecahan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (*gradasi*), dan tekstur permukaannya (*Tri Mulyono 2004:hal 76*).

Hal-hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan penggunaan agregat dalam campuran beton ada lima, yaitu (*Landgren 1994 dalam Tri Mulyono 2004:hal 76*) :

1. Volume udara

Udara yang terdapat dalam campuran beton akan mempengaruhi proses pembuatan beton, terutama setelah terbantuknya pasta semen

2. Volume padat

Kepadatan volume agregat akan mempengaruhi berat isi dari beton jadi.

3. Berat jenis agregat

Berat jenis agregat akan mempengaruhi proporsi campuran dalam berat sebagai kontrol.

4. Penyerapan

Penyerapan berpengaruh pada berat jenis.

5. Kadar air permukaan agregat

Kadar air permukaan agregat berpengaruh pada penggunaan air saat pencampuran.

Jenis agregat berdasarkan beratnya terbagi menjadi tiga jenis agregat, yaitu agregat normal, agregat ringan dan agregat berat. Agregat normal ini biasanya dihasilkan dari pemecahan batuan atau langsung dari sumber alam dengan berat jenis rata-ratanya adalah 2,5 - 2,7 atau tidak boleh kurang dari 1,2. Beton yang dibuat dengan agregat normal adalah beton normal dengan berat isi 2200 – 2500 kg/m³ (SK.SNI.T-15-1991). Agregat ringan digunakan untuk menghasilkan beton yang ringan dalam sebuah bangunan yang memperhitungkan berat dirinya. Berat isi agregat ringan ini berkisar 350 - 880 kg/m³ untuk agregat kasarnya dan 750-1200 kg/m³ untuk agregat halus dan campuran kedua agregat tersebut mempunyai berat isi maksimum 1040 kg/m³. Agregat berat mempunyai berat jenis lebih besar dari 2800 kg/m³. Berat jenis beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat berat ini dapat mencapai 5 kali berat jenis bahannya (Tri Mulyono 2004:hal 77).

Jenis agregat berdasarkan ukuran butir nominal dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus (Ulasan PB 1989:hal 9)

1. Agregat Halus adalah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4,8mm (*SII.0052,1980*) atau 4,75mm (*ASTM C33,1982*) atau 5,0mm (*BS.812,1976*).
2. Agregat kasar adalah agregat yang semua butirnya tertinggal diatas ayakan 4,8mm (*SII.0052,1980*) atau 4,75mm (*ASTM C33,1982*) atau 5,0mm (*BS.812,1976*).

Ukuran nominal butir agregat terbesar tidak boleh melebihi nilai berikut ini :

- a. Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan
- b. sepertiga tebal pelat
- c. tiga perempat jarak bersih minimum antar batang tulangan, berkas batang tulangan ataupun kabel prategang atau tendon prategang.

Jenis agregat berdasarkan gradasi atau distribusi ukuran agregatnya dapat dibedakan menjadi tiga yaitu : (*Tri Mulyono 2004:hal 83*)

1. Gradasi sela (*gap gradation*)

Jika salah satu atau lebih dari ukuran butir atau fraksi pada satu set ayakan tidak ada, maka gradasi ini akan menunjukkan satu garis horizontal dalam grafiknya.

2. Gradasi menerus

Adalah agregat yang semua ukuran butirnya ada dan terdistribusi dengan baik Agregat ini lebih sering dipakai dalam campuran beton. Untuk mendapat angka pori yang kecil dengan kemampuan yang tinggi sehingga terjadi *interlocking* yang baik, campuran beton

membutuhkan variasi ukuran butir agregat. Gradasi ini merupakan yang paling baik.

3. Gradasi seragam

Agregat yang mempunyai ukuran yang sama didefinisikan sebagai agregat seragam. Agregat ini biasanya dipakai untuk beton ringan, atau mengisi agregat dengan gradasi sela, atau untuk campuran agregat yang kurang baik atau tidak memenuhi syarat

Agregat untuk beton harus memenuhi ketentuan dari mutu dan cara uji agregat beton dalam SII 0052-80 ataupun persyaratan dari ASTM C330 tentang spesifikasi untuk agregat beton (*Ulasan PB 1989:hal 14*).

Kekuatan beton dipengaruhi oleh kualitas agregat, proporsi campuran, serta kebersihan air dan agregatnya. Oleh karena itu, selain harus memiliki kekuatan dan daya tahan baik, butir agregat disyaratkan harus bersih dari Lumpur atau material organis lainnya yang dapat mengurangi kekuatan beton. Bila banyaknya lumpur atau material organis yang dikandung dalam agregat lebih dari 5% maka agregat tersebut harus dicuci (*Ulasan PB 1989:hal 16*).

3.2.3 Air

Dalam pembuatan beton air diperlukan untuk bereaksi dengan semen *Portland* dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan (*diaduk, dituang dan dipadatkan*) Untuk bereaksi dengan semen *Portland*, air yang diperlukan hanya sekitar 25-30 % saja dari berat semen, namun dalam kenyataannya jika nilai Faktor Air-Semen (*berat air dibagi berat semen*)

kurang dari 0,35 adukan beton sulit untuk dikerjakan, sehingga umumnya nilai faktor air-semen lebih dari 0,4 (*berarti terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen*). Kelebihan air ini diperlukan sebagai pelumas agar adukan beton dapat mudah dikerjakan.

Air yang akan digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu untuk menghindari kerusakan beton/baja akibat penggunaan air yang bersifat merusak. Persyaratan mengenai penggunaan air sebagai bahan bangunan di Indonesia tertuang dalam Standar SK.SNI-S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (*Kardiyono 2004 : hal IV-1*).

3.2.4 Limbah Nikel (*Slag*)

Definisi *slag* dalam ASTM.C.989, "*Standart Spesification For Ground Granulated Blast-Furnace Slag For Use In Concrete And Mortar*", (*ASTM, 1995:494*) adalah produk non-metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya dalam air (*Tri Mulyono 2004:hal 126*).

Limbah nikel (*slag*) dihasilkan melalui proses pemisahan mineral menggunakan suhu tinggi. Limbah ini berwarna hitam keperak-perakan dan memiliki kekerasan menyerupai batu. Dari hasil pemeriksaan analisa unsur, limbah nikel memiliki susunan kimia yang terdiri atas :

1. SiO_2 (*silika*)

Kandungan senyawa ini merupakan yang terbanyak dalam slag.

2. CaO (*kapur*)

Merupakan salah satu bahan pembentuk semen.

3. Al_2O_3 (*alumina*)

Merupakan salah satu bahan pembentuk semen.

4. MgO, Fe, Ni, S

Merupakan unsur-unsur yang terdapat dalam slag.

3.3 Perencanaan Campuran Beton

Berbagai metode dapat dipakai untuk mendapatkan perbandingan campuran dari semen, agregat dan air sehingga beton memiliki sifat-sifat sesuai dengan yang diinginkan. Dalam penelitian ini menggunakan metode dari ACI (*American Concrete Institute*) sebagai dasar perhitungan proporsi campuran beton. *The American Concrete Institute (ACI)* menyarankan suatu cara perancangan campuran dengan memperhatikan nilai ekonomis, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan dan kekuatan yang diinginkan.

Langkah-langkah perencanaan campuran metode ACI adalah sebagai berikut : (*Kardiyono, 1992 : hal 7.9*)

1. Hitung kuat tekan rata-rata beton, berdasarkan kuat tekan rencana dan nilai margin yang tergantung lingkak pengawasan mutunya.

$$f'_{cr} = f'_c + m, \quad m = 1,64 \cdot S_d$$

dengan :

f'_{cr} = kuat tekan rata-rata (MPa).

f'_c = kuat tekan rencana atau yang disyaratkan (MPa).

m = nilai margin (MPa).

S_d = nilai deviasi standar.

Tabel 3.1 Nilai Deviasi Standar

Volume pekerjaan (m ³)		Mutu Pekerjaan		
		Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil	< 1000 m ³	4,5 < sd ≤ 5,5	5,5 < sd ≤ 6,5	6,5 < sd ≤ 8,5
Sedang	1000 – 3000 m ³	3,5 < sd ≤ 4,5	4,5 < sd ≤ 5,5	5,5 < sd ≤ 7,5
Besar	> 3000 m ³	2,5 < sd ≤ 3,5	3,5 < sd ≤ 4,5	4,5 < sd ≤ 6,5

2. Tetapkan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki (*lihat tabel 3.2*) dan keawetannya (*berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan ; lihat tabel 3.3*). Dari dua hasil dipilih yang paling rendah.

Tabel 3.2 Hubungan Faktor Air-Semen dan f'_{cr} silinder beton pada umur 28 hari

Kekuatan Tekan 28 hari (MPa)	FAS	
	Beton	Beton
	Air-Entrained	Non Air-Entrained
41,4	0,41	-
34,5	0,48	0,4
27,6	0,57	0,48
20,7	0,68	0,59
13,8	0,62	0,74

Tabel 3.3 Faktor Air Semen Maksimum

Jenis struktur dan kondisi lingkungan	FAS
Beton didalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
Beton diluar ruang bangunan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan air :	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Berdasarkan jenis strukturnya, tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregatnya (*dari tabel 3.4 dan tabel 3.5*)

Tabel 3.4 Nilai Slump (mm)

Jenis Kontruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding penahan dan pondasi	76,2	25,4
Pondasi sederhana, sumuran dan dinding substruktur	76,2	25,4
Balok dan dinding beton	101,6	25,4
Kolom struktural	101,6	25,4
Perkerasan dan slab	76,2	25,4
Beton massal	50,8	25,4

Tabel 3.5 Ukuran Maksimum Agregat

Dimensi minimum, mm	Balok / Kolom	Pelat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

4. Tetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan (*lihat tabel 3.6*)

Tabel 3.6 Perkiraan kebutuhan air campuran dan persyaratan kandungan udara untuk berbagai nilai *slump* dan ukuran nominal agregat maksimum

Slump (mm)	Air (lt/m ³)							
	9,5 mm	12,7 mm	19,1 mm	25,4 mm	38,1 mm	50,8 mm	76,2mm	152,4mm
25,4 s/d 50,8	210	201	189	180	165	156	132	114
76,2 s/d 127	231	219	204	195	180	171	147	126
152,4 s/d 177,8	246	231	216	204	189	180	162	-
Mendekati jumlah Kandungan Udara dalam Beton Air Entrained (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
25,4 s/d 50,8	183	177	168	162	150	144	123	108
76,2 s/d 127	204	195	183	177	165	159	135	120
152,4 s/d 177,8	219	207	195	186	174	168	156	-
Kandungan Udara total rata-rata yang disetujui (%)								
Dickspose sedikit	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Diekspose menengah	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Sangat diekspose	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

5. Hitung semen yang dibutuhkan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) diatas.

6. Tetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus kehalusan agregatnya. (*lihat tabel 3.7*)

Tabel 3.7 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per satuan meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirnya

Ukuran Agregat Maks (mm)	Volume Agregat Kasar Kering oven persatuan volume untuk berbagai Modulus Halus Butir			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,50	0,50	0,48	0,46	0,44
12,7	0,59	0,57	0,55	0,53
19,1	0,66	0,64	0,62	0,60
25,4	0,71	0,69	0,67	0,65
38,1	0,75	0,73	0,71	0,69
50,8	0,78	0,76	0,74	0,72
76,2	0,82	0,80	0,78	0,76
152,4	0,87	0,85	0,83	0,81

7. Hitung volume agregat halus yang dibutuhkan berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang dibutuhkan, serta kandungan udara yang terperangkap dalam adukan (*tabel 3.6*)

3.4 Nilai Slump

Pengujian slump adalah salah satu cara untuk mengukur kelecakan beton segar, yang dipakai pula untuk memperkirakan tingkat kemudahan dalam pengerjaannya (*Kardiyono 2004 : hal VII-4*).

Jumlah air dalam campuran mempengaruhi kekuatan dan kemudahan pengerjaan beton. Pada dasarnya pengujian slump dilapangan bertujuan untuk menghasilkan beton yang seragam, untuk mempertahankan faktor air semen yang tetap dan menentukan jumlah air dalam adukan.

3.5 Tingkat Kemudahan Pengerjaan beton (*Workability*)

Kelecakan (*sifat plastis, consistency, yaitu sifat kekentalan beton segar, antara cair dan padat*) pada beton segar merupakan ukuran kemudahan beton segar (*adukan beton*) untuk dikerjakan (*Kardiyono 2004 : hal VII-1*). Percobaan *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan beton melalui nilai *slump*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kelecakan beton segar antara lain :

1. **Jumlah air** yang dipakai dalam campuran adukan beton. Makin banyak air dipakai makin encer beton segar. Penambahan air sangat efektif untuk menambah keenceran adukan beton, namun karena nilai FAS bertambah (*karena jumlah semen tetap*) maka berakibat kuat tekan betonnya menurun.
2. **Jumlah pasta** (*semen dan air*) dalam campuran adukan beton. Makin banyak pasta makin encer adukan beton segar. Penambahan pasta (*dengan*

FAS tetap) biasanya dilakukan agar adukan bertambah encer namun nilai FAS tetap sehingga kuat tekan betonnya tidak turun. Oleh karena itu, maka penambahan jumlah pasta dengan FAS tetap lebih baik daripada penambahan air yang merubah FAS.

3. **Gradasi agregat** (*campuran agregat halus dan kasar*). Bila gradasi campuran agregat halus dan agregat kasar mengikuti gradasi agregat campuran yang telah disarankan oleh standar maka adukan beton akan mempunyai kelecakan yang baik sehingga relatif mudah untuk dikerjakan.
4. **Bentuk butiran agregat**. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat (*kerikil*) tampak lebih encer sehingga lebih mudah dikerjakan daripada butir agregat yang bersudut (*batu pecah*).
5. **Besar butir maksimum agregat**. Pemakaian butir maksimum agregat yang lebih besar tampak lebih encer sehingga lebih mudah dikerjakan daripada butir maksimum yang lebih kecil.

3.6 Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton diperoleh melalui pengujian standar menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton hingga hancur. Beban tekan maksimum yang memecahkan itu dibagi dengan luas penampang tekan silinder diperoleh nilai kuat tekan, atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f_c = P/A$$

keterangan :

P = Gaya Tekan Maksimum (N) → Mesin uji menggunakan satuan KN

A = Luas bidang tekan benda uji (mm²)

f_c = Kuat tekan dari masing-masing benda uji (MPa)

(Kardiyono 2004 : hal VIII-7)

Selanjutnya untuk keperluan analisis terhadap kuat desak karakteristiknya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f_c = f_{cr} - 1,64 \cdot Sd$$

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^n f_{ci} / n$$

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

keterangan : f_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata (MPa)

f_c = Kuat tekan karakteristik beton (MPa)

f_{ci} = Kuat tekan masing-masing benda uji (MPa)

n = Jumlah benda uji

Sd = Deviasi standar

3.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton

Pada dasarnya kuat tekan beton tergantung pada 3 hal, yaitu (Kardiyono 2004:hal VIII-2) :

1. Kekuatan pasta semen (*air dan semen*).
2. Daya rekat antara pasta dan permukaan butir-butir agregat, dan
3. Kuat tekan agregat.

Dari ketiga butir diatas, secara lebih rinci diuraikan bahwa kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Umur beton
2. Faktor air-semen

3. Kepadatan
4. Jumlah pasta semen
5. Jenis semen
6. Sifat agregat

3.7.1 Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu semakin lambat, dan laju kenaikan tersebut menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari, sehingga secara umum dianggap tidak naik lagi setelah berumur 28 hari. Beberapa hasil penelitian (*dan pedoman*) tentang hubungan antara umur dan kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel-tabel berikut (*Kardiyono 2004:VIII-2*).

Tabel 3.8 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur (*PBI 1971*)

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan Kekuatan awal tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Tabel 3.9 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur (*Kardiyono 1987*)

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90
Kuat Tekan Beton (suhu sekitar 28°C)	0,49	0,68	0,84	0,93	1,00	1,27

Tabel 3.10 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur (*Randing dan Lasino 1994*)

Umur Beton (hari)	3	7	21	28
Kuat Tekan Beton (pada suhu 17° - 23°C)	0,40	0,65	0,95	1,00

3.7.2 Faktor Air-Semen

Faktor Air Semen (FAS) adalah perbandingan berat air dan berat semen *Portland* didalam campuran adukan beton. Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh FAS yang dipakai (*Kardiyono 1992:Hal 4.3*).

Semakin besar nilai faktor air-semen semakin rendah kuat tekan betonnya. Namun demikian nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi, ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah (*yaitu < 0,4*) akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan sehingga dapat berakibat kekuatan beton menjadi rendah karena beton kurang padat. Umumnya nilai Faktor Air-Semen minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65.

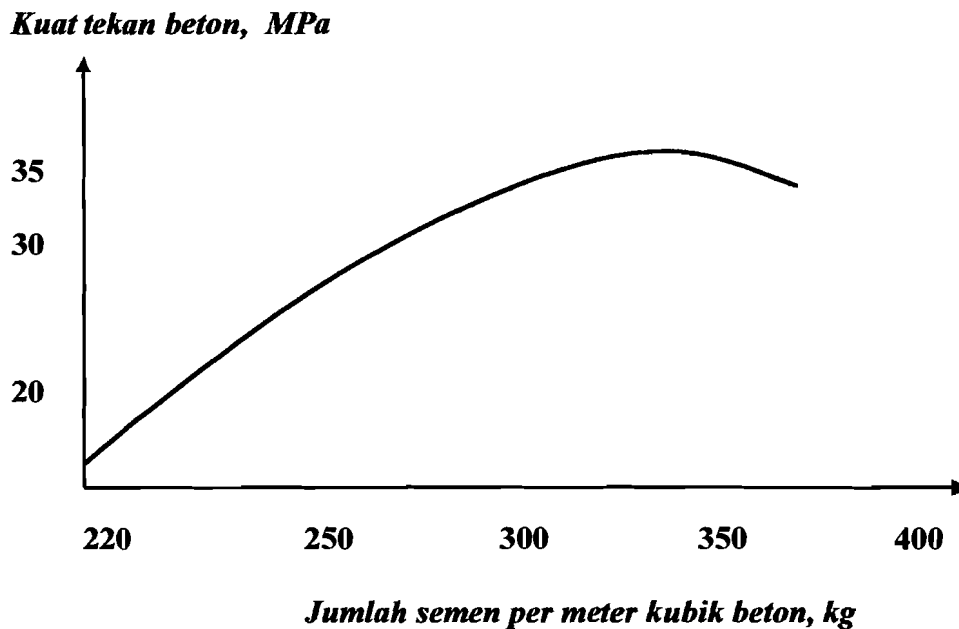
Pada dasarnya semen membutuhkan air sekitar 30% - 40% berat semen untuk bereaksi secara sempurna. Akan tetapi apabila berat air kurang dari 30% - 40% berat semen maka reaksi kimia tersebut tidak dapat selesai dengan sempurna, lagi pula adukan beton menjadi sulit untuk dipadatkan. Kurang sempurnanya reaksi maupun kurang padatnya adukan ini mengakibatkan beton yang terjadi lemah dan berongga sehingga kekuatan beton menjadi berkurang. Jadi, air dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen dan untuk memudahkan pemadatan beton sehingga beton tidak keropos (*Kardiyono 1992:Hal 4.3*).

3.7.3 Kepadatan

Kuat tekan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Pemadatan yang tidak sempurna dapat menyebabkan terjadinya rongga pada beton. Adanya rongga pada beton dapat mengurangi nilai kuat tekan betonnya.

3.7.4 Jumlah Pasta Semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh dengan pasta semen, serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen. Jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan butir agregat terselimuti oleh pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat, dan berakibat kuat tekan beton rendah. Akan tetapi, jika jumlah pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton lebih didominasi oleh pasta semen, bukan agregat. Karena umumnya kuat tekan pasta semen lebih rendah daripada agregat, maka jika terlalu banyak pasta semen kuat tekan beton menjadi lebih rendah.



Gambar 3.1 Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air-semen sama

3.7.5 Jenis Semen

Semen Portland untuk pembuatan beton terdiri dari beberapa jenis, sebagaimana dapat dilihat pada halaman 11, masing-masing jenis semen *Portland* (termasuk semen *Portland Pozollan*) mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras, sehingga berpengaruh terhadap kuat tekan betonnya. .

3.7.6 Sifat Agregat

Agregat terdiri atas agregat halus (*pasir*) dan agregat kasar (*kerikil atau batu pecah*). Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain :

1. **Kekasaran permukaan**, karena permukaan agregat yang kasar dan tidak licin membuat rekatan antara permukaan agregat dan pasta semen lebih kuat daripada permukaan agregat yang halus dan licin.

2. **Bentuk agregat**, karena bentuk agregat yang bersudut misalnya pada batu pecah, membuat butir-butir agregat itu sendiri saling mengunci dan sulit untuk digeserkan, berbeda dengan batu kerikil yang bulat. Oleh karena itu maka beton yang dibuat dari batu pecah lebih kuat daripada beton yang dibuat dari kerikil.
3. **Kuat tekan agregat**, karena sekitar 70% volume beton terisi oleh agregat, sehingga kuat tekan beton didominasi oleh kuat tekan agregat. Jika agregat yang dipakai mempunyai kuat tekan rendah maka akan diperoleh beton yang kuat tekannya rendah pula.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Pendahuluan

Penelitian menggunakan metode eksperimental yaitu metode penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi pada obyek penelitian serta adanya kontrol dengan tujuan untuk menyelidiki ada-tidaknya hubungan sebab-akibat serta seberapa besar hubungan sebab-akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk perbandingan. (*M.Nazir 2003 : hal 63-64*)

Bab ini membahas metode penelitian yang digunakan. Hal-hal mengenai metode penelitian yang dibahas meliputi :

1. Perencanaan penelitian
2. Pelaksanaan penelitian

4.2 Perencanaan Penelitian

Langkah-langkah dalam merencanakan penelitian dijabarkan sebagai berikut :

1. Rumusan permasalahan

Penelitian dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh penggantian agregat halus pada campuran beton menggunakan limbah nikel (*slag*) terhadap kuat desak beton. Dengan latar belakang yang ada kemudian dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

- a. Apakah ada pengaruh penggantian agregat halus pada campuran beton menggunakan limbah nikel (*slag*) terhadap kuat desak beton.
- b. Pada persentase berapakah variasi jumlah *Slag* sebagai bahan pengganti agregat halus menghasilkan kuat desak beton maksimum.
- c. Berapakah nilai berat volume beton yang terjadi pada masing-masing kelompok variasi.

2. Merumuskan hipotesis

Hipotesis merupakan pernyataan sementara tentang hasil penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini hipotesis dirumuskan atas dasar teori proses berlangsungnya hidrasi semen dan hasil penelitian terdahulu tentang penggunaan slag sebagai agregat pada campuran beton. Berdasarkan rumusan masalah pada poin 2 di atas lalu dirumuskan hipotesis sebagai berikut :

- a. Ada pengaruh penggantian agregat halus menggunakan limbah nikel (*slag*) pada campuran beton terhadap kuat desak beton.
- b. Penggantian agregat halus menggunakan *slag* pada campuran beton dengan persentase 100% menghasilkan kuat desak beton maksimum.

3. Pelaksanaan penelitian.

Pelaksanaan penelitian dilakukan mengikuti langkah-langkah berurutan yang telah disusun untuk memperoleh keterangan-keterangan yang dibutuhkan dalam rangka menjawab masalah penelitian yang telah dirumuskan sehingga tujuan penelitian dapat dicapai.

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Tahap persiapan.
- 2) Tahap pemeriksaan bahan/material penyusun beton.
- 3) Tahap pembuatan benda uji.
- 4) Tahap perawatan benda uji.
- 5) Tahap pengujian kuat desak beton.
- 6) Tahap analisis dan pembahasan hasil penelitian
- 7) Tahap menyimpulkan hasil penelitian

4. Variabel-variabel penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- Variabel bebas (X) yaitu variasi jumlah bahan substitusi agregat halus (0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%)
- Variabel terikat (Y) yaitu kuat tekan beton rerata (f'_{cr}) dari masing-masing kelompok benda uji (MPa).

5. Benda uji (*sampel*)

Benda uji berbentuk silinder beton Ø15cm dan tinggi 30cm. Jumlah benda uji keseluruhan adalah 60 buah yang terbagi kedalam 6 kelompok variasi (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) dengan jumlah benda uji tiap kelompok variasi adalah 10 buah. Perawatan benda uji dilakukan dengan merendam benda uji dalam air. Uji kuat tekan dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Perencanaan proporsi campuran menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*). Pembuatan, pemeriksaan dan pengujian terhadap bahan/material penyusun serta benda uji dilakukan di laboratorium.

6. Analisis data hasil pengujian kuat desak beton dan pemeriksaan nilai berat volume beton benda uji

a. Penentuan kuat tekan karakteristik beton.

- Kuat tekan karakteristik ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$f_c = f_{cr} - 1,64.Sd$$

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^n f_{ci} / n$$

- Standar Deviasi (Sd) dihitung menggunakan persamaan berikut :

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

keterangan :

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

f_c = Kuat desak karakteristik beton (MPa)

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

n = Jumlah benda uji

Sd = Standar deviasi

b. Penentuan nilai berat volume beton.

Nilai berat volume beton (kg/m^3) diperoleh melalui hasil pemeriksaan berat beton benda uji dan perhitungan volume benda uji

c. Analisis data hasil pengujian menggunakan metode statistik

Analisis data hasil pengujian menggunakan metode statistik berupa analisis regresi untuk memperoleh kurva hubungan dua variabel penelitian (*variabel X dan Y*). Hasil analisis dan kurva yang terjadi dapat menjelaskan hasil penelitian mengenai kuat desak beton yang diperoleh.

7. Pembahasan hasil analisis

8. Kesimpulan

4.3 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian seperti yang telah disebutkan sebelumnya dilakukan dengan tahap-tahapan sebagai berikut :

1. Tahap persiapan

Pada tahap ini seluruh bahan (*material*) dan peralatan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu.

2. Tahap pemeriksaan bahan/material penyusun beton

Bahan/material yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton diuji untuk mengetahui sifat-sifatnya. Pemeriksaan yang dilakukan adalah :

- a) Pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus.
- b) Analisa saringan dan Modulus Halus Butir agregat halus.
- c) Pemeriksaan Berat Jenis agregat (*halus dan kasar*).
- d) Pemeriksaan Berat Isi Padat Satuan agregat (*halus dan kasar*).

3. Tahap pembuatan benda uji, meliputi :

- a) Perencanaan campuran.
- b) Persiapan cetakan.
- c) Pembuatan adukan beton.
- d) Pemeriksaan nilai *Slump*.
- e) Penuangan adukan dan pemadatan.

4. Tahap Perawatan benda uji.

Perawatan terhadap benda uji dilakukan dengan merendam benda uji didalam air.

5. Tahap Pengujian Kuat Tekan Beton benda uji.

Pengujian pada benda uji berupa Uji Kuat Tekan dan pemeriksaan nilai Berat Volume Beton dilakukan setelah benda uji berusia 28 hari.

6. Tahap analisis data dan pembahasan.

Pada tahap ini dilakukan analisis data dan pembahasan berdasarkan hasil pengujian.

7. Tahap pengambilan kesimpulan

Kesimpulan harus dapat menjawab tujuan penelitian.

4.3.1 Tahap Persiapan

Bahan-bahan dan alat-alat penelitian yang akan digunakan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu. Bahan-bahan dan alat-alat penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

a. Bahan-bahan yang digunakan adalah :

1. Semen, menggunakan semen Portland tipe I dari P.T. Semen Nusantara kemasan 50kg.
2. Agregat kasar menggunakan batu pecah (*split*) yang lolos saringan 20mm dan tertahan di saringan 4,8mm yang berasal dari clereng.
3. Agregat halus, menggunakan pasir yang lolos saringan 4,8mm. Dua macam pasir yang digunakan yaitu :
 - (1). Pasir alam yang berasal dari sungai Krasak dan,

(2). Pasir buatan (*limbah nikel/Slag yang dipecah menjadi butiran-butiran pasir*). Limbah Nikel (*Slag*), berasal dari lokasi pembuangan limbah PT. INCO.Tbk yang berlokasi di Desa Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Propinsi Sulawesi Selatan.

4. Air, berasal dari Laboratorium BKT UII.

b. Alat-alat yang digunakan adalah :

1. Talam Baja

Talam ini digunakan untuk alas campuran bahan-bahan adukan beton dan sebagai wadah untuk mencurahkan adukan beton segar sebelum dicetak.

2. Cetok

Sebagai alat bantu dalam proses pencetakan beton segar.

3. Gelas Ukur

Digunakan dalam pemeriksaan agregat dan takaran kebutuhan air campuran beton segar.

4. Cetakan Silinder

Cetakan Silinder terbuat dari baja dengan dimensi tinggi 30cm dan berdiameter 15cm.

5. Timbangan

Digunakan untuk menimbang material dan untuk menimbang benda uji.

6. Kaliper

Digunakan untuk mengetahui dimensi benda uji.

7. Oven

Sebagai alat pengering agregat..

8. Mixer/Molen

Digunakan untuk mencampur material penyusun adukan beton agar merata.

9. Saringan

Digunakan untuk mengetahui gradasi agregat.

10. Kerucut Abrams

Sebagai alat uji dalam pengujian Slump. Alat ini memiliki tinggi 30cm dan diameter atas dan bawah masing-masing 10cm dan 20cm.

4.3.2 Tahap Uji Bahan Susun

Bahan-bahan yang akan dipakai sebagai material penyusun beton harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan dengan mengadakan pengujian dan pemeriksaan terhadapnya. Pada penelitian ini pemeriksaan yang dilakukan adalah:

1. Pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung dalam agregat yang akan digunakan sebagai material campuran beton. Lumpur yang dimaksud adalah butir-butir agregat yang lolos saringan no.200 (0.075mm). Jumlah kandungan lumpur yang disyaratkan (PUBI-1982) tidak boleh melebihi 5% dari total berat agregat halus.

2. Analisa Saringan dan Modulus Halus Butir (*MHB*)

Pemeriksaan menggunakan analisa saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butiran (*gradasi*) agregat halus dan nilai *MHB* agregat halus dengan menggunakan satu set saringan. Persyaratan gradasi agregat halus menurut SK.SNI.T-15-1991-03 ditampilkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Persyaratan gradasi agregat halus

Lubang (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	Jenis Agregat Halus			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

3. Pemeriksaan Berat Jenis agregat

Berat Jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama. Pemeriksaan berat jenis agregat ini dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenis dari masing-masing agregat (*halus dan kasar*). Nilai ini digunakan untuk menentukan berat agregat pada perencanaan proporsi campuran beton.

4. Pemeriksaan Berat Isi Padat Satuan agregat

Berat Isi Padat Satuan agregat ialah berat agregat dalam satu satuan volume. Pemeriksaan berat isi padat satuan dilakukan untuk mengetahui nilai Berat Isi Padat Satuan agregat. Nilai ini digunakan untuk menentukan berat agregat kasar pada perencanaan proporsi campuran beton.

5. Kandungan Kimia *Slag*

Pemeriksaan kandungan kimia pada slag dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur kimia yang terdapat pada slag. Hasil pemeriksaan unsur kimia pasir *Slag* diperoleh dari Laboratorium Process Technologies PT,INCO,Tbk Sorowako (*data terlampir*).

4.3.3 Tahap Pembuatan Benda Uji

a. Perencanaan Campuran

Untuk mendapatkan mutu beton yang sesuai dengan perencanaan yang telah disyaratkan, terlebih dahulu dilakukan perencanaan campuran adukan beton sedemikian rupa sehingga diperoleh jumlah komposisi yang tepat antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air agar tercapai hal-hal berikut :

1. Kuat desak sesuai rencana pada umur 28 hari,
2. Workabilitas (*sifat mudah dikerjakan*),
3. Keawetan (*durabilitas*),
4. Ekonomis

Metode yang digunakan dalam merencanakan campuran beton pada penelitian ini adalah menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*) yang dijabarkan sebagai berikut.

Perhitungan Rencana Proporsi Campuran Beton

1. Kuat desak rencana : $f'_{cr} = 34.5 \text{ MPa}$
2. Diameter butir maksimum : 20 mm
3. MHB pasir : 2,93
4. Berat isi padat Pasir : $1,672 \text{ gr/cm}^3$
5. BJ (SSD) Pasir : 2,647
6. Berat isi padat Split : $1,525 \text{ gr/cm}^3$
7. BJ (SSD) split : 2,545
8. Berat isi padat *Slag* : $1,862 \text{ gr/cm}^3$
9. BJ (SSD) *Slag* : 2,857
10. BJ Semen : 3,15

Langkah-langkah perencanaan proporsi campuran beton :

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

Nilai Standar deviasi ditentukan menurut tabel 3.1 hal 21 adalah 6, untuk mutu pekerjaan baik dan volume pekerjaan $< 1000 \text{ m}^3$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = f'_c + (1,64 \cdot Sd)$$

$$f'_{cr} = 25 + (1,64 \cdot 6) = 34,84 \text{ MPa}$$

untuk perencanaan digunakan nilai f'_{cr} 34,5 MPa

2. Menentukan nilai Faktor Air-Semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki (*tabel 3.2 hal 21*) dan keawetannya (*berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan ; tabel 3.3 hal. 22*), yaitu 0,48 dan maksimum 0,6. Digunakan nilai FAS terkecil yaitu 0,48.

3. Menentukan nilai slump dan ukuran butir agregat maksimum berdasarkan jenis strukturnya, (tabel 3.4 dan tabel 3.5 hal. 23), yaitu nilai slump sebesar 25,4mm – 101,6mm dan ukuran butir maksimum 20mm untuk jenis struktur Pelat, balok, kolom dan dinding beton.
4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran butir maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan (tabel 3.6 hal 24). Berdasarkan tabel 3.6 pada halaman 24 untuk butir maks 20mm dan nilai slump 25,4mm – 101,6mm diperoleh kebutuhan air sebesar 204 lt dan udara terperangkap 2 % atau 0,02 m³
5. Menghitung Kebutuhan semen

$$\text{Berat semen} = 204 / 0,48 = 425 \text{ kg}$$

$$\text{Volume semen} = 425 / (3,15 \times 1000) = 0,1349 \text{ m}^3$$

6. Menentukan Agregat Kasar per satuan volume

$$\text{MHB pasir} = 2,93$$

$$\text{Ukuran maksimum split} = 20 \text{ mm}$$

Dari tabel 3.7 (hal 25) diperoleh volume per m³ agregat kasar sejumlah

0,607m³ (interpolasi)

$$\text{Berat split} = 0,607 \times 1,525 = 0,926 \text{ T/m}^3 = 926 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume padat split} = 0,926 / 2,545 = 0,3638 \text{ m}^3$$



7. Menghitung volume agregat halus

$$\begin{aligned} \text{Volume tanpa pasir} &= \text{vol air} + \text{vol semen} + \text{vol split} + \text{vol udara terperangkap} \\ &= 0,204 + 0,1349 + 0,3638 + 0,02 = 0,7227 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume padat pasir} = 1 - 0,7227 = 0,2773 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} &= \text{vol padat pasir} \times \text{berat jenis pasir} \\ &= 0,2773 \times 2,647 \times 1000 = 734,01 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{berat Slag} = 0,2773 \times 2,857 \times 1000 = 792,25 \text{ kg}$$

Proporsi campuran

1) Semen	=	425 kg
2) Batu Pecah	=	926 kg
3) Pasir	=	734 kg
4) Slag	=	792,3 kg
5) Air	=	204 liter

Perbandingan adukan beton per 1 m³

$$P_c : P_s : \text{Split} : \text{Air} = 425 : 734 : 926 : 204$$

$$\text{volume 1 bh silinder} = 0,005301 \text{ m}^3$$

kehilangan proses campuran diasumsikan sebesar 20 %, jadi kebutuhan campuran

beton untuk 1 silinder adalah :

- Semen : 425 x (0,005301+0,00106) = 2,7034 kg
- Pasir : 734 x (0,005301+0,00106) = 4,6690 kg
- Split : 926 x (0,005301+0,00106) = 5,8903 kg
- Air : 204 x (0,005301+0,00106) = 1,2976 kg

b. Persiapan Cetakan

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari besi dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm. Cetakan yang akan digunakan harus terlebih dahulu dibersihkan dari sisa adukan beton yang masih melekat, kemudian bagian dalam dari cetakan diolesi minyak pelumas agar adukan beton tidak melekat dan dapat dengan mudah dilepas dari cetakan setelah adukan beton tersebut mengeras. Pelepasan cetakan dilakukan setelah beton mengeras yaitu ketika beton telah didiamkan selama kurang lebih 24 jam.

c. Pembuatan Adukan Beton

Langkah-langkah pembuatan adukan beton yaitu sebagai berikut :

Tahap I

1. Menyiapkan bahan-bahan campuran beton.
2. Menimbang berat masing-masing bahan sesuai dengan rencana.
3. Menyiapkan pengaduk (mixer), seperangkat alat uji slump dan cetakan.

Tahap II

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

d. Pengujian Kekentalan Adukan (*Slump Test*)

Pengujian kekentalan adukan dilakukan untuk mendapatkan nilai kekentalan dari adukan beton segar. Pengujian ini menggunakan alat uji bernama kerucut Abrams yang berbentuk kerucut dengan sisi atas dan bawahnya terbuka berdiameter masing-masing 10cm dan 20cm serta tinggi 30cm. Alat bantu pemadatan untuk pengujian ini menggunakan tongkat penumbuk dari besi berdiameter 16mm dan panjang 60cm.

Pengujian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Kerucut Abrams dibersihkan dan dibasahi sebelum dipakai.
2. Kerucut diletakkan diatas permukaan yang datar (*plat baja*) dengan posisi rata.
3. Beton segar dituang kedalam kerucut setinggi kira-kira $\frac{1}{3}$ dari tinggi kerucut lalu ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian dituang lagi hingga setinggi $\frac{2}{3}$ 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 ± 30 detik.
4. 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.

e. Pencoran Adukan Beton

Langkah-langkah pencoran adukan beton, yaitu :

1. Penempatan Cetakan

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

2. 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 menggunakan tongkat penumbuk 25 kali tusukan secara merata. Setelah cetakan terisi penuh, permukaan diratakan.

4.3.4 Tahap Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dengan merendamnya dalam air. Hal ini dilakukan untuk menjaga kelembaban permukaan beton sehingga proses hidrasi semen berlangsung sempurna. Lamanya perendaman hingga beton berusia 28 hari.

4.3.5 Tahap Pengujian Kuat Tekan Beton

Sebelum diuji kekuatannya, setiap benda uji dikeringkan dengan cara diangin-anginkan terlebih dahulu.

Peralatan yang digunakan :

- a. Mesin Desak Hidrolik merk Control. (*menggunakan satuan KN*)
- b. Timbangan
- c. Kaliper (*jangka sorong*)

Langkah-langkah pengujian :

1. Umur benda uji sesuai dengan umur rencana.
2. Benda uji ditimbang dan diukur dimensinya dengan kaliper untuk mengetahui volume dan luas permukaan bidang tekannya.
3. Benda uji diletakkan pada ruang tekan mesin desak dengan sisi atas dan sisi bawah harus rata dan posisinya simetris tepat dibawah piston tekan mesin uji desak.
4. Mesin desak dijalankan secara elektrik dengan penambahan beban yang konstan.
5. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur kemudian dicatat besar beban maksimumnya.
6. Setelah benda uji hancur, kekuatan desak dikurangi dan penutup tekanan dibuka sehingga piston terangkat naik. Lantai uji kemudian dibersihkan dari sisa pecahan beton benda uji yang hancur sebelumnya.

Untuk mendapatkan besarnya tegangan maksimum dari masing-masing benda uji kemudian dilakukan penghitungan sebagai berikut :

$$f'_{ci} = P / A$$

keterangan :

P = Gaya Tekan Maksimum (N) → Mesin uji menggunakan satuan KN

A = Luas bidang tekan benda uji (mm^2)

f'_{ci} = Kuat desak dari masing-masing benda uji (MPa)

4.3.6 Tahap Analisis Data dan Pembahasan

a. Analisis Kuat Desak Beton

Dari hasil pengujian kuat desak beton benda uji diperoleh data kekuatan beton yang direfleksikan melalui tegangan maksimum dari masing-masing benda uji yang kemudian dianalisis terhadap kuat desak karakteristiknya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^n f_{ci} / n$$

$$f_c = f_{cr} - 1,64 \cdot Sd$$

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

keterangan :

f_{cr}	=	Kuat desak beton rata-rata (MPa)
f_c	=	Kuat desak karakteristik beton (MPa)
f_{ci}	=	Kuat desak masing-masing benda uji (MPa)
n	=	Jumlah benda uji
Sd	=	Standar deviasi

b. Analisis data menggunakan metode statistik

Persamaan regresi linear menggunakan rumus :

$$y = a + bx$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Persamaan regresi *polinomial* orde dua menggunakan rumus :

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

$$\begin{pmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i \cdot y_i \\ \sum x_i^2 \cdot y_i \end{pmatrix}$$

Untuk mengetahui derajat kesesuaian persamaan regresi yang diperoleh, dihitung nilai koefisien korelasi (r) menggunakan rumus :

$$r = \sqrt{\frac{Dt^2 - D^2}{Dt^2}}$$

$$Dt^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

$$D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx)^2 \rightarrow \text{linear}$$

$$D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x - a_2 x^2)^2 \rightarrow \text{polinomial}$$

untuk perkiraan yang sempurna nilai $r = 1$, apabila $r = 0$ perkiraan suatu fungsi sangat jelek.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

5.1 Analisis Hasil Uji

5.1.1 Hasil Pemeriksaan Bahan/Material Penyusun Beton

a. Kandungan Lumpur Agregat Halus

Tabel 5.1 Data kandungan lumpur pasir Krasak

Uraian	Sampel 1	sampel 2	Rata-rata
Ukuran maks. Agregat (kering tungku, mm)	4,8	4,8	4,8
Berat agregat awal (W1), gram	500	500	500
Berat setelah dicuci (W2), gram	493	495	494
Berat yang lewat ayakan no. 200 (W3), gram	8,6	7,1	7,85
Berat yang lewat ayakan no. 200, persen (W3 / W1) x 100 %	1,72	1,42	1,57

Tabel 5.2 Data kandungan lumpur *Slag*

Uraian	Sampel 1	sampel 2	Rata-rata
Ukuran maks. Agregat (kering tungku, mm)	4,8	4,8	4,8
Berat agregat awal (W1), gram	500	500	500
Berat setelah dicuci (W2), gram	496	497	496,5
Berat yang lewat ayakan no. 200 (W3), gram	5,6	4	4,8
Berat yang lewat ayakan no. 200, persen (W3 / W1) x 100 %	1,12	0,8	0,96

Dari hasil pemeriksaan diketahui kandungan lumpur yang terkandung dalam pasir Krasak adalah 1,57% dan kandungan lumpur yang terkandung dalam *Slag* sebesar 0,96%. Kedua jenis pasir yang telah diperiksa memenuhi persyaratan menurut PUBI-1982 dengan kandungan Lumpur tidak melebihi 5% dari berat total agregat halus.

b. Analisa Saringan dan MHB Agregat Halus

Tabel 5.3 Data Modulus Halus Butir agregat halus pasir Krasak

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat tertinggal kumulatif (%)		Persen lolos kumulatif (%)	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Percobaan ke								
40								
20								
10	0	0	0	0	0	0	100	100
4,8	10,5	5,6	0,42	0,224	0,42	0,224	99,58	99,776
2,4	195	158,8	7,8	6,352	8,22	6,576	91,78	93,424
1,2	605,9	585,4	24,236	23,416	32,456	29,992	67,544	70,008
0,6	953,9	975,8	38,156	39,032	70,612	69,024	29,388	30,976
0,3	472,6	477,3	18,904	19,092	89,516	88,116	10,484	11,884
0,15	127,7	202,6	5,108	8,104	94,624	96,22	5,376	3,78
sisia	134,4	94,5	5,376	3,78	100	100	0	0
Jumlah	2500	2500	100	100	295,848	290,152		
Rata-rata	2500		100		293			
MODULUS HALUS BUTIR (MHB)					2,93			

Tabel 5.4 Data Data Modulus Halus Butir agregat halus *Slag*

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat tertinggal kumulatif (%)		Persen lolos kumulatif (%)	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Percobaan ke								
40								
20								
10	0	0	0	0	0	0	100	100
4,8	25,7	23,5	1,028	0,94	1,028	0,94	98,972	99,06
2,4	156,2	158,8	6,248	6,352	7,276	7,292	92,724	92,708
1,2	702,9	705	28,116	28,2	35,392	35,492	64,608	64,508
0,6	1050,2	995,8	42,008	39,832	77,4	75,324	22,6	24,676
0,3	396,5	406,7	15,86	16,268	93,26	91,592	6,74	8,408
0,15	116,5	120,4	4,66	4,816	97,92	96,408	2,08	3,592
sisa	52	89,8	2,08	3,592	100	100	0	0
Jumlah	2500	2500	100	100	312,276	307,048		
Rata-rata	2500				309,662			
MODULUS HALUS BUTIR (MHB)					3,097			

Dari hasil pemeriksaan diketahui MHB pasir Krasak = 2,93 dan MHB Slag = 3,097.

c. Berat Jenis Agregat

Tabel 5.5 Data Berat Jenis dan Kadar Air agregat halus pasir Krasak

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	494	490	492
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	975	972	973,5
Berat piknometer berisi air, gram (B)	662,4	662,4	662,4
Berat jenis curah, gram/cm ³(1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,636	2,574	2,605
Berat jenis jenuh kering muka, gram/cm ³(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,668	2,626	2,647
Berat jenis semu, gram/cm ³(3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,723	2,716	2,719
Penyerapan air.....(4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	1,215	2,041	1,628

Tabel 5.6 Data Berat Jenis dan Kadar Air agregat halus *Slag*

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	488	490	489
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	986	988,8	987,4
Berat piknometer berisi air, gram (B)	662,4	662,4	662,4
Berat jenis curah, gram/cm ³(1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,7664	2,8226	2,7945
Berat jenis jenuh kering muka, gram/cm ³(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,8345	2,8802	2,8573
Berat jenis semu, gram/cm ³(3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,9684	2,9951	2,9817
Penyerapan air.....(4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	2,4590	2,0408	2,2499

Tabel 5.7 Data Berat Jenis dan Kadar Air agregat kasar

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4881	4909	4895
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3027	3043	3035
Berat jenis curah, gram/cm ³(1) $Bk / (Bj - Ba)$	2,474	2,508	2,491
Berat jenis jenuh kering muka, gram/cm ³(2) $Bj / (Bj - Ba)$	2,534	2,559	2,545
Berat jenis semu, gram/cm ³(3) $Bk / (Bk - Ba)$	2,633	2,631	2,632
Penyerapan air.....(4) $(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$	2,438	1,854	2,145

Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat diketahui :

- Berat Jenis pasir Krasak (*SSD*) = 2,647
- Berat Jenis pasir *Slag* (*SSD*) = 2,857
- Berat Jenis agregat kasar (*SSD*) = 2,545

d. Berat Isi Padat Satuan Agregat

Tabel 5.8 Data Berat Isi Padat Satuan pasir Krasak

Uraian	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat cetakan silinder (<i>W1</i>), gram	7005	7005
Berat cetakan silinder + Agregat (<i>W2</i>), gram	15871	15870
Volume Silinder $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	5301,4376	5301,4376
Berat isi padat Agregat $\frac{W2 - W1}{V}$	1,6724	1,6722
Berat isi padat Agregat Rata-Rata	1,6723	

Tabel 5.9 Data Berat Isi Padat Satuan pasir *Slag*

Uraian	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat cetakan silinder (<i>W1</i>), gram	7005	7005
Berat cetakan silinder + Agregat (<i>W2</i>), gram	16877	16878
Volume Silinder $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	5301,4376	5301,4376
Berat isi padat Agregat $\frac{W2 - W1}{V}$	1,8621	1,8623
Berat isi padat Agregat Rata-Rata	1,8622	

Tabel 5.10 Data Berat Isi Padat agregat kasar

Uraian	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat cetakan silinder (W1a), gram	7005	7005
Berat cetakan silinder+Agregat (W2a), gram	15092	15088
Volume Silinder $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	5301,4376	5301,4376
Berat isi padat Agregat $\frac{W2a - W1a}{V}$	1,5254	1,5247

Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat diketahui :

- Berat Isi Padat Satuan pasir Krasak = 1,672 gr/cm³
- Berat Isi Padat Satuan *Slag* = 1,862 gr/cm³
- Berat Isi Padat Satuan agregat kasar = 1,525 gr/cm³

e. **Kandungan Kimia *Slag***

Tabel 5.11 Data Analisa Unsur Kimia *Slag*

Unsur	Pasir <i>Slag</i>
Ni	0,12 – 0,22
Fe	15,7 – 18,9
Co	0,019 – 0,024
SiO ₂	43,4 – 53,9
S	0,18 – 0,25
Al ₂ O ₃	2,48 – 2,79
MgO	23,1 – 25,7

Dari data analisa unsur kimia slag diketahui bahwa slag mengandung SiO_2 (*silika*) yang tinggi yaitu sebesar 43,4% – 53,9%.

f. Nilai Slump

Hasil pengujian slump ditampilkan pada tabel 5.12 dibawah ini.

Tabel 5.12 Nilai Slump

VARIASI SUBSTITUSI	NILAI SLUMP (cm)
	PENGADUKAN 1
0 %	9,3
20 %	9,8
40 %	9,5
60 %	10,0
80 %	9,8
100 %	10,5

Nilai slump yang terjadi sesuai nilai slump rencana yang ditampilkan pada tabel 3.4 halaman 23 yaitu antara 25,4 mm – 101,6 mm.

5.1.2 Kuat Desak Beton

Analisis terhadap hasil uji kuat desak beton mengacu pada tujuan penelitian dengan menggunakan metode penelitian seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Analisis kuat desak dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat desak rata-rata dan kuat desak karakteristik beton pada tiap kelompok variasi yang diamati. Contoh hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel seperti yang tertera dalam tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Perhitungan kuat desak rata-rata beton variasi 0 %

	DIAMETER	TINGGI	LUAS	BERAT	BERAT/ VOLUME	BEBAN MAKS	KUAT TEKAN	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
	cm	cm	mm ²	Kg	Kg/cm ³	KN	Mpa (N/mm ²)	Mpa (N/mm ²)
1	15,1050	30,0750	17919,7250	12,9000	0,002394	680,0000	37,9470	0,1978
2	15,0600	30,0600	17813,1131	12,8000	0,002390	690,0000	38,7355	0,1182
3	15,0200	30,1750	17718,6140	12,8500	0,002403	640,0000	36,1202	5,1600
4	15,1350	30,0950	17990,9763	12,8000	0,002364	670,0000	37,2409	1,3245
5	15,0400	30,1650	17765,8321	12,9000	0,002407	655,0000	36,8685	2,3203
6	15,0500	30,0100	17789,4648	12,8000	0,002398	710,0000	39,9113	2,3089
7	15,1500	30,0150	18026,6550	12,8000	0,002366	750,0000	41,6051	10,3253
8	15,1200	30,1400	17955,3330	12,9000	0,002384	690,0000	38,4287	0,0014
9	15,0400	30,1600	17765,8321	12,9000	0,002408	650,0000	36,5871	3,2569
10	15,0500	30,1050	17789,4648	12,8000	0,002390	720,0000	40,4734	4,3332
			17853,5010	12,8450	0,002390	685,5000	38,3918	29,3462

Kuat tekan rerata dihitung dengan rumus :

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^n f_{ci} / n$$

$$f_{cr} = 383,9176 / 10 = 38,3918 \text{ Mpa}$$

Standar Deviasi dihitung dengan rumus :

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

$$Sd = \sqrt{\frac{29,3462}{(10 - 1)}}$$

$$= 1,8057$$

$$f_c = f_{cr} - 1,64 \cdot Sd$$

$$= 38,3918 - (1,64 \cdot 1,8057) = 35,4304 \text{ Mpa}$$

Dengan cara yang sama hasil perhitungan untuk seluruh variasi substitusi ditampilkan pada Tabel 5.14 dan perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada lampiran B.

Tabel 5.14 Hasil uji kuat desak beton

Variasi Substitusi	Sd	f _{cr}	f _c	Peningkatan Kuat Tekan (%)	Selisih Peningkatan (%)
0 %	1,8057	38,3918	35,4304	100	
20 %	1,7240	38,9416	36,1143	101,9303	1,9303
40 %	1,7322	40,1658	37,3250	105,3474	3,4171
60 %	1,3362	41,6496	39,4582	111,3682	6,0208
80 %	1,4834	42,5630	40,1302	113,2649	1,8967
100 %	1,6110	43,1699	40,5279	114,3874	1,1225

Berdasarkan perolehan data kuat tekan rerata benda uji dari masing-masing kelompok variasi substitusi kemudian dianalisis menggunakan metode regresi yang dapat menggambarkan kurva hubungan antara variabel variasi (X) dan variabel kuat tekan karakteristik (Y). Kurva hasil regresi dapat berbentuk garis lurus (*regresi berpangkat satu*) dan lengkung (*regresi berpangkat dua*). Pemilihan persamaan regresi terbaik didasarkan atas nilai koefisien korelasi (*r*) dari masing-masing persamaan regresi. Nilai *r* yang terbesar adalah yang terbaik.

Data yang digunakan sebagai variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y) untuk perhitungan regresi dapat dilihat pada Tabel 5.15, perhitungan awal untuk mendapatkan persamaan regresi kurva ditampilkan pada tabel 5.16

Tabel 5.15 Data variabel X dan variabel Y

Variasi Substitusi (%) (Variabel X)	0	20	40	60	80	100
f _{cr} (Mpa) (Variabel Y)	38,3918	38,9416	40,1658	41,6496	42,5630	43,1699

Tabel 5.16 Hasil perhitungan numerik pada regresi linear.

No	xi	yi	xi.yi	xi ²	yj	(yi-yr) ²	(yi-yj) ²
1	0	38,3918	0	0	38,2252	5,8652	0,0278
2	20	38,9416	778,8320	400	39,2605	3,5044	0,1017
3	40	40,1658	1606,6320	1600	40,2959	0,4197	0,0169
4	60	41,6496	2498,9760	3600	41,3313	0,6989	0,1013
5	80	42,5630	3405,0400	6400	42,3667	3,0603	0,0385
6	100	43,1699	4316,9900	10000	43,4021	5,5521	0,0539
JUMLAH	300	244,8817	12606,4700	22000		19,1006	0,3402

Bentuk persamaan regresi

$$y_j = a + bx$$

$$b = \frac{n \sum xi.yi - \sum xi \sum yi}{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2}$$

$$b = \frac{(6 * 12606,4700) - (300 * 244,8817)}{(6 * 22000) - (22000)^2}$$

$$b = 0,051769$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$\begin{aligned}\bar{y} &= \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \\ &= 244,8817 / 6 \\ &= 40,81362\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \\ &= 300 / 6 \\ &= 50\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= 40,81362 - (0,051769 * 50) \\ &= 38,22515\end{aligned}$$

Sehingga bentuk persamaan garis regresi yang diperoleh adalah

$$y_j = 38,22515 + 0,051769x$$

Derajat kesesuaian dari persamaan garis regresi linear diperoleh melalui nilai koefisien korelasi (r)

$$r = \sqrt{\frac{Dt^2 - D^2}{Dt^2}}$$

$$Dt^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

$$Dt^2 = 19,1006$$

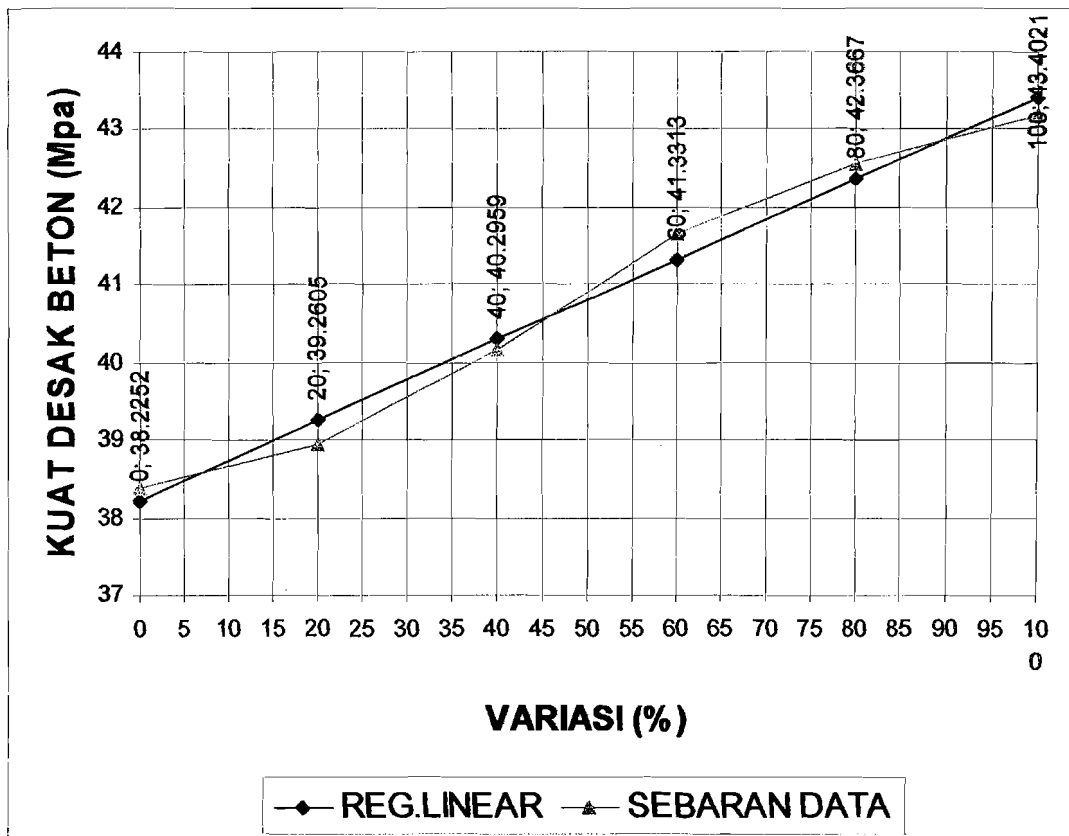
$$D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx)^2$$

$$D^2 = 0,3402$$

$$\begin{aligned}r &= \sqrt{[(19,1006 - 0,3402) / 19,1006]} \\ &= 0,991055 = 99,1055 \%\end{aligned}$$

Dari persamaan kurva regresi linear dapat digambarkan kurva hubungan dalam bentuk grafik sebagaimana terlihat pada gambar 5.1.

Gambar 5.1 Grafik hasil regresi linear hubungan kuat desak beton dan variasi substitusi



Untuk regresi berpangkat dua digunakan regresi *polinomial* orde dua. Data awal perhitungan regresi yang digunakan sebagai variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y) sama dengan data awal pada perhitungan regresi linear sebelumnya yaitu pada tabel 5.15. Hasil perhitungan numerik untuk regresi *polinomial* orde dua ini dapat dilihat pada tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Hasil perhitungan numerik pada regresi *polinomial* orde dua.

No	x_i	y_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i \cdot y_i$	$x_i^2 \cdot y_i$
1	0	38,3918	0	0	0	0	0
2	20	38,9416	400	8000	160000	778,832	15576,640
3	40	40,1658	1600	64000	2560000	1606,632	64265,280
4	60	41,6496	3600	216000	12960000	2498,976	149938,560
5	80	42,5630	6400	512000	40960000	3405,040	272403,200
6	100	43,1699	10000	1000000	100000000	4316,990	431699,000
JUMLAH	300	244,8817	22000	1800000	156640000	12606,470	933882,680

Hasil perhitungan pada tabel diatas kemudian dimasukkan kedalam sistem persamaan berikut

$$\begin{aligned}
 6 a_0 &+ 300 a_1 + 22000 a_2 = 244,8817 \\
 300 a_0 &+ 22000 a_1 + 1800000 a_2 = 12606,470 \\
 22000 a_0 &+ 1800000 a_1 + 156640000 a_2 = 933882,680
 \end{aligned}$$

Penyelesaian dari persamaan diatas diperoleh

$$\begin{aligned}
 a_0 &= 38,16815 \\
 a_1 &= 0,056045 \\
 a_2 &= -0,0000427544642857067
 \end{aligned}$$

sehingga diperoleh persamaan kurva *polinomial* orde dua yaitu

$$\begin{aligned}
 y_j &= a_0 + a_1 x + a_2 x^2 \\
 y_j &= 38,16815 + 0,056045 x - 0,00004275446 x^2
 \end{aligned}$$

Dari persamaan kurva *polinomial* diatas, dapat dicari koefisien korelasi (r) melalui hasil perhitungan yang telah ditabelkan berikut ini

Tabel 5.18 Perhitungan koefisien korelasi (r)

x_i	y_i	$(y_i - \bar{y})^2$	y_j	$(y_i - y_j)^2$
0	38,3918	5,8651960	38,16815	0,0500209
20	38,9416	3,5044464	39,27194	0,1091240
40	40,1658	0,4196664	40,34153	0,0308805
60	41,6496	0,6988681	41,37691	0,0743575
80	42,5630	3,0603420	42,37810	0,0341893
100	43,1699	5,5520711	43,34508	0,0306863
\bar{y}	40,8136	19,1005901		0,3292586

$$r = \sqrt{\frac{Dt^2 - D^2}{Dt^2}} = \sqrt{\frac{19,1005901 - 0,3292586}{19,1005901}}$$

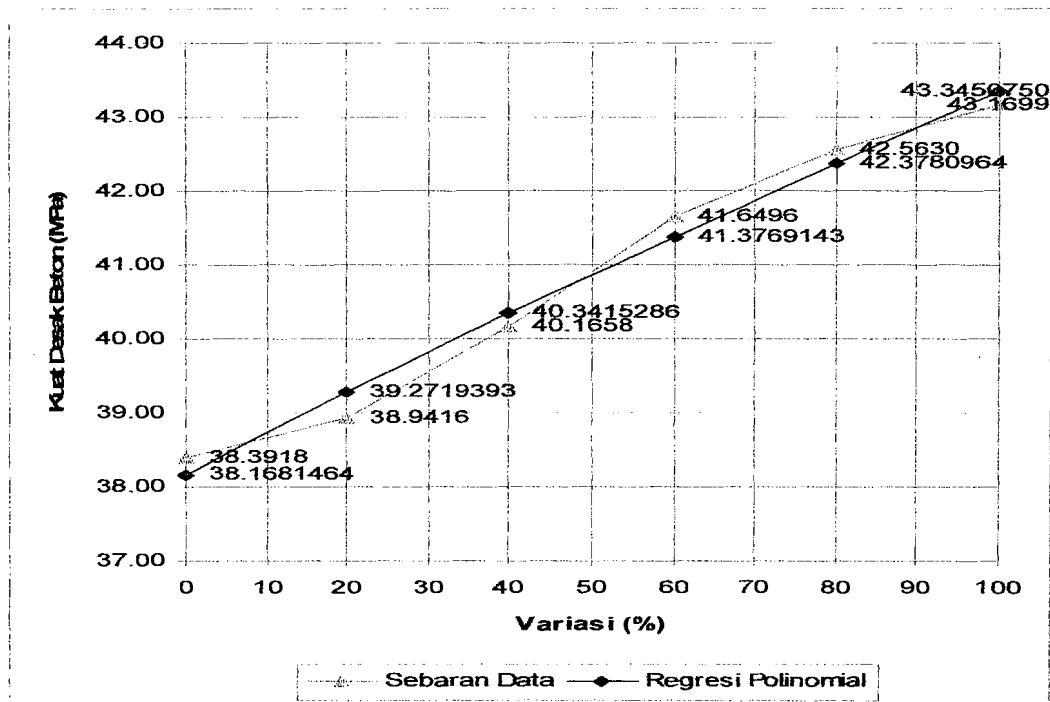
$$r = 0,99134346$$

$$= 99,134346 \%$$

$$Dt^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = 19,1005901$$

$$D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - y_j)^2 = 0,3292586$$

Gambar 5.2 Grafik hasil regresi *polinomial* orde dua hubungan kuat desak beton dan variasi substitusi



Berdasarkan atas nilai koefisien korelasi (r) tertinggi antara kedua persamaan regresi kemudian ditentukan kurva regresi *polinomial* orde dua sebagai kurva hubungan yang dipakai.

5.1.3 Berat Volume Beton

Nilai Berat Volume Beton rerata hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.19 dibawah ini.

Tabel 5.19 Nilai Berat Volume Beton rerata

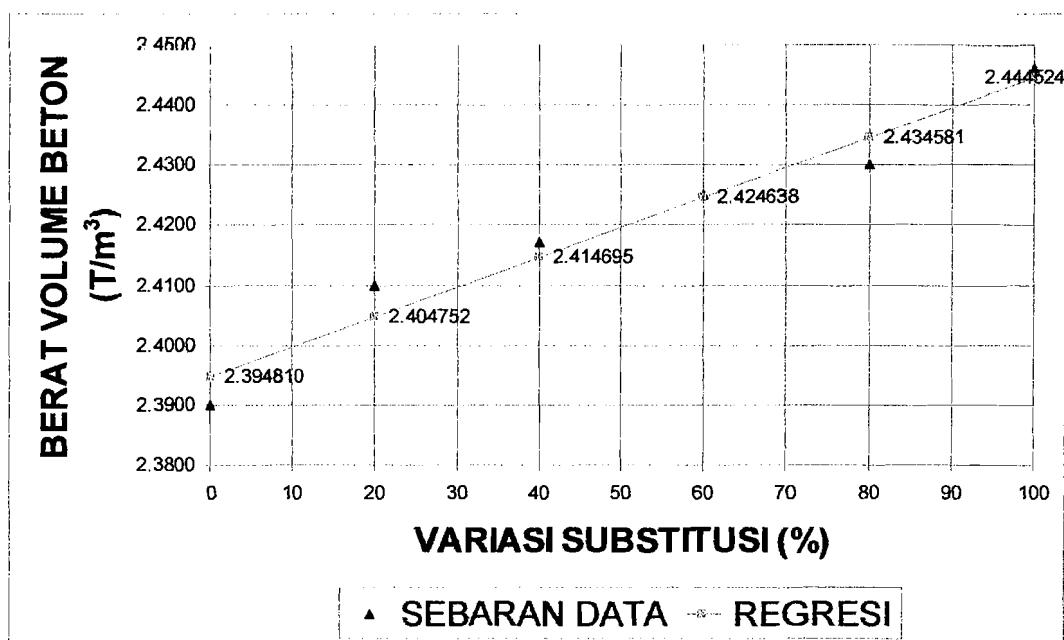
Variasi Substitusi (%)	0	20	40	60	80	100
Berat Volume Beton (T/m ³)	2,390	2,410	2,417	2,425	2,430	2,446

Tabel 5.20 Hasil perhitungan numerik regresi *linear* Berat Volume Beton

no	xi	yi	xi.yi	xi ²	yj	(yi-yr) ²	(yi-yj) ²
1	0	2,390000	0	0	2,394810	0,0008801111111	0,000023131519
2	20	2,410000	48,2000	400	2,404752	0,0000934444444	0,000027537506
3	40	2,417000	96,6800	1600	2,414695	0,0000071111111	0,000005311927
4	60	2,425000	145,5000	3600	2,424638	0,0000284444444	0,000000130975
5	80	2,430000	194,4000	6400	2,434581	0,0001067777778	0,000020985125
6	100	2,446000	244,6000	10000	2,444524	0,0006934444444	0,000002179138
	300	14,51800	729,3800	22000		0,0018093333333	0,000079276190

Dengan cara yang sama kemudian diperoleh kurva hasil regresi linear yang ditampilkan pada gambar 5.3. Kurva ini menunjukkan hubungan antara variasi substitusi dan nilai berat volume beton. Nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9778

Gambar 5.3 Grafik hasil regresi linear hubungan variasi substitusi (%) dan Berat Volume Beton



5.2 Pembahasan

5.2.1 Kuat Tekan beton

a. Kandungan Silika dan Alumina pada agregat halus

Dari hasil analisis terlihat bahwa kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya jumlah kandungan slag pada campuran beton. Peningkatan kuat tekan beton ini merupakan salah satu pengaruh dari substitusi agregat halus menggunakan limbah nikel (*Slag*) pada campuran beton terhadap kuat desak beton.

Faktor yang mempengaruhi peningkatan kuat desak beton pada benda uji yang menggunakan substitusi agregat halus *Slag* adalah adanya kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 pada *Slag* yaitu masing-masing berkisar antara 43,4% hingga 53,9% dan 2,48% hingga 2,79%.

Unsur-unsur ini tidak bersifat seperti semen, namun dalam bentuknya yang halus jika dicampur dengan kapur padam aktif dan air pada suhu kamar akan mengeras dalam beberapa waktu, sehingga membentuk massa padat dan sukar larut dalam air.

SiO_2 dan Al_2O_3 bereaksi dengan hasil sampingan hidrasi semen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menjadi senyawa $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ dan C_3AH_6 . Sebagian besar hasil hidrasi semen tersebut terhidrasi ulang dan membentuk senyawa-senyawa $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ dan C_3AH_6 . Unsur-unsur ini kemudian mengisi pori yang masih kosong pada beton lalu mengeras sehingga beton semakin padat sehingga kekuatan beton meningkat.

b. Analisa Saringan dan Modulus Halus Butir agregat

Telah diketahui bahwa Modulus Halus Butir (*MHB*) adalah suatu indeks yang dipakai sebagai ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Semakin besar nilai *MHB* menunjukkan semakin besar ukuran butir-butir agregatnya.

Tabel 5.21 Hasil analisa saringan dan Standar gradasi

Lubang (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan							
	Jenis Agregat Halus							
	P.Krasak		P.Slag		Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4,8	99,58	99,776	98,972	99,06	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	91,78	93,424	92,724	92,708	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	67,544	70,008	64,608	64,508	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	29,388	30,976	22,6	24,676	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	10,484	11,884	6,74	8,408	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	5,376	3,78	2,08	3,592	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15
	MHB = 2,930		MHB = 3,097					

Melalui analisa saringan diketahui bahwa pasir Krasak dan pasir *Slag* termasuk jenis pasir kasar. Dari nilai *MIIB* agregat halus menunjukkan bahwa pasir *Slag* lebih kasar dari pasir Krasak. Butir-butir pasir ini bersama pasta semen dengan pemadatan yang cukup mengisi seluruh ruang diantara butiran agregat yang lebih besar sehingga mengurangi pori pada beton. Beton yang padat memiliki kadar pori yang kecil dan kuat tekan yang tinggi.

c. Nilai *Slump* dan Faktor Air-Semen

Dari hasil pengamatan dan pengujian *slump* (tabel 5.12 hal 60) tidak terlihat adanya perbedaan yang mencolok pada nilai *slump* masing-masing variasi. Hasil pemeriksaan penyerapan air agregat halus kedua jenis pasir diketahui terdapat selisih nilai sekitar 0,6 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.22 Penyerapan air oleh agregat halus.

No	Variasi (%)	Jumlah Pasir Krasak (kg)	Jumlah Pasir Slag (kg)	Penyerapan air Oleh agregat halus (kg)	Selisih Penyerapan (kg)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0	46,6900	0,0000	0,7601	
2	20	37,3520	10,0800	0,8349	0,0747
3	40	28,0140	20,1590	0,9096	0,0747
4	60	18,6760	30,2390	0,9844	0,0747
5	80	9,3380	40,3190	1,0592	0,0747
6	100	0,0000	50,3980	1,1339	0,0747

Persamaan yang digunakan adalah :

$$(4) = [(2).(1,628/100)] + [(3).(2,249/100)]$$

$$(5) = (4)_i - (4)_{i-1}$$

Penyerapan air oleh agregat halus diatas didasarkan pada hasil pemeriksaan laboratorium yaitu untuk pasir Krasak sebesar 1,628% dan Slag sebesar 2,249%. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa terjadi penyerapan air oleh agregat halus dengan selisih sebesar 0,0747 kg per variasi tiap adukan beton.

Selisih jumlah air yang diserap agregat walaupun dalam jumlah yang kecil seharusnya menyebabkan terjadinya perbedaan nilai *slump* pada adukan beton, tetapi pada pelaksanaan tidak terjadi. Hal ini disebabkan oleh kesalahan dalam penakaran dan penuangan air untuk masing-masing variasi adukan beton. Namun karena nilai *slump* yang terjadi masih dalam batas-batas rencana maka nilai FAS pun tidak banyak terpengaruh oleh penyerapan air ini sehingga kuat tekan beton yang terjadi tetap tinggi.

d. Workability

Tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*) pada penelitian ini direpresentasikan melalui nilai *slump* yang terjadi pada masing-masing variasi. Tercatat bahwa nilai *slump* yang terjadi masih dalam batas yang telah direncanakan sehingga beton dapat dikerjakan. Tidak terjadi gangguan dalam proses pengerjaannya, terutama pada saat penuangan dan pemadatan adukan. Proses pemadatan dilakukan sesuai rencana agar diperoleh beton dengan kepadatan optimum. Kepadatan yang optimum pada beton dapat menghasilkan kuat tekan maksimum.

5.2.2 Berat volume beton

Dari hasil pengamatan dan penghitungan dapat diketahui bahwa berat volume beton bertambah seiring dengan bertambahnya persentase penggunaan *Slag* pada campuran beton. Peningkatan nilai berat volume beton ini dipengaruhi oleh nilai berat jenis *Slag* yang lebih tinggi dari pasir Krasak. Persentase peningkatan tertinggi dialami oleh kelompok benda uji beton pada variasi substitusi *Slag* 100% dengan nilai berat volume beton sebesar 2,446 Ton/m³

5.2.3 Jumlah Optimum Penggunaan Slag

Dari nilai kuat tekan karakteristik beton pada masing-masing kelompok variasi (*tabel 5.14 hal 62*) dapat diketahui selisih perbedaan nilai kuat tekannya. Selisih ini dinyatakan dalam persen (%). Nilai selisih peningkatan kuat tekan beton tertinggi dialami oleh variasi 60% *Slag* – 40% pasir Krasak, sehingga variasi ini menjadi jumlah penggunaan *Slag* optimum.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Limbah nikel (*slag*) yang dipakai sebagai bahan substitusi terhadap agregat halus pada campuran beton memiliki pengaruh terhadap kuat desak beton yang dihasilkan yaitu, terjadi peningkatan kuat desak beton seiring dengan meningkatnya persentase substitusi agregat halus menggunakan *slag* pada campuran beton. Peningkatan kekuatan tekan beton ini akibat adanya unsur SiO_2 dan Al_2O_3 pada slag yang bereaksi dengan hasil sampingan hidrasi semen Ca(OH)_2 menjadi senyawa $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ yang bersifat mengikat agregat dan mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat sehingga mengakibatkan kuat tekan beton meningkat. Peningkatan maksimum terjadi pada substitusi slag dengan persentase 100% yaitu sebesar 40,5279Mpa.
2. Berat volume beton yang dihasilkan juga mengalami peningkatan. Nilai berat volume beton tertinggi dialami oleh benda uji dengan variasi substitusi slag 100% yaitu sebesar 2,4460 Ton/m^3 . Berdasarkan berat volume beton yang dihasilkan maka beton yang menggunakan substitusi agregat halus slag tergolong jenis beton berat karena berat volume beton yang dihasilkan lebih besar dari 2,400 Ton/m^3 .

3. Jumlah penggunaan *Slag* sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran beton optimum pada variasi 60% *Slag* – 40% pasir Krasak. Kuat tekan karakteristik pada variasi ini sebesar 39,4582 MPa.

6.2 Saran

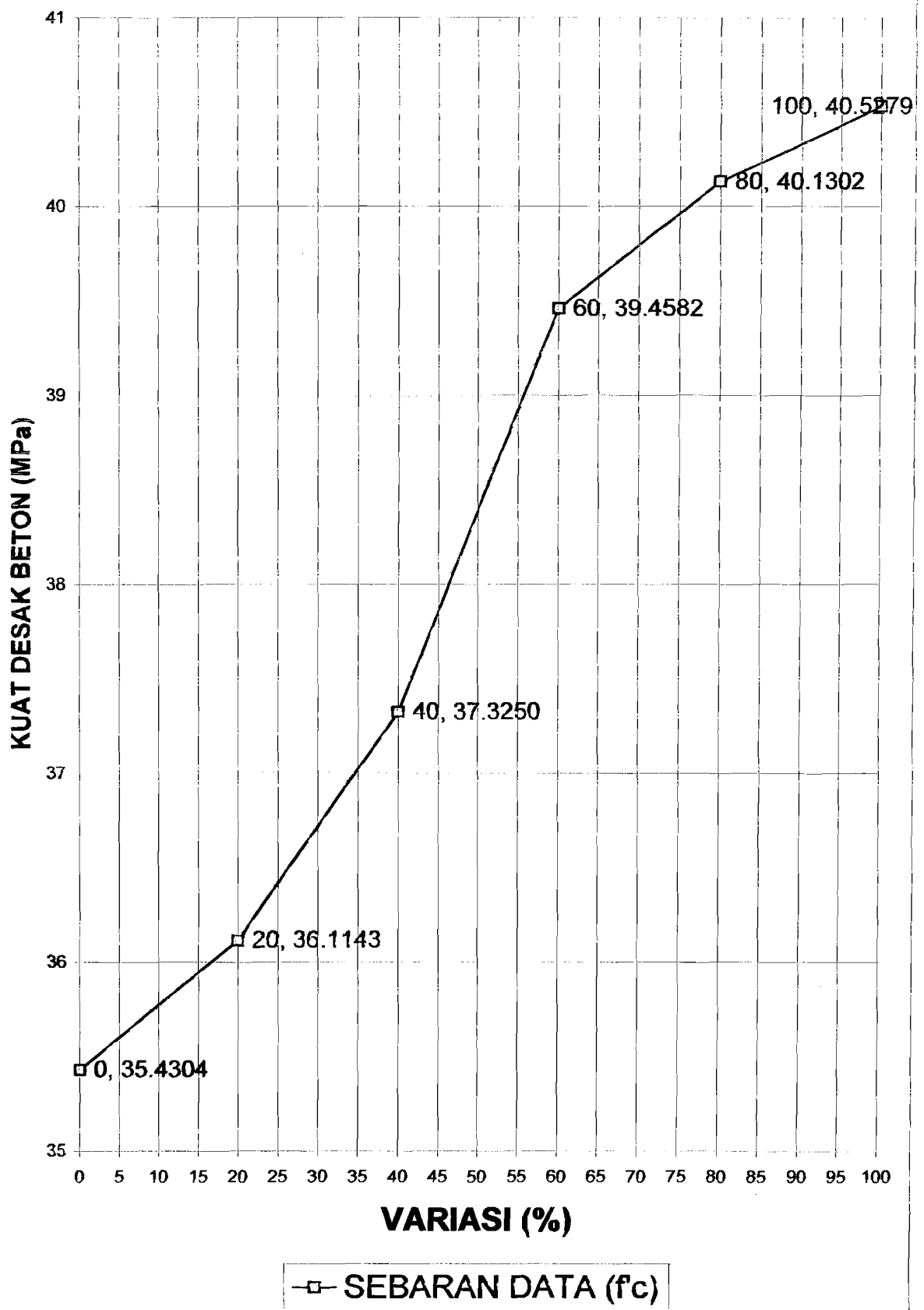
Beberapa saran yang dapat kami kemukakan sebagai bahan masukan antara lain :

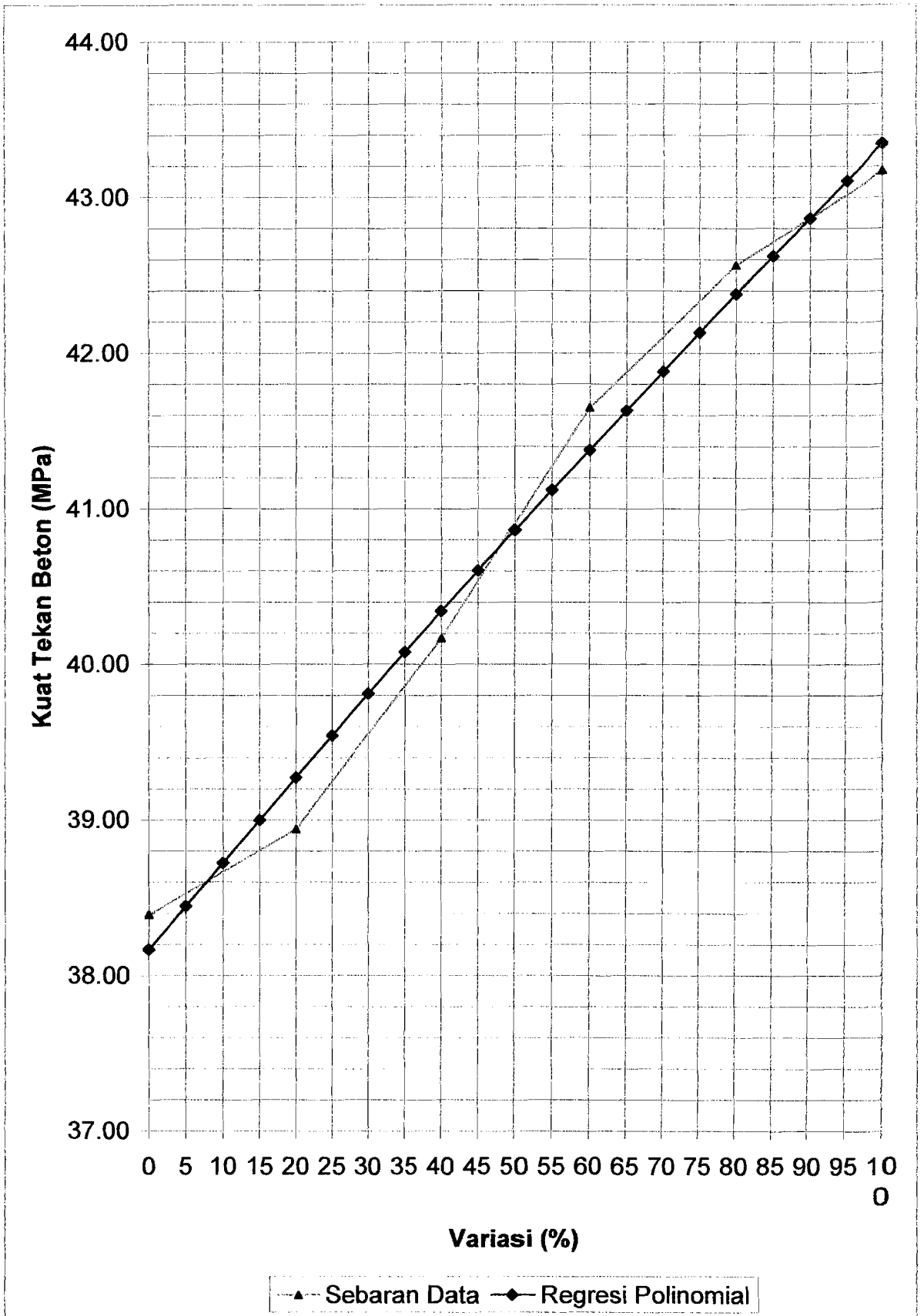
1. Pemanfaatan slag sebagai bahan substitusi agregat halus pada campuran beton sebaiknya dilakukan pada proyek yang letaknya tidak jauh dari lokasi pengambilan limbah karena faktor ekonomis.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton yang menggunakan substitusi agregat halus dengan *Slag* tergolong jenis beton berat sehingga penggunaannya pun terbatas dan disarankan untuk memperhitungkan secara seksama teknis perencanaan serta faktor ekonomisnya jika akan dipakai sebagai beton struktur.

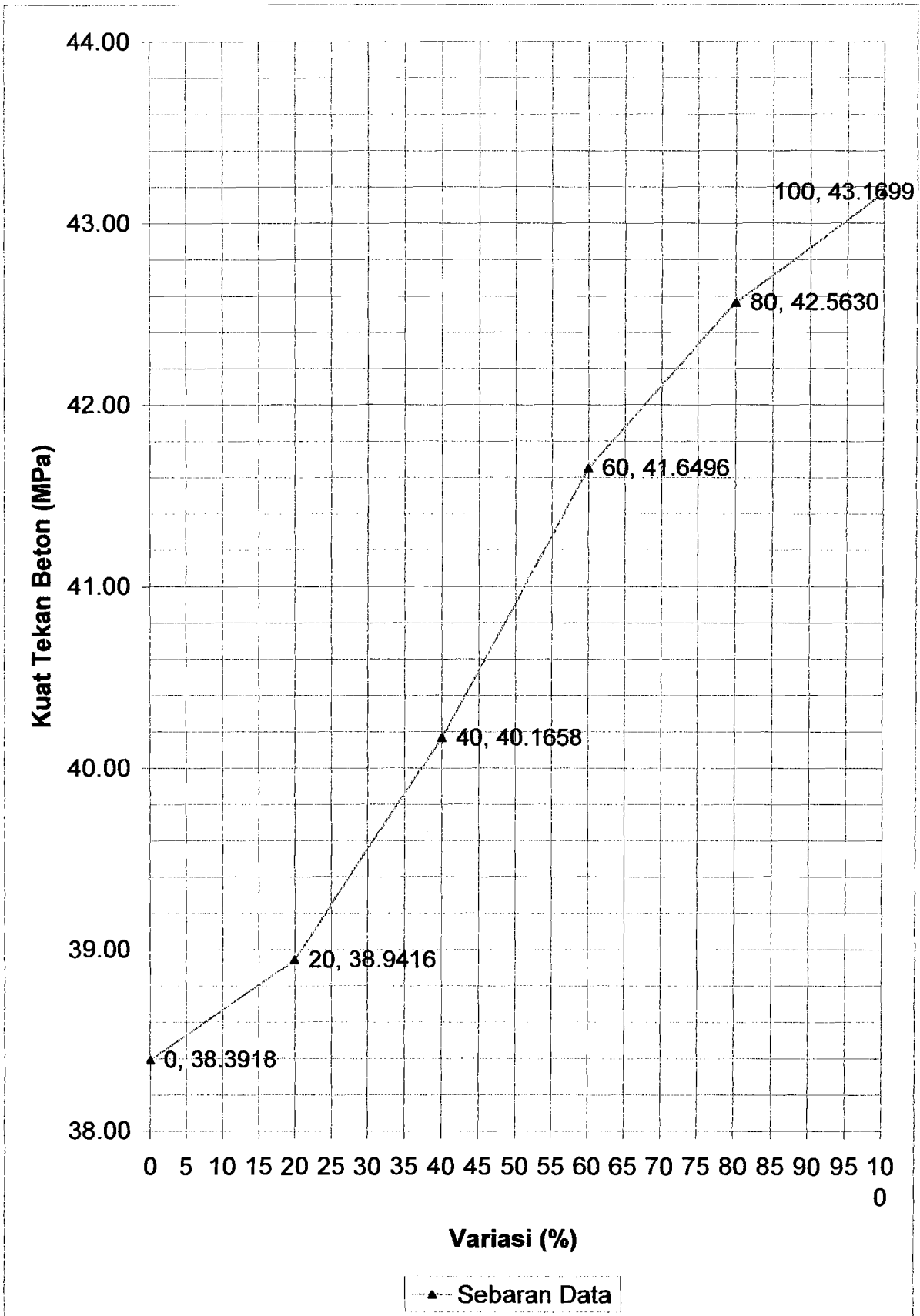
DAFTAR PUSTAKA

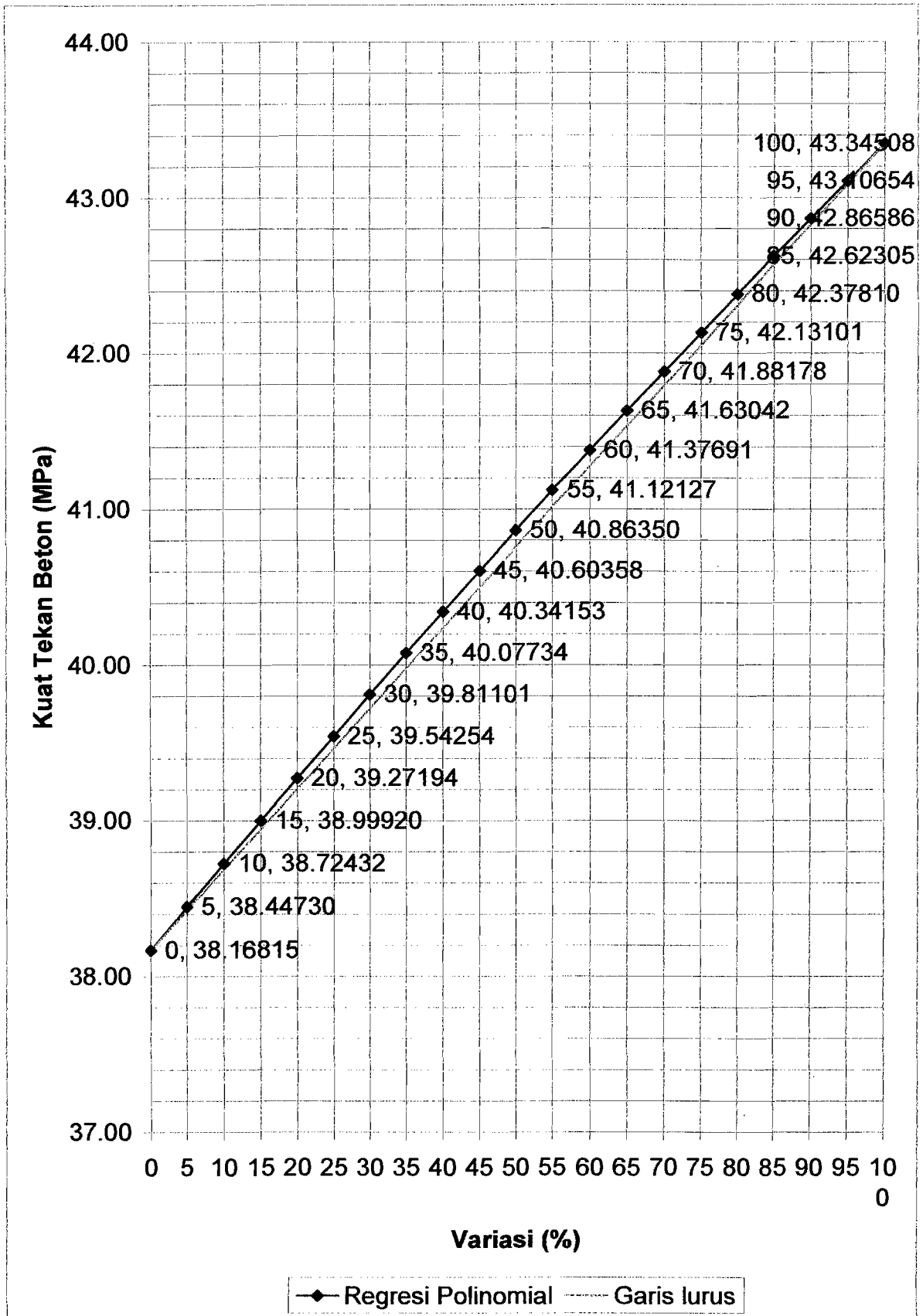
- Anonim, 1989, PEDOMAN BETON. Departemen Pekerjaan Umum – Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Jakarta
- Anonim, 1971, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971,. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik – Direktorat Jenderal Ciptakarya – Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Jakarta
- Bambang Triatmodjo, DR, Ir, CES, DEA., 1995, METODE NUMERIK, Beta Offset, Yogyakarta
- Edward G Nawy, DR, P.E., 1990, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR, PT.Eresco, Bandung.
- Kardiyono Tjokrodinuljo, Ir, M.E., 1992, TEKNOLOGI BETON – Buku Ajar , Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM
- Kardiyono Tjokrodinuljo, Ir, M.E., 1992, BAHAN BANGUNAN – Buku Ajar , Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM
- Kardiyono Tjokrodinuljo, Ir, M.E., 2004, TEKNOLOGI BETON – Buku Ajar , Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM
- Moh. Nazir, Ph.d, 2003, METODE PENELITIAN, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Mohamad Rafii dan Muhammad Lukman Hakim, 2000, TUGAS AKHIR FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII, Yogyakarta.
- Murdock, L.J dan Brook, K.M, 1990, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, alih bahasa Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Oskar Patriawan dan Faisal Hafid, 2003, TUGAS AKHIR FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII, Yogyakarta.
- Suroto dan Sunarto, 1996, TUGAS AKHIR FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII, Yogyakarta.
- Tri Mulyono, Ir, MT, 2004, TEKNOLOGI BETON, Penerbit ANDI, Yogyakarta.

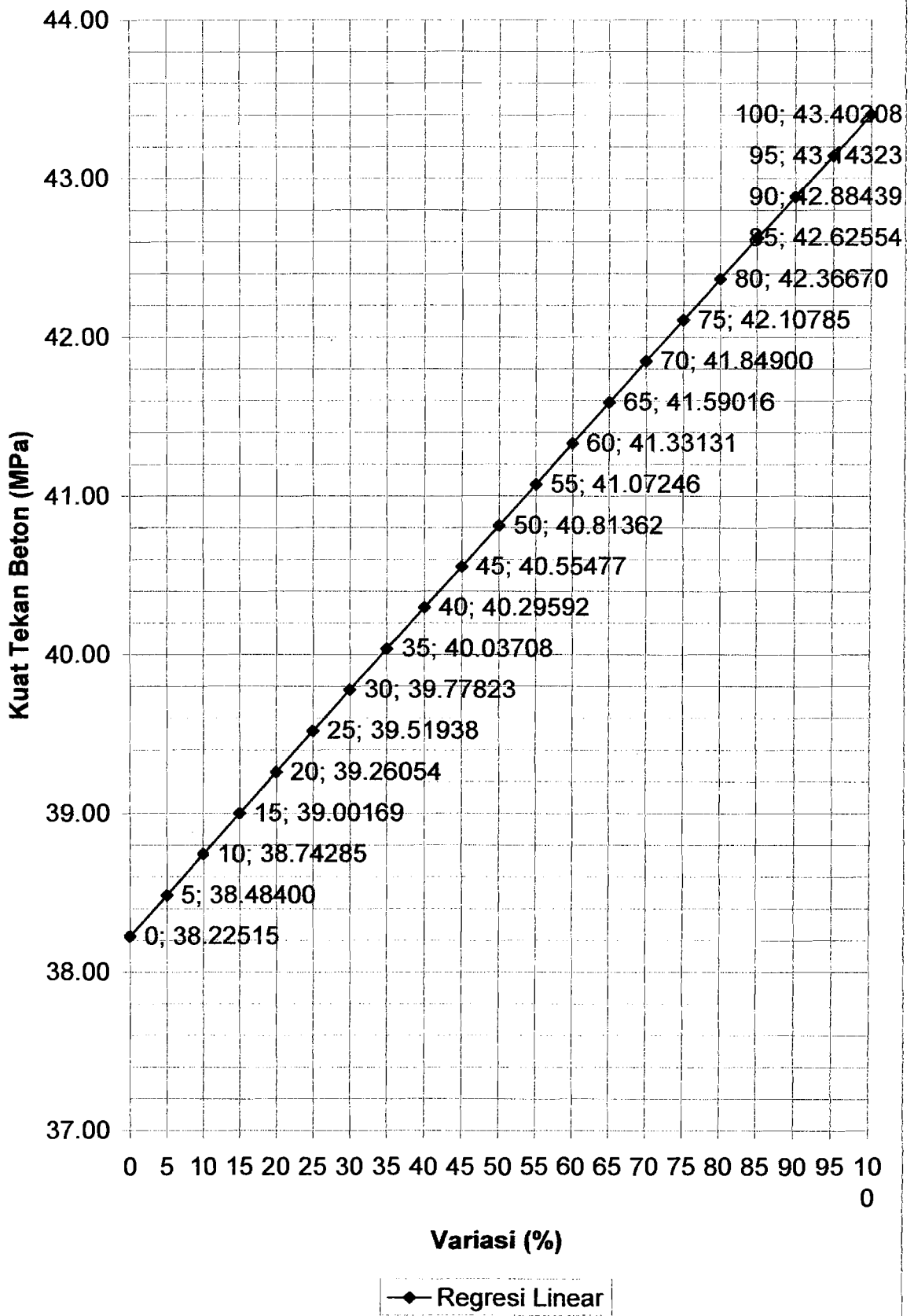
LAMPIRAN A

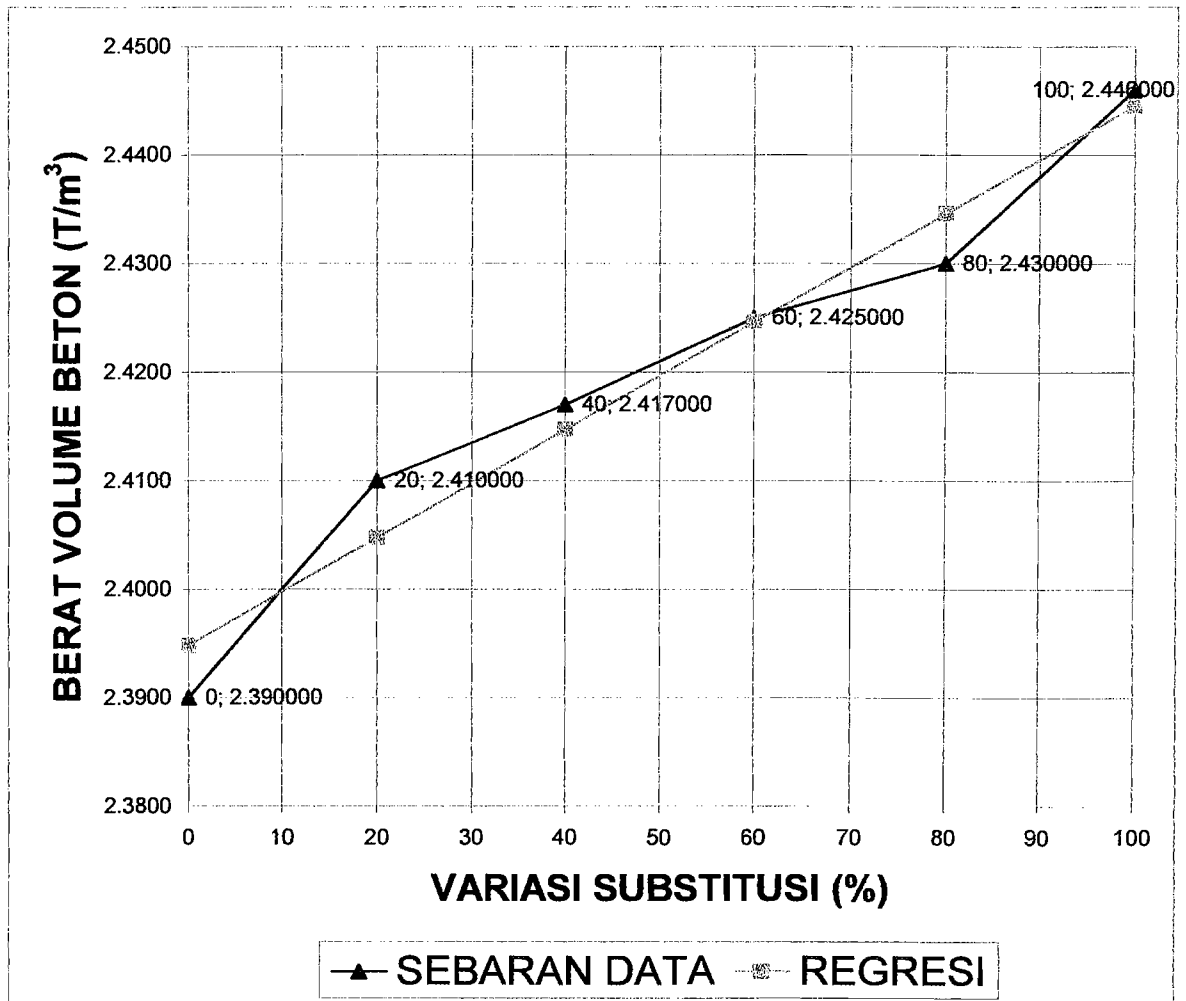








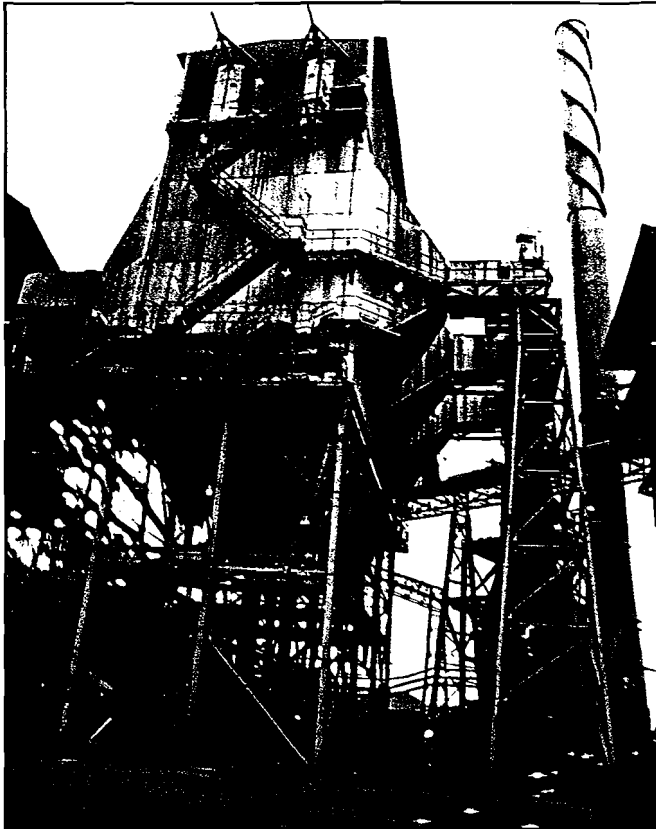




LAMPPIRAN B



Proses peleburan pyrometalurgi, pakatan pelindung lengkap, dan panas sekitar 1.500° C



Electro-static Precipitator (ESP), salah satu alat mutakhir penyedot debu dengan tenaga listrik di pabrik pengolahan nikel Soroako.

PERUSAHAAN

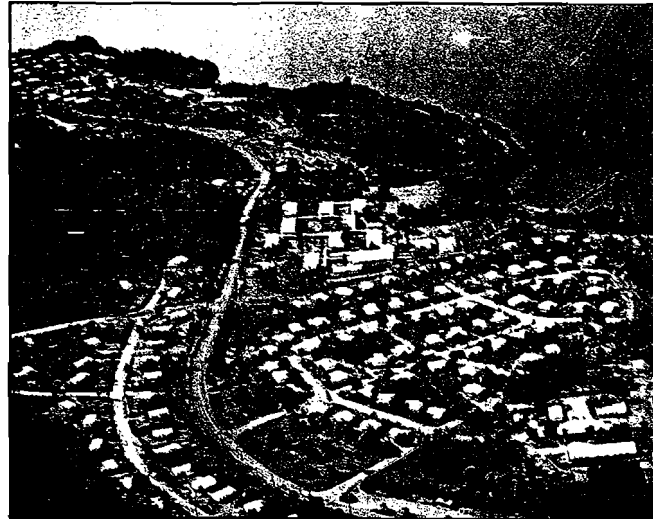
P.T. INCO
P.T. INCO
P.T. INCO
P.T. INCO
P.T. INCO

P.T. International Nickel Indonesia (P.T. Inco) bergerak dalam operasi penambangan dan pengolahan terpadu dengan kapasitas nominal tahunan 100 juta pon *nickel matte* (nikel setengah-jadi). Biaya modal untuk sarana dan pengembangan hingga tahun 1994 mencapai 1,2 milyar dollar Amerika dan didukung oleh kurang-lebih 2000 karyawan tetap.

P.T. Inco didirikan bulan Juli 1968 sebagai anak perusahaan INCO Limited dari Kanada yang terpilih dari beberapa perusahaan tambang yang diundang Pemerintah Indonesia tahun 1967 untuk memasukkan penawaran bagi eksplorasi dan pengembangan endapan laterit nikel di pulau Sulawesi. Segera setelah Kontrak Karya ditandatangani tgl. 27 Juli 1968, P.T. Inco mulai mengeksplorasi 6,6 juta hektar daerah konsesi yang ditetapkan untuk diteliti kandungan nikelnya. Secara berturut-turut sebagian besar daerah konsesi itu telah dikembalikan kepada Pemerintah dan sekarang Perusahaan mempertahankan hak konsesi atas lokasi seluas kurang lebih 218.000 hektar.

Pembangunan pabrik dimulai tahun 1973 dengan satu jalur pengolahan pyrometalurgi dan sarana-sarana pendukungnya. Tahun 1975 dua jalur lagi dibangun bersama-sama dengan PLTA Larona. Pabrik diresmikan oleh Presiden Soeharto tanggal 31 Maret 1977, sementara pembangunan Larona rampung tahun 1978.

Tahun 1988 Inco Limited menjual 20% saham P.T. Inco kepada Sumitomo Metal Mining (SMM). Sebelumnya, enam perusahaan Jepang termasuk SMM telah membeli 2%, dan pada bulan Mei 1990 20% lagi dijual melalui bursa saham (*Go Public*).



Pemukiman karyawan P.T. Inco di tepi danau Matano, Soroako. Asri dan teduh.

Mitra Dalam Pembangunan



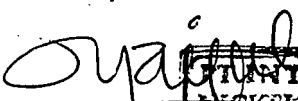
P.T. International Nickel Indonesia

SOROAKO OFFICE :
Soroako 91984, South Sulawesi, Indonesia
Phone : (62) 021 5249100, 5249200
: (62) 0411 318545, 320700
Fax. : (62) 021 5249560, 5249570

14 Maret 2005

Dengan Hormat

Berdasarkan dengan surat Universitas Islam Indonesia(Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan) yang dibawah oleh Muhammad Sadat No. Mhs 97511 196 dengan nomor surat 981/Dek.70/FTSP/II/2005 tentang permohonan informasi/data/ bahan / pengambilan **limbah nikel dari Furnace Slag**, untuk keperluan penelitian untuk mendukung tugas akhir maka dengan ini kami memberikan **Limbah Nikel dari Furnace Slag** yang berbentuk pasir sebanyak 300 kg


INTERNATIONAL NICKEL INDONESIA Tbk
Syaiful Haries Gobel

Pl.Inco Project leader community relation

INTERNATIONAL NICKEL INDONESIA Tbk.

CARTA OFFICE : BAPINDO PLAZA II, 22nd Floor Jl. Jendral Sudirman Kav. 54-55
Jakarta 12190, Indonesia P.O. Box 2799, Jakarta 10001
Phone : (62) 021 - 5249000
Fax : (62) 021 - 5249030 (Shareholder Services), (62) 021 - 5249020 (General)

KASSAR OFFICE : 281 Jl. Somba Opu Makassar 90001 P.O. Box. 1143, Indonesia
Phone : (62) 0411 - 873731 - 873732
Fax : (62) 0411 - 856157, (62) 021 - 5249520

SOROAKO OFFICE :

Soroako 91984, South Sulawesi, Indonesia

Phone : (62) 021 5249100, 5249200

: (62) 0411 318545, 320700

Fax. : (62) 021 5249560, 5249570

14 Maret 2005

Dengan Hormat

Sehubungan dengan surat Universitas Islam Indonesia (Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan) dengan nomor 981/Dek.70/FTSP/II/2005 mengenai permohonan data kandungan kimia yang terdapat dalam **limbah nikel dari Furnace Slag**, maka dengan ini kami lampirkan data tersebut sebagai berikut :

SLAG	Ni	Fe	Co	SiO ₂	MgO	S	Al ₂ O ₃
				(% / Wt)			
FURNACE 1	0.18	16.7	0.019	53.9	25.7	0.22	2.79
	0.13	16.2	0.022	48.7	23.3	0.21	2.56
FURNACE 2	0.13	18.4	0.023	48.5	23.1	0.22	2.69
	0.12	15.7	0.019	43.4	20.6	0.23	2.48
FURNACE 3	0.22	18.7	0.024	53.5	25.5	0.25	2.79
	0.14	17.9	0.021	49.8	23.6	0.23	2.66
FURNACE 4	0.16	18.9	0.024	48.4	23.3	0.18	2.62
	0.17	18.2	0.020	48.5	23.4	0.22	2.55




Adi Kusumaryoto

Supv Proses Technologies Dept.

INTERNATIONAL NICKEL INDONESIA Tbk.**RTA OFFICE**

: BAPINDO PLAZA II, 22nd Floor Jl. Jendral Sudirman Kav. 54-55

Jakarta 12190, Indonesia P.O. Box 2799, Jakarta 10001

Phone : (62) 021 - 5249000

Fax : (62) 021 - 5249030 (Shareholder Services), (62) 021 - 5249020 (General)

ASSAR OFFICE

: 281 Jl. Somba Opu Makassar 90001 P.O. Box. 1143, Indonesia

Phone : (62) 0411 - 873731 - 873732

Fax : (62) 0411 - 856157, (62) 021 - 5249520



LABORATORIUM BAHAN KONTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)-895707, 895042 Fax : (0274)-895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

Pasir asal : Kali Krasak, D.I.Yogyakarta, Jawa Tengah

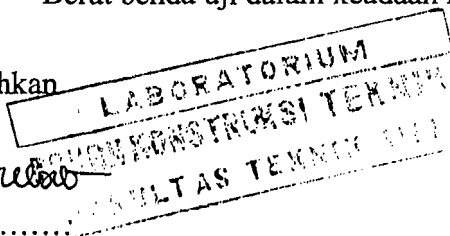
Keperluan : Bahan Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	494	490	492
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	975	972	973,5
Berat piknometer berisi air, gram (B)	662,4	662,4	662,4
Berat jenis curah, gram/cm ³(1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,636	2,574	2,605
Berat jenis jenuh kering muka, gram/cm ³(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,668	2,626	2,647
Berat jenis semu, gram/cm ³(3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,723	2,716	2,719
Penyerapan air.....(4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	1,215	2,041	1,628

Keterangan :

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

Di syahkan



Yogyakarta, April 2005
Dikerjakan oleh :

MUHAMMAD SADAT
97 511 196



LABORATORIUM BAHAN KONTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)-895707, 895042 Fax : (0274)-895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS

Pasir asal : Kali Krasak, D.I.Yogyakarta, Jawa Tengah

Keperluan : Bahan Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat cetakan silinder (W1a), gram	7005	7005
Berat cetakan silinder + Agregat (W2a), gram	15871	15870
Volume Silinder $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	5301,4376	5301,4376
Berat isi padat Agregat $\frac{W2 - W1}{V}$	1,6724	1,6722
Berat isi padat Agregat Rata-Rata	1,6723	

Di syahkan

Yogyakarta, April 2005

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM
BAHAN KONTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UIN

MUHAMMAD SADAT
97 511 196



LABORATORIUM BAHAN KONTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln, Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)-895707, 895042 Fax : (0274)-895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LEWAT AYAKAN NO. 200

Pasir asal : Kali Krasak, D.I.Yogyakarta, Jawa Tengah

Keperluan : Bahan Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Sampel 1	sampel 2	Rata-rata
Ukuran maks. Agregat (kering tungku), mm	4,8	4,8	4,8
Berat agregat awal (W1), gram	500	500	500
Berat setelah dicuci (W2), gram	493	495	494
Berat yang lewat ayakan no. 200 (W3), gram	8,6	7,1	7,85
Berat yang lewat ayakan no. 200, persen (W3 / W1) x 100 %	1,72	1,42	1,57

Menurut Persyaratan umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982) berat bagian yang lewat ayakan no. 200 (0,0075) mm :

- Untuk pasir maksimum 5 %
- Untuk kerikil maksimum 1 %

Di syahkan

Yogyakarta, April 2005
Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII

MUHAMMAD SADAT
97 511 196



LABORATORIUM BAHAN KONTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)-895707, 895042 Fax : (0274)-895330 Yogyakarta

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS

Nama sample : Pasir Krasak

Peneliti : MUHAMMAD SADAT
97 511 196

Asal : Sungai Krasak, Jawa Tengah

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat tertinggal kumulatif (%)		Persen lolos kumulatif (%)	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Percobaan ke								
40								
20								
10	0	0	0	0	0	0	100	100
4,8	10,5	5,6	0,42	0,224	0,42	0,224	99,58	99,776
2,4	195	158,8	7,8	6,352	8,22	6,576	91,78	93,424
1,2	605,9	585,4	24,236	23,416	32,456	29,992	67,544	70,008
0,6	953,9	975,8	38,156	39,032	70,612	69,024	29,388	30,976
0,3	472,6	477,3	18,904	19,092	89,516	88,116	10,484	11,884
0,15	127,7	202,6	5,108	8,104	94,624	96,22	5,376	3,78
sisa	134,4	94,5	5,376	3,78	100	100	0	0
Jumlah	2500	2500	100	100	295,848	290,152		
Rata-rata	2500		100		293			
MODULUS HALUS BUTIR (MHB)					2,93			

Modulus Halus Butir = $293 / 100 = 2,93$

Gradasi Pasir = Daerah 1 – Pasir Kasar

Di syahkan

Yogyakarta, April 2005

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

MUHAMMAD SADAT
97 511 196



LABORATORIUM BAHAN KONTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln, Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)-895707, 895042 Fax : (0274)-895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

Pasir asal : Blast-Furnage Slag, Limbah Pabrik P.T.INCO Tbk, Sorowako


Keperluan : Bahan Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	488	490	489
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	986	988.8	987.4
Berat piknometer berisi air, gram (B)	662.4	662.4	662.4
Berat jenis curah, gram/cm ³(1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2.7664	2.8226	2.7945
Berat jenis jenuh kering muka, gram/cm ³(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2.8345	2.8802	2.8573
Berat jenis semu, gram/cm ³(3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2.9684	2.9951	2.9817
Penyerapan air.....(4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	2.4590	2.0408	2.2499

Keterangan :

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

Di syahkan


LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Yogyakarta, April 2005

Dikerjakan oleh :

MUHAMMAD SADAT
97 511 196



LABORATORIUM BAHAN KONTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln, Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)-895707, 895042 Fax : (0274)-895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS

Pasir asal : Blast-Furnage Slag, Limbah Pabrik P.T.INCO Tbk, Sorowako

Keperluan : Bahan Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat cetakan silinder (W1a), gram	7005	7005
Berat cetakan silinder + Agregat (W2a), gram	16877	16878
Volume Silinder $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	5301,4376	5301,4376
Berat isi padat Agregat $\frac{W2 - W1}{V}$	1,8621	1,8623
Berat isi padat Agregat Rata-Rata	1,8622	

Di syahkan

Yogyakarta, April 2005
Dikerjakan oleh :

deve
LABORATORIUM BAHAN KONTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

MUHAMMAD SADAT
97 511 196



LABORATORIUM BAHAN KONTRUKSI TEKNIK

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

Jln, Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)-895707, 895042 Fax : (0274)-895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LEWAT AYAKAN NO. 200

Pasir asal : Blast-Furnage Slag, Limbah Pabrik P.T.INCO Tbk, Sorowako

Keperluan : Bahan Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Sampel 1	sampel 2	Rata-rata
Ukuran maks. Agregat (kering tungku, mm	4,8	4,8	4,8
Berat agregat awal (W1), gram	500	500	500
Berat setelah dicuci (W2), gram	496	497	496,5
Berat yang lewat ayakan no. 200 (W3), gram	5,6	4	4,8
Berat yang lewat ayakan no. 200, persen (W3 / W1) x 100 %	1,12	0,8	0,96

Menurut Persyaratan umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982) berat bagian yang lewat ayakan no. 200 (0,0075) mm :

- c. Untuk pasir maksimum 5 %
- d. Untuk kerikil maksimum 1 %

Di syahkan

Yogyakarta, April 2005
Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

MUHAMMAD SADAT
97 511 196



LABORATORIUM BAHAN KONTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln, Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)-895707, 895042 Fax : (0274)-895330 Yogyakarta

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS

Nama sample : Blast-Furnage Slag

Peneliti : MUHAMMAD SADAT
97 511 196

Asal : Limbah padat buangan Pabrik pengolahan Nickel
P.T.INCO Tbk, Sorowako, Sulawesi Selatan

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat tertinggal kumulatif (%)		Persen lolos kumulatif (%)	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Percobaan ke								
40								
20								
10	0	0	0	0	0	0	100	100
4,8	25,7	23,5	1,028	0,94	1,028	0,94	98,972	99,06
2,4	156,2	158,8	6,248	6,352	7,276	7,292	92,724	92,708
1,2	702,9	705	28,116	28,2	35,392	35,492	64,608	64,508
0,6	1050,2	995,8	42,008	39,832	77,4	75,324	22,6	24,676
0,3	396,5	406,7	15,86	16,268	93,26	91,592	6,74	8,408
0,15	116,5	120,4	4,66	4,816	97,92	96,408	2,08	3,592
sisia	52	89,8	2,08	3,592	100	100	0	0
Jumlah	2500	2500	100	100	312,276	307,048		
Rata-rata	2500				309,662			
MODULUS HALUS BUTIR (MHB)					3,097			

Modulus Halus Butir = $307,05 / 100 = 3,07$

Gradasi Pasir = Daerah I – Pasir Kasar

Di syahkan

Yogyakarta, April 2005

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

MUHAMMAD SADAT
97 511 196



LABORATORIUM BAHAN KONTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)-895707, 895042 Fax : (0274)-895330 Yogyakarta

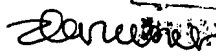
HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

Split asal : Batu pecah, Clereng, Jawa Tengah

Keperluan : Bahan Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4881	4909	4895
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3027	3043	3035
Berat jenis curah, gram/cm ³(1) $Bk / (Bj - Ba)$	2,4740	2,5080	2,4910
Berat jenis jenuh kering muka, gram/cm ³(2) $Bj / (Bj - Ba)$	2,5340	2,5590	2,5450
Berat jenis semu, gram/cm ³(3) $Bk / (Bk - Ba)$	2,6330	2,6310	2,6320
Penyerapan air.....(4) $(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$	2,4380	1,8540	2,1450

Di syahkan


LABORATORIUM
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Yogyakarta, April 2005

Dikerjakan oleh :

MUHAMMAD SADAT
97 511 196



LABORATORIUM BAHAN KONTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)-895707, 895042 Fax : (0274)-895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR

Agregat asal : Batu pecah, Clereng, Jawa Tengah

Keperluan : Bahan Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat cetakan silinder (W1a), gram	7005	7005
Berat cetakan silinder+Agregat (W2a), gram	15092	15088
Volume Silinder $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	5301,4376	5301,4376
Berat isi padat Agregat $\frac{W2 - W1}{V}$	1,5254	1,5247
Berat isi padat Agregat Rata-Rata	1,5251	

Di syahkan

Yogyakarta, April 2005

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

MUHAMMAD SADAT
97 511 196



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

Jln, Kaliurang Km 14,4 telp, (0274)-895707, 895042 Fax, (0274)-895330 Yogyakarta

TABEL HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON UMUR 28 HARI DENGAN VARIASI 0 % LIMBAH NIKEL (SLAG)

SAMPSEL	DIAMETER	TINGGI	LUAS	BERAT	BERAT/VOL	BEBAN MAKSIMUM	KUAT TEKAN	$(f'_{ci} - f'_{cr})^2$
	cm	cm	mm ²	Kg	Kg/cm ³	KN	Mpa (N/mm ²)	Mpa (N/mm ²)
1	15.1050	30.0750	17919.7250	12.9000	0.002394	680.0000	37.9470	0.1978
2	15.0600	30.0600	17813.1131	12.8000	0.002390	690.0000	38.7355	0.1182
3	15.0200	30.1750	17718.6140	12.8500	0.002403	640.0000	36.1202	5.1600
4	15.1350	30.0950	17990.9763	12.8000	0.002364	670.0000	37.2409	1.3245
5	15.0400	30.1650	17765.8321	12.9000	0.002407	655.0000	36.8685	2.3203
6	15.0500	30.0100	17789.4648	12.8000	0.002398	710.0000	39.9113	2.3089
7	15.1500	30.0150	18026.6550	12.8000	0.002366	750.0000	41.6051	10.3253
8	15.1200	30.1400	17955.3330	12.9000	0.002384	690.0000	38.4287	0.0014
9	15.0400	30.1600	17765.8321	12.9000	0.002408	650.0000	36.5871	3.2569
10	15.0500	30.1050	17789.4648	12.8000	0.002390	720.0000	40.4734	4.3332
			17853.5010	12.8450	0.002390	685.5000	38.3918	29.3462

STANDAR DEVIASI = 1.8057 , f'_{cr} = 38.3918 Mpa
, f_c = 35.4304 Mpa

Yogyakarta, Juni 2005

Mengetahui,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Lab BKT-FTSP UII



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

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

TABEL HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON UMUR 28 HARI DENGAN VARIASI 20 % LIMBAH NIKEL (SLAG)

SAMPLER	DIAMETER	TINGGI	LUAS	BERAT	BERAT/VOL	BEBAN MAKSIMUM	KUAT TEKAN	$(f'_{ci} - f'_{cr})^2$
	cm	cm	mm ²	Kg	Kg/cm ³	KN	Mpa (N/mm ²)	Mpa (N/mm ²)
1	15.0750	30.0550	17848.6151	12.9000	0.002405	750.0000	42.0201	9.4771
2	15.0650	30.0300	17824.9432	12.9000	0.002410	670.0000	37.5878	1.8328
3	15.0400	30.0250	17765.8321	12.9000	0.002418	650.0000	36.5871	5.5437
4	15.0700	30.0500	17836.7771	12.9000	0.002407	710.0000	39.8054	0.7462
5	15.1300	30.0750	17979.0913	12.9500	0.002395	680.0000	37.8217	1.2541
6	15.0300	30.0300	17742.2152	12.9000	0.002421	690.0000	38.8903	0.0026
7	15.0700	30.0900	17836.7771	12.9000	0.002404	730.0000	40.9267	3.9406
8	15.0000	30.1500	17671.4587	12.9500	0.002431	700.0000	39.6119	0.4493
9	15.1000	30.0250	17907.8635	12.9000	0.002399	700.0000	39.0890	0.0217
10	15.0550	30.0950	17801.2870	12.9000	0.002408	660.0000	37.0760	3.4805
			17821.4860	12.9100	0.002410	694.0000	38.9416	26.7486

STANDAR DEVIASI = 1.7240 , f'_{cr} = 38.9416 Mpa
, f'_c = 36.1143 Mpa

Yogyakarta, Juni 2005

Mengetahui,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII
Lab BKT-FTSP UII



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

Jln, Kaliurang Km 14,4 telp, (0274)-895707, 895042 Fax, (0274)-895330 Yogyakarta

TABEL HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON UMUR 28 HARI DENGAN VARIASI 40 % LIMBAH NIKEL (SLAG)

SAMPEL	DIAMETER	TINGGI	LUAS	BERAT	BERAT/VOL	BEBAN MAKSIMUM	KUAT TEKAN	$(f'_{ci} - f'_{cr})^2$
	cm	cm	mm ²	Kg	Kg/cm ³	KN	Mpa (N/mm ²)	Mpa (N/mm ²)
1	15.0250	30.1250	17730.4126	12.9000	0.002415	740.0000	41.7362	2.4662
2	15.0550	30.1950	17801.2870	13.0000	0.002419	720.0000	40.4465	0.0788
3	15.0300	30.1050	17742.2152	12.9500	0.002425	760.0000	42.8357	7.1284
4	15.1400	30.0550	18002.8653	13.1000	0.002421	690.0000	38.3272	3.3802
5	15.1050	30.0500	17919.7250	13.0000	0.002414	675.0000	37.6680	6.2389
6	15.0500	30.0500	17789.4648	12.9000	0.002413	720.0000	40.4734	0.0946
7	15.1250	30.0600	17967.2102	13.0000	0.002407	680.0000	37.8467	5.3780
8	15.0300	30.0750	17742.2152	12.9500	0.002427	730.0000	41.1448	0.9585
9	15.0500	30.2350	17789.4648	13.0000	0.002417	710.0000	39.9113	0.0648
10	15.1100	30.1500	17931.5904	13.0500	0.002414	740.0000	41.2680	1.2148
			17841.6450	12.9850	0.002417	716.5000	40.1658	27.0034

STANDAR DEVIASI = 1.7322 , f'_{cr} = 40.1658 Mpa
, f_c = 37.3250 Mpa

Yogyakarta, Juni 2005
Mengetahui,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII
Lab BKT-FTSP UII



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

Jln, Kaliurang Km 14,4 telp, (0274)-895707, 895042 Fax, (0274)-895330 Yogyakarta

TABEL HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON UMUR 28 HARI DENGAN VARIASI 60 % LIMBAH NIKEL (SLAG)

SAMPLER	DIAMETER	TINGGI	LUAS	BERAT	BERAT/VOL	BEBAN MAKSIMUM	KUAT TEKAN	$(f'_{ci} - f'_{cr})^2$
	cm	cm	mm ²	Kg	Kg/cm ³	KN	Mpa (N/mm ²)	Mpa (N/mm ²)
1	15.0700	30.0050	17836.7771	13.1000	0.002448	770.0000	43.1692	2.3094
2	15.1200	30.1030	17955.3330	13.0500	0.002414	730.0000	40.6564	0.9863
3	15.0200	30.0950	17718.6140	13.0000	0.002438	745.0000	42.0462	0.1573
4	15.1300	30.1300	17979.0913	13.1000	0.002418	715.0000	39.7684	3.5387
5	15.1250	30.0750	17967.2102	13.0000	0.002406	730.0000	40.6296	1.0404
6	15.0250	30.0350	17730.4126	12.9500	0.002432	750.0000	42.3002	0.4233
7	15.0250	30.1850	17730.4126	12.9500	0.002420	740.0000	41.7362	0.0075
8	15.1250	30.0350	17967.2102	13.1500	0.002437	760.0000	42.2993	0.4221
9	15.0550	30.1250	17801.2870	13.0000	0.002424	780.0000	43.8171	4.6981
10	15.1250	30.1500	17967.2102	13.1000	0.002418	720.0000	40.0730	2.4855
			17865.3558	13.0400	0.002425	744.0000	41.6496	16.0686

STANDAR DEVIASI = 1.3362 , f'_{cr} = 41.6496 Mpa
, f'_c = 39.4582 Mpa

Yogyakarta, Juni 2005
Mengetahui,

LABORATORIUM *Ranuw*
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII Lab BKT-FTSP UII



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

Jln, Kaliurang Km 14,4 telp, (0274)-895707, 895042 Fax, (0274)-895330 Yogyakarta

TABEL HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON UMUR 28 HARI DENGAN VARIASI 80 % LIMBAH NIKEL (SLAG)

SAMPSEL	DIAMETER	TINGGI	LUAS	BERAT	BERAT/VOL	BEBAN MAKSIMUM	KUAT TEKAN	$(f'_{ci} - f'_{cr})^2$
	cm	cm	mm ²	Kg	Kg/cm ³	KN	Mpa (N/mm ²)	Mpa (N/mm ²)
1	15.0200	30.0600	17718.6140	13.1500	0.002469	790.0000	44.5859	4.0920
2	15.0850	30.3600	17872.3027	13.1000	0.002414	750.0000	41.9644	0.3584
3	15.0100	30.1800	17695.0285	13.1500	0.002462	780.0000	44.0802	2.3018
4	15.1500	30.1600	18026.6550	13.1000	0.002409	735.0000	40.7730	3.2043
5	15.1050	30.3900	17919.7250	13.1500	0.002415	760.0000	42.4114	0.0230
6	15.0250	30.2500	17730.4126	13.0000	0.002424	740.0000	41.7362	0.6836
7	15.0600	30.1500	17813.1131	13.1000	0.002439	800.0000	44.9107	5.5119
8	15.0900	30.2950	17884.1524	13.1000	0.002418	730.0000	40.8183	3.0441
9	15.1150	30.1500	17943.4597	13.1000	0.002421	750.0000	41.7980	0.5853
10	15.0800	30.3750	17860.4569	13.1500	0.002424	760.0000	42.5521	0.0001
			17846.3920	13.1100	0.002430	759.5000	42.5630	19.8045

STANDAR DEVIASI = 1.4834 , f'_{cr} = 42.5630 Mpa
, f'_c = 40.1302 Mpa

Yogyakarta, Juni 2005
Mengetahui,

LABORATORIUM *Baruan*
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UIN Lab BKT-FTSP UII



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

Jln, Kaliurang Km 14,4 telp, (0274)-895707, 895042 Fax, (0274)-895330 Yogyakarta

TABEL HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON UMUR 28 HARI DENGAN VARIASI 100 % LIMBAH NIKEL (SLAG)

SAMPSEL	DIAMETER	TINGGI	LUAS	BERAT	BERAT/VOL	BEBAN MAKSIMUM	KUAT TEKAN	$(f_{ci} - f_{cr})^2$
	cm	cm	mm ²	Kg	Kg/cm ³	KN	Mpa (N/mm ²)	Mpa (N/mm ²)
1	15.0850	30.1250	17872.3027	13.1500	0.002442	760.0000	42.5239	0.4173
2	15.0650	30.1400	17824.9432	13.1500	0.002448	750.0000	42.0759	1.1969
3	15.0300	30.1050	17742.2152	13.2500	0.002481	730.0000	41.1448	4.1009
4	15.1250	30.2550	17967.2102	13.2000	0.002428	790.0000	43.9690	0.6386
5	15.1300	30.0200	17979.0913	13.2500	0.002455	740.0000	41.1589	4.0440
6	15.0750	30.2650	17848.6151	13.1500	0.002434	765.0000	42.8605	0.0957
7	15.0500	30.1250	17789.4648	13.1000	0.002444	780.0000	43.8462	0.4574
8	15.1050	30.2200	17919.7250	13.1000	0.002419	820.0000	45.7596	6.7068
9	15.1300	30.1500	17979.0913	13.2000	0.002435	770.0000	42.8275	0.1172
10	15.0500	30.1300	17789.4648	13.2500	0.002472	810.0000	45.5326	5.5823
			17871.2123	13.1800	0.002446	771.5000	43.1699	23.3570

STANDAR DEVIASI = 1.6110 , f_{cr} = 43.1699 Mpa
, f_c = 40.5279 Mpa

Yogyakarta, Juni 2005
Mengetahui,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII
Lab BKT-FTSP UII



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Muhamad Sadat	97 511 196	Teknik Sipil
2.			Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh variasi substitusi agregat halus menggunakan limbah nikel (SLAG)
 pada campuran beton terhadap karakteristik kuat desak beton

PERIODE KE : II (Des 04 - Mei 05)

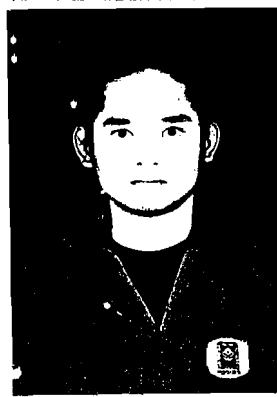
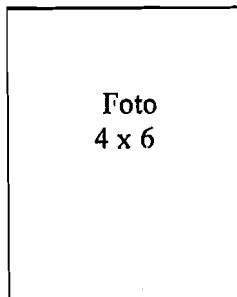
TAHUN : 2004 - 2005

Berlaku mulai Tgl : 7-Feb-05 – Sampai Akhir Mei 05

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

Dosen Pembimbing I : Much.Samsudin,Ir,H,MT

Dosen Pembimbing II :



Jogyakarta, 7-Feb-05

a.n. Dekan



Ir.H.Munadhir, MS

Catatan :

Seminar : _____

Sidang : _____

Pendadaran : _____

Diperpanjang 7d September 2005

[Signature]
20/5/05



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Muhamad Sadat	97 511 196	Teknik Sipil
2.			Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh variasi substitusi agregat halus menggunakan limbah nikel (SLAG)
 pada campuran beton terhadap karakteristik kuat desak beton

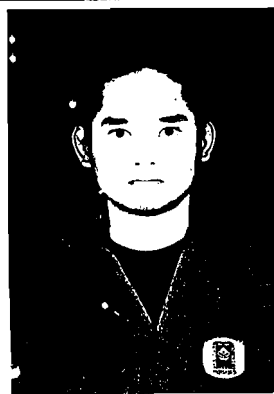
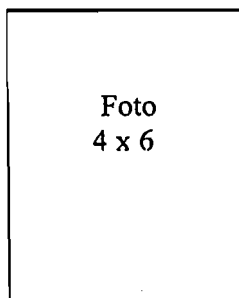
PERIODE KE : II (Des 04 - Mei 05)
 TAHUN : 2004 - 2005

Berlaku mulai Tgl : 7-Feb-05 – Sampai Akhir Mei 05

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

Dosen Pembimbing I : Much.Samsudin,Ir,H,MT

Dosen Pembimbing II :



Jogjakarta, 7-Feb-05

n. Dekan



Ir.H.Munadhir, MS

Catatan :

Seminar : _____
 Sidang : _____
 Pendadaran : _____

Diperpanjang 7d September 2005

14/20/5