

**JURNAL PENELITIAN TEKNIK SIPIL**

# **Intensip**

**Informasi Teknik Sipil**



**INDO AJENG**  
**311 17 008**

**JABAL ASWAR**  
**311 17 009**

**PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

**MAKASSAR**

**2020**

# Studi Evaluasi Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Pemanfaatan Slag Baja sebagai Agregat

Indo Ajeng<sup>1,a</sup> dan Jabal Aswar<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245 Indonesia

Pada penelitian ini slag baja dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti agregat kasar batu pecah dengan 3 jenis variasi agregat kasar. Variasi 1 yaitu 100% batu pecah, variasi 2 yaitu 50% batu pecah – 50% slag baja, dan variasi 3 yaitu 50% slag baja leadle – 50% slag baja. Dan hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah, slag baja ladle dan slag baja rapuh) dan agregat halus (slag baja rapuh) menunjukkan bahwa agregat tersebut pada umumnya memenuhi standar akan tetapi dari hasil pengujian ada beberapa yang nilainya relatif tinggi dan relatif rendah sehingga diberikan perlakuan khusus. Kemudian untuk penambahan admixture berupa bahan tambah kimia sikamen LN sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton untuk menghasilkan persentase kekuatan beton yang tinggi ( $f'c$  50 MPa). ditinjau dari kuat tekan dengan masing-masing 5 benda uji tiap variasi ( $d=10$  cm,  $t=20$  cm).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton rata-rata pada variasi 1 = 50,76 MPa, variasi 2 = 38,53 MPa, dan variasi 3 = 33,54 MPa. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa hasil kuat tekan rata-rata paling tinggi terdapat pada variasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan slag baja sebagai agregat kasar menghasilkan kuat tekan rata-rata pada beton semakin rendah sehingga penggunaan slag baja tidak direkomendasikan sebagai pengganti agregat kasar.

**Kata kunci :** slag baja, beton, kuat tekan

## I. Pendahuluan

Perkembangan zaman yang semakin pesat tentunya seiring dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi di bidang konstruksi, oleh karena itu terus meningkatnya kebutuhan masyarakat akan fasilitas dalam pekerjaan teknik sipil, tidak lain adalah fasilitas infrastruktur seperti fasilitas untuk pembangunan gedung, jembatan, tower, dan bangunan konstruksi lainnya. Di era pemerintahan saat ini pembangunan infrastruktur  $\pm$  naik 4,9% dilakukan untuk merangsang pertumbuhan ekonomi dinegara ini. Dimana pada bangunan tersebut terdiri dari berbagai komponen, salah satunya adalah beton. Hal ini dapat

dilihat dari banyaknya bangunan yang menggunakan bahan beton dalam volume yang besar.

Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan – kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, seperti harganya yang relatif murah, mempunyai kekuatan yang baik, tahan lama, dan tahan terhadap api. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, dan beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas yang tinggi dan tidak mengabaikan nilai ekonomis dari beton itu sendiri. Beton tersusun dari berbagai macam material yaitu agregat kasar dan agregat halus, semen, dan air ( bisa ditambah bahan lain *additive* atau *admixture* ). Untuk membuat beton mutu tinggi ada beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu; material, proporsi campuran, dan pengerjaan. Material penyusunan beton adalah sumber daya yang lama kelamaan akan habis dan tidak dapat diperbaharui apabila dipergunakan secara terus menerus. Dimana kondisi itulah yang kemudian dicarikan alternatif penggantinya, dengan begitu alternatif pengganti material yang cukup efisien dan ramah lingkungan adalah dengan menggunakan material limbah. Limbah yang dimaksud adalah limbah slag baja sebagai pengganti agregat untuk mencapai beton mutu tinggi.

Slag adalah limbah padat bukan logam yang dihasilkan dari proses peleburan logam pada tanur (furnace) dan merupakan kumpulan oksida dalam keadaan lebur dan terpisah dari fasa logam cair selama proses peleburan. Salah satu industri yang menghasilkan limbah slag baja di Makassar adalah PT. Barawaja. Limbah hasil residu dari PT. Barawaja sebelum menjadi slag mengalami proses pendinginan

secara alami. Namun karena keterbatasan tempat untuk limbah slag tersebut maka pendinginan dilakukan dengan cara menyiramkan air ke hasil residu

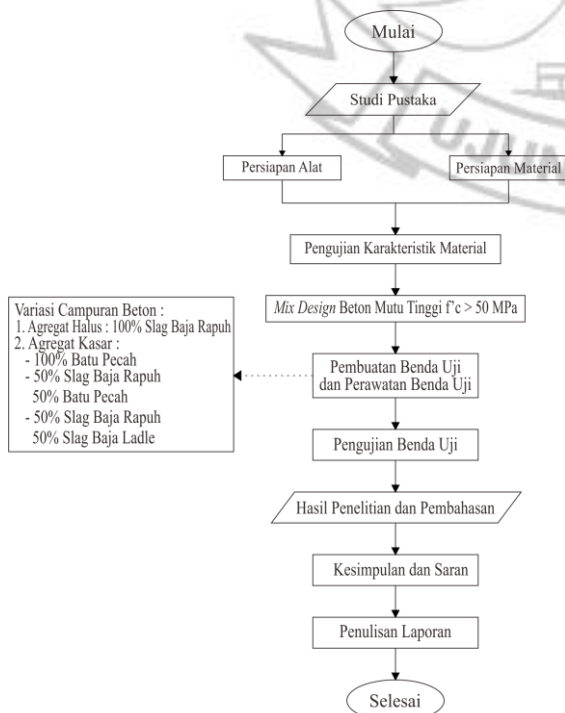
pembakaran untuk mempercepat proses pendinginan sehingga menghasilkan limbah slag baja dengan karakteristik yang berbeda. Slag yang dihasilkan berbeda untuk agregat kasar dan halus. Penelitian pada tahun sebelumnya (2019), hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan penggunaan 100% slag baja rapuh sebagai agregat halus mendapatkan hasil kuat tekan beton tinggi, sehingga penggunaan slag baja rapuh sebagai pengganti agregat halus (pasir) dapat dimanfaatkan.

Berdasarkan hal tersebut diatas, pemanfaatan slag baja rapuh sebagai agregat halus ternyata material slag baja tersebut masih banyak yang menumpuk, maka pada penelitian ini kami bermaksud untuk memanfaatkan slag baja rapuh dan slag baja ladle sebagai agregat dengan beberapa variasi.

## II. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Durasi penelitian ini sampai dengan penyusunan laporan tugas akhir diselenggarakan selama 4 (empat) bulan, dilaksanakan mulai dari akhir bulan Juni 2020 sampai September 2020.

### A. Prosedur Pelaksanaan



Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa bagian, yaitu :

#### a. Persiapan penelitian

Pada bagian ini pekerjaan beton mulai dilakukan dengan mengambil sampel untuk dibawa ke laboratorium dan selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik. Pengambilan sampel dilakukan setelah menentukan komposisi sampel yang dibutuhkan dan lokasi pengambilan sampel uji selanjutnya sampel uji tersebut dibawa ke laboratorium untuk diuji, sesuai dengan kebutuhan penelitian. Persiapannya meliputi pengambilan material slag baja dari PT. Barawaja berupa slag baja rapuh kasar yang dihaluskan sehingga digunakan sebagai agregat halus lalu disaring dengan saringan yang lolos saringan no.4 dan slag baja ladle dengan ukuran max. 20. Serta pengambilan material batu pecah di Bili-bili.

#### b. Perancangan benda uji (mix design)

Setelah menguji karakteristik bahan dan semua bahan telah memenuhi persyaratan, selanjutnya kita merancang campuran beton yang akan dibuat. Untuk merancang campuran beton mutu tinggi kami menggunakan metode DOE dengan mutu beton tinggi yang direncanakan  $f'c > 50$  Mpa.

#### c. Pembuatan benda uji

Jumlah benda uji yang akan dibuat adalah tiga variasi beton masing-masing 5 sampel benda uji silinder  $t = 20$  cm dan  $\varnothing 10$  cm.

Adapun pembuatan benda uji yang akan dilaksanakan meliputi:

1. Persiapan, dilakukan dengan menyiapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan selama pembuatan benda uji.
2. Penakaran, dilakukan dengan menimbang atau menakar bahan penyusun beton berdasarkan hasil uji karakteristik bahan penyusun dan mutu beton yang direncanakan dalam penelitian ini yaitu  $f'c > 50$  Mpa.
3. Pengadukan (mixing), dilakukan dengan mencampur semua bahan yang telah disiapkan

seperti batu pecah, slag baja rapuh, slag baja ladle, semen, air, dan penambahan bahan tambah dapat dilakukan dengan mencampur langsung dengan air (1% Sikamen LN) menggunakan alat pengaduk.

4. Penuangan atau pengecoran, dilakukan dengan mengisi cetakan dengan campuran beton segar yang telah dicampur sebelumnya. Dan melakukan pengujian slump untuk masing-masing variasinya.
5. Pemasangan, dilakukan dengan memadatkan campuran beton segar menggunakan meja penggetar, kemudian permukaannya diratakan.
6. Penyelesaian akhir, terakhir dalam pembuatan benda uji, cetakan berisi beton diletakkan di tempat yang terlindung dari gangguan luar selama lebih dari 24 jam. Kemudian membuka cetakan dan mengeluarkan benda uji dari cetakan.

d. Perawatan

Perawatan dilakukan dengan mengambil benda uji berupa beton yang sudah jadi, kemudian merendamnya dalam bak perendaman yang berisi air agar proses pematangan berlangsung sempurna. Perendaman ini berlangsung sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

e. Pengujian kuat tekan beton

Proses pengujian kuat tekan beton sebagai berikut :

1. Setelah perendaman sampel beton dilakukan pengeringan sebelum dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 28 hari, dimana benda uji diangkat atau dikeluarkan dari kolam bak perendaman kemudian biarkan mengering diudara  $\pm$  24 jam. Pengetesan hanya dilakukan pada umur 28 hari karena kuat tekan karakteristik yang akan diuji
2. Benda uji ditimbang beratnya dan diukur dimensinya.
3. Benda uji dicapping.

4. Meletakkan benda uji di dalam mesin tekan. Selanjutnya mesin uji dijalankan sampai mencapai batas maksimum, pengujian tekan beton dengan parameter SNI 2847-2013, kemudian mengolah data hasil pengujian.

B. Variasi dan Jumlah Benda Uji

Tabel 1. Variasi dan jumlah benda uji

Kode Benda Uji	Bahan Tambah	Agregat Halus		Agregat Kasar		Jumlah Sampel
		Slag Baja Rapuh	Slag Baja Ladle	Batu Pecah	Slag Baja Rapuh	
BSV1	1%	100%	0%	100%	0%	5
BSV2	Sikamen	100%	0%	50%	50%	5
BSV3	LN	100%	50%	0%	50%	5

### III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar (slag baja ladle)

Uraian	Hasil	Spesifikasi	ASTM	Keterangan
Kadar Air	0,14%	0,5% - 2%	C 588	Relatif rendah
Kadar Lumpur	0,14%	0% - 1%	C 117	Memenuhi
Modulus Kehalusan	7,4%	5,5 - 8,0	C 104	Memenuhi
Berat Isi	1,6 kg/ltr	(1,6 - 1,9) kg/ltr	C 29	Memenuhi
Berat Jenis SSD	3,14	1,6 - 3,2	C 127	Memenuhi
Penyerapan	0,69%	0,2% - 4%	C 127	Memenuhi
Keausan	10,60%	15% - 50%	C 131	Relatif rendah

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah)

Uraian	Hasil	Spesifikasi	ASTM	Keterangan
Kadar Air	1,961 %	0,5% - 2%	C 588	Memenuhi
Kadar Lumpur	0,245%	0% - 1%	C 117	Memenuhi
Modulus Kehalusan	7,627	5,5 - 8,0	C 104	Memenuhi
Berat Isi	1,257 kg/ltr	(1,6 - 1,9) kg/ltr	C 29	Relatif rendah
Berat Jenis SSD	2,535	1,6 - 3,2	C 127	Memenuhi
Penyerapan	2,745%	0,2% - 4%	C 127	Memenuhi
Keausan	24,019%	15% - 50%	C 131	Memenuhi

Tabel 4. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar (slag baja rapuh)

Uraian	Hasil	Spesifikasi	ASTM	Keterangan
Kadar Air	0,83%	0,5% - 2%	C 588	Memenuhi
Kadar Lumpur	0,22%	0% - 1%	C 117	Memenuhi
Modulus Kehalusan	7,32	5,5 - 8,0	C 104	Memenuhi
Berat Isi	1,36 kg/ltr	(1,6 - 1,9) kg/ltr	C 29	Relatif rendah
Berat Jenis SSD	3,15	1,6 - 3,2	C 127	Memenuhi
Penyerapan	3,41%	0,2% - 4%	C 127	Memenuhi
Keausan	41,43%	15% - 50%	C 131	Memenuhi

Tabel 5. Hasil pengujian karakteristik agregat halus (slag baja rapuh)

Uraian	Hasil	Spesifikasi	ASTM	Keterangan
Kadar Air	4,68%	3%-5%	C 556	Memenuhi
Kadar Lumpur	6,269%	0,2%-6%	C 117	Relatif tinggi
Modulus Kehalusan	3,55	2,2-3,1	C 136	Relatif tinggi
Berat Isi	1,56	(1,4-1,9)kg/ltr	C 29	Memenuhi
Berat Jenis SSD	3,19	1,6-3,3	C 128	Memenuhi
Penyerapan	4,02%	0,2%-2%	C 128	Relatif Tinggi

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah, slag baja ladle dan slag baja rapuh ) dan agregat halus (slag baja rapuh) menunjukkan bahwa agregat tersebut pada umumnya memenuhi standar ASTM/SNI akan tetapi dari hasil pengujian ada beberapa yang nilainya relatif tinggi dan relatif rendah atau tidak memenuhi standar sehingga diberikan perlakuan khusus. Selain itu, masih dapat dilakukan koreksi sebelum dan pada saat pencampuran beton.

B. Hasil Mix Design

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik maka dilakukan mix design f'c 50 MPa dan diperoleh komposisi beton yang ditunjukkan pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Komposisi Beton Normal 1 m3

Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Semen (kg)	Air (kg)	Sikamen LN (kg)
594,60	1057,07	633,33	190	6,334

Tabel 7. Komposisi Beton 1 m3

Kode Sampel	Agregat Halus (kg)		Agregat Kasar (kg)		Semen (kg)	Air (kg)	Sikamen LN (kg)
	Slag Baja Rapuh	Batu Pecah	Slag Baja Rapuh	Batu Pecah			
BSV1	594,6	0	1057,07	0	633,33	190	6,334
BSV2	594,6	0	528,53	571,84	633,33	190	6,334
BSV3	594,6	647,53	0	571,84	633,33	190	6,334

C. Pengujian Beton Segar

Setelah melakukan penelitian tentang penggunaan slag baja rapuh sebagai agregat kasar, pengujian slump dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil pengujian nilai slump

Kode Sampel	Hasil Pengukuran (cm)	Nilai Slump Rata-rata (cm)
BSV1	3,6	3,3
	3,7	
	2,5	
BSV2	4,5	4,43
	3,7	
	5,1	
BSV3	6,3	5,5
	5	
	5,2	

D. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11, sedangkan untuk kuat tekan beton rata-rata ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 9. Hasil pengujian kuat tekan beton BSV1

No	Kode	Umur (hari)	Berat (kg)	Berat Isi Beton (kg/m3)	Tinggi (mm)	Luas (mm2)	Pmax (N)	Kuat Tekan (Mpa)
1	BSV1-1	28	4,04	2571,95	200	7854	354297,3	45,11
2	BSV1-2	28	3,95	2514,65	200	7854	447320,5	56,95
3	BSV1-3	28	4,07	2591,04	200	7854	408594,5	52,02
4	BSV1-4	28	3,90	2482,82	200	7854	407179	51,84
5	BSV1-5	28	4,00	2546,48	200	7854	376036,4	47,87
Berat isi beton rata-rata				2541,39	Kuat Tekan Rata-Rata			50,76

Tabel 10. Hasil pengujian kuat tekan beton BSV2

No	Kode	Umur (hari)	Berat (kg)	Berat Isi Beton (kg/m3)	Tinggi (mm)	Luas (mm2)	Pmax (N)	Kuat Tekan (Mpa)
1	BSV2-1	28	4,09	2603,78	200	7854	332962,6	42,39
2	BSV2-2	28	4,21	2680,17	200	7854	368958,5	46,97
3	BSV2-3	28	4,15	2641,97	200	7854	339838,2	43,26
4	BSV2-4	28	4,15	2641,97	200	7854	302022,2	38,45
Berat isi beton rata-rata				2641,97	Kuat tekan rata-rata			42,77

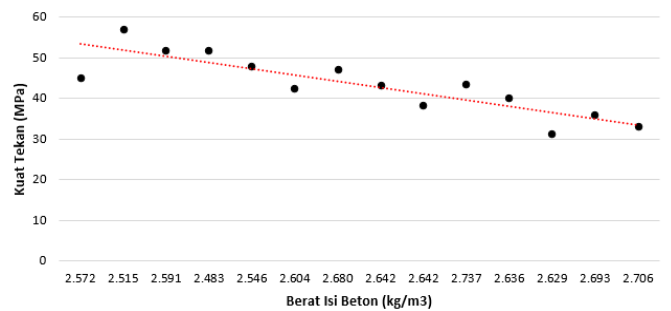
Tabel 11. Hasil pengujian kuat tekan beton BSV3

No	Kode	Umur (hari)	Berat (kg)	Berat Isi Beton (kg/m3)	Tinggi (mm)	Luas (mm2)	Pmax (N)	Kuat Tekan (Mpa)
1	BSV3-1	28	4,30	2737,47	200	7854	340546	43,35
2	BSV3-2	28	4,14	2635,61	200	7854	315773,5	40,20
3	BSV3-3	28	4,13	2629,24	200	7854	246001	31,32
4	BSV3-4	28	4,23	2692,90	200	7854	280682	35,73
5	BSV3-5	28	4,25	2705,64	200	7854	260000	33,10
Berat isi beton rata-rata				2680,17	Kuat tekan rata-rata			36,74

Tabel 12. Hubungan kuat tekan beton dengan berat isi beton

No	Kode Sampel	Variasi agregat halus (%)	Variasi agregat kasar (%)	Berat isi Beton (kg)	Kuat tekan beton (Mpa)
1	BSV1	100%	0%	2541,39	50,76
2	BSV2	100%	0%	2641,97	42,77
3	BSV3	100%	50%	2680,17	36,74

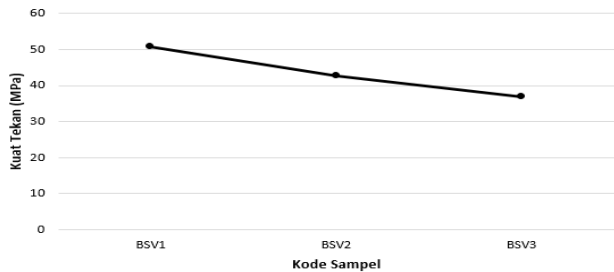
Grafik hubungan antara kuat tekan beton terhadap berat isi beton ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara kuat tekan beton dengan berat isi

Pada Gambar 2. dapat dilihat bahwa beton tersebut termasuk beton berat karena memiliki berat > 2500 kg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi berat isi maka kuat tekan yang dihasilkan semakin menurun, karena pada saat pengecoran untuk BSV2 dan BSV3 slag baja rapuh yang digunakan sebagai agregat kasar hancur.

Pengaruh slag baja rapuh sebagai agregat kasar terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara variasi dan kuat tekan

Pada Gambar 3. terlihat bahwa penggunaan slag sebagai agregat kasar mengalami penurunan kuat tekan. Variasi BSV1 kuat tekannya sebesar 50,76 MPa, pada variasi BSV2 kuat tekan beton menurun menjadi 42,77 MPa, sedangkan untuk kuat tekan beton terendah terjadi pada variasi BSV3 yaitu sebesar 36,74 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar penambahan persentase slag baja maka kuat tekan beton akan semakin menurun.

#### IV. Kesimpulan dan Saran

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah kami lakukan, maka dapat kami simpulkan bahwa :

1. Secara umum hasil pengujian karakteristik agregat, slag yang dimanfaatkan sebagai agregat kasar dan halus memenuhi untuk digunakan dalam produksi beton.
2. Dari hasil pengujian kuat tekan beton, penggunaan 100% batu pecah sebagai agregat kasar menghasilkan kuat tekan beton tertinggi, sedangkan penggunaan 50% slag baja rapuh di variasi 2 dan variasi 3 menghasilkan kuat tekan beton semakin rendah sehingga penggunaan slag baja rapuh sebagai agregat kasar tidak direkomendasikan. *Saran*

1. Pada saat pembuatan benda uji pasta semen ataupun mortar, sebaiknya pelaksanaan pekerjaan dari masing-masing benda uji dikerjakan dengan ketelitian/kecermatan yang

tinggi untuk menghindari perbedaan yang signifikan dari hasil pengujian.

2. Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai penggunaan ekstrak daun kapuk sebagai bahan konstruksi.
3. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk menerapkan cara yang lebih efisien untuk menghasilkan ekstrak daun kapuk.

##### B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah kami lakukan terdapat beberapa masalah atau hambatan yang kami dapatkan, maka penulis merekomendasikan saran-saran agar meminimalisir kesalahan yang telah terjadi sebagai berikut :

1. Pastikan material yang akan digunakan tidak terganggu.
2. Dalam pengujian karakteristik sebaiknya dilakukan secara lebih teliti sehingga data yang dihasilkan lebih akurat.
3. Perlu diperhatikan beton pada saat pengadukan agar tetap homogen sampai pemadatan dan kondisi perawatan untuk mencapai kuat tekan optimal.
4. Pastikan umur semen dan bahan tambah yang akan digunakan untuk pengujian.
5. Penempatan sampel yang akan dicetak harus benar-benar diperhatikan agar sampel yang dihasilkan tidak miring (rata).
6. Pastikan cetakan yang digunakan terpasang dengan baik (kuat).
7. Pastikan melakukan proses capping yang baik dan benar.
8. Perhatikan dengan baik saat menginput data pada mesin kuat tekan.
9. Penempatan sampel pada pelat saat diuji harus diperhatikan.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian penulisan Laporan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Dr. Andi Muh. Subhan, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Abdullah Latip, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Konstruksi Gedung.
3. Ir. Irka Tangke Datu, S.,ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing 1.
4. Abdul Nabi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing 2.
5. Keluarga dan teman-teman tercinta, yang tidak dapat disebut satu-persatu, untuk bertukar pikiran, dan mendukung serta membantu terselesaikannya laporan tugas akhir ini.

## Daftar Pustaka

- [1] Aprizon, Andi dan Pramudiyanto, 2008, HIGH STRENGTH CONCRETE, (<https://pramudiyanto.wordpress.com/2008/08/06/beton-mutu-tinggi/> , diakses tanggal 2 Februari 2020).
- [2] Johan, Fanny, 2019, BETON MUTU TINGGI (HIGH STRENGTH CONCRETE), (<https://docplayer.info/73024563-Bab-i-beton-mutu-tinggi-high-strengthconcrete.html> , diakses tanggal 2 Februari 2020)
- [3] Mindess. Sidney et al. 2003.“Concrete 2nd Edition”. Pearson Education, Inc. USA Mulyono, Tri. 2004. “Teknologi Beton”. Yogyakarta. Andi Publisher.
- [4] Mulyono, Tri. 2005. “Teknologi Beton”. Ed. II. Yogyakarta: Andi.
- [5] Pd T-04-2004-C. 2004. Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi. (<http://ejournal.uajy.ac.id/6263/4/TS313398.pdf> , diakses tanggal 2 Februari 2020).
- [6] SNI 2847 : 2013. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- [7] Sukmawati dan Kharismawaty.M. 2019. “Studi Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi menggunakan Agregat Halus Slag Baja”. Laporan Tugas Akhir. Makassar: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.

