

LEMBAR
HASIL PENILAIAN SEJAWAT SEBIDANG ATAU PEER REVIEW RANCANGAN

Judul Rancangan : Rancangan Karakteristik Beton Mutu FC 30 Dengan Menggunakan Limbah Peleburan Nikel Dan Pembakaran Batubara

Jumlah Penulis : 3 (Tiga) Orang

Nama Pengusul : 1. Penulis Pertama (Muhammad Nur Rohman)
2. Penulis Kedua (Bertinus Simanihuruk, ST, MT)
3. Penulis Ketiga (Dra. Kristina Sembiring, ST, MT)

Nama Penilaian : Dr. Mardiaman, ST, MT

Pangkat/Golongan : Lektor Kepala, Pembina/IV-a

Hasil Penilaian Validasi

No.	Aspek	Uraian/Komentar Penilaian
1.	Indikasi Plagiasi	Rancangan ini menunjukkan orisinalias karya yang baik
2.	Linieritas	Rancangan ini dibuat berdasarkan prinsip rancangan campuran beton menggunakan bahan buangan air kelapa dan abu sekam

Komponen Yang Dimulai	Nilai Maksimal Membuat Rancangan dan Karya Teknologi		Nilai Akhir Yang Diperoleh
	International <input type="checkbox"/>	Nasional <input checked="" type="checkbox"/>	
a. Kelengkapan dan kesesuaian unsur isi rancangan (10 %)		2	2
b. Ruang lingkup dan kedalaman ciptaan (30%/		6	5
c. Kecukupan dan Kemutakhiran data informasi dan metodologi ciptaan (30%)		6	5
d. Kelengkapan unsur dan kualitas penerbit (30%)		6	6
Total = (100 %)		20	
Nilai Pengusul =			18

Catatan Penilaian oleh Reviewer

Kelengkapan dan kesesuaian unsur isi rancangan : unsur-unsur desain lengkap dan sudah sesuai

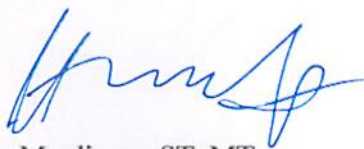
Ruang lingkup dan kedalaman rancangan : rancangan cukup menarik

Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi ciptaan : desain yang tersajji dan metodologi rancangan cukup memadai

Kelengkapan unsur dan kualtas penerbit : rancangan diterbitkan oleh Universitas Tama Jagakarsa

Jakarta, 14 Juli 2022

Reviewer I



Dr. Mardiman, ST, MT
NIP/NIDN 0024096702



Disetujui
Kepala LPPM

Dr. Irma Sjafei, M.Pd

LEMBAR

HASIL PENILAIAN SEJAWAT SEBIDANG ATAU PEER REVIEW RANCANGAN

Judul Rancangan : Rancangan Karakteristik Beton Mutu FC 30 Dengan Menggunakan Limbah Peleburan Nikel Dan Pembakaran Batubara

Jumlah Penulis : 3 (Tiga) Orang

Nama Pengusul : 1. Penulis Pertama (Muhammad Nur Rohman)
2. Penulis Kedua (Bertinus Simanihuruk, ST, MT)
3. Penulis Ketiga (Dra. Kristina Sembiring, ST, MT)

Nama Penilaian : Dr. Ir. Moh Azhar, M.Sc

Pangkat/Golongan : Lektor Kepala, Pembina Tk I/IV-b

Hasil Penilaian Validasi

No.	Aspek	Uraian/Komentar Penilaian
1.	Indikasi Plagiasi	Rancangan ini menunjukkan orisinalias karya yang baik
2.	Linieritas	Rancangan ini dibuat berdasarkan prinsip rancangan campuran beton menggunakan bahan buangan air kelapa dan abu sekam

Komponen Yang Dimulai	Nilai Maksimal Membuat Rancangan dan Karya Teknologi		Nilai Akhir Yang Diperoleh
	International <input type="checkbox"/>	Nasional <input checked="" type="checkbox"/>	
e. Kelengkapan dan kesesuaian unsur isi rancangan (10 %)		2	2
f. Ruang lingkup dan kedalaman ciptaan (30%/		6	5
g. Kecukupan dan Kemutakhiran data informasi dan metodologi ciptaan (30%)		6	5
h. Kelengkapan unsur dan kualitas penerbit (30%)		6	6
Total = (100 %)		20	
Nilai Pengusul =			18

Catatan Penilaian oleh Reviewer

Kelengkapan dan kesesuaian unsur isi rancangan : unsur-unsur desain lengkap dan sudah sesuai

Ruang lingkup dan kedalaman rancangan : rancangan cukup menarik

Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi ciptaan : desain yang tersajji dan metodologi rancangan cukup memadai

Kelengkapan unsur dan kualitas penerbit : rancangan diterbitkan oleh Universitas Tama Jagakarsa

Jakarta, 14 Juli 2022
Reviewer II



Dr. Ir. Moh Azhar, M.Sc
NIP/NIDN 0331076205

Disetujui
Kepala LPPM



Dr. Irma Sjafei, M.Pd

KAJIAN AKADEMIS KARAKTERISTIK BETON MUTU FC 30 DENGAN MENGGUNAKAN LIMBAH PELEBURAN NIKEL DAN PEMBAKARAN BATUBARA

Muhammad Nur Rohman¹, Bertinus Simanihuruk², Hikma Dewita³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa, Jl.TB. Simatupang No.152 Tanjung Barat Jakarta

Email : ¹mnrohman8@gmail.com, ²bsimanihuruk@gmail.com, ³dewitahikma@gmail.com

ABSTRAK

Beton adalah material yang sering digunakan untuk pembangunan proyek saat ini. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan semen yaitu dengan menggunakan limbah berupa peleburan baja dan pembakaran batu bara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan fly ash dan slag. Beton dengan menggunakan tambahan fly ash dan slag merupakan salah satu jenis beton dengan ramah lingkungan atau beton go green. Berkaitan dengan hal tersebut, dilakukan penelitian bersifat eksperimen di Laboratorium membuat beton menggunakan tambahan fly ash dan slag dari jumlah semen dengan penambahan fly ash 10% dan slag 10%, 20%, dan 30% dari volume agregat kasar terhadap kuat tekan beton. Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari, 28 hari dan 56 hari menggunakan benda uji berbentuk silinder 15 cm x 30cm. Dari penelitian tersebut, didapat hasil kuat tekan pada umur beton 7 hari, 28 hari dan 56 hari untuk beton normal sebesar 27.73 MPa, 36.78 MPa dan 40.46 MPa. Pada beton fly ash 10% dan slag 10% nilai kuat mencapai target yang ditargetkan sebesar 26.31 MPa, 33.11 MPa dan 39.61 MPa. Untuk kuat tekan beton fly ash 10% dan slag 20% mengalami penurunan target yang ditentukan namun masih mencapai mutu fc 30 sebesar 23.34 MPa, 29.99 MPa, dan 35.65 MPa. Sementara dengan penambahan fly ash 10% dan slag 30% mengalami penurunan kuat tekan tidak mencapai mutu fc 30 namun pada umur 56 hari mencapai target hasil yang didapat 20.94 MPa, 26.88 MPa, dan 34.80 MPa. Dari hasil penelitiandisimpulkan bahwa semakin banyak penambahan tambahan fly ash dan slag kuat tekan akan semakin menurun. Kuat tekan beton maksimum diperoleh pada beton variasi penambahan fly ash 10% dan slag 20%, akan tetapi beton dengan menggunakan peleburan nikel dan pembakaran batu bara akan mengurangi limbah yang semakin lama semakin banyak dan kurangnya pengelolaan limbah, limbah juga akan mencemaran lingkungan dan merusak lingkungan dengan dimanfaatkan limbah peleburan nikel dan pembakaran batu bara untuk penggunaan beton selain itu beton dengan menggunakan limbah tersebut terbilang ekonomis dan ramah lingkungan.

Kata Kunci : pengaruh, slag, fly ash, beton ramah lingkungan

PENDAHULUAN

Dewasa ini, pembangunan senantiasa dilakukan berakibat padameningkatnya kebutuhan akan konstruksi, seperti pembanguan jalan, jembatan, perumahan, dan gedung. Dalam bidang konstruksi, material yang paling sering digunakan adalah beton. Beton sangat digemari penggunaannya dikarenakan kemudahan untuk digunakan dan juga ketersediaan material dasar yang mudah didapat dari sumber daya alam. Semakin banyaknya penggunaan beton dan pembangunan menunjukkan juga semakin banyak kebutuhan beton, sehingga diperlukan suatu inovasi baru terhadap beton tersebut dalam alternatif penggunaan material dasarnya. Adapun inovasi tersebut dengan memanfaatkan limbah sebagai bahan baku campuran pembuatan beton.

Salah satu limbah yang ingin dimanfaatkan adalah *fly ash*. Pemanfaatan limbah *fly ash* untuk keperluan bahan bangunan teknik sipil, namun hasil pemanfaatan tersebut belum dapat dimasyarakatkan secara optimal, karena berdasarkan PP No. 85 tahun 1999 tentang pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), *fly ash* dikategorikan sebagai limbah B3 karena terdapat kandungan oksida logam berat yang akan mengalami pelindihan secara alami dan mencemari lingkungan.

Pasal 2 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun menyebutkan bahwa pengelolaan limbah B3 bertujuan untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran dan atau kerusakan lingkungan hidup yang diakibatkan oleh limbah B3 serta melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang dapat tercemar sehingga sesuai fungsinya kembali.

Berdasarkan tulisan di Kompas.com, Presiden Joko Widodo mengeluarkan limbah batu bara dari kategori [Limbah Berbahaya dan Beracun \(B3\)](#). Pemerintah mengesahkan langkah itu dalam salah satu Peraturan Turunan UU Omnibus Law No. 1 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja. Hal itu tepatnya tertuang dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Aturan ini sah pada tanggal 02 Februari 2021. Dalam bagian penjelasan Pasal 459, debu hasil pembakaran [batu bara](#) dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan kegiatan lainnya tak termasuk sebagai [limbah B3](#) (Kompas.com, 2021).

Inovasi tersebut diantaranya yaitu penggunaan limbah *steel slag* sebagai bahan substitusi agregat halus dan abu terbang (*fly ash*) batu bara sebagai bahan substitusi semen. *Steel slag* merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi yang dihasilkan oleh industri peleburan baja berupa limbah *steel slag* yang secara fisik berbentuk halus dan granular (Mulyono, 2004 dalam Ramadhan, Kurniawandy & Djauhi, 2016).

Seiring dengan upaya pelestarian lingkungan, telah banyak dilakukan penelitian pemanfaatan *steel slag* sebagai bahan pengganti dalam komposisi pembuatan beton yang memiliki hasil positif. *Fly ash* merupakan material sisa-sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai. Pembakaran batubara kebanyakan digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap. Material ini mempunyai kadar semen yang tinggi. Oleh karena itu, diupayakan agar abu terbang dapat menjadi bahan yang berguna, antara lain pemanfaatan *fly ash* batu bara sebagai bahan substitusi semen terhadap campuran beton. Penambahan abu terbang pada campuran beton bersifat *pozzolan*, sehingga dapat menjadi *additive mineral* yang baik untuk beton. *Pozzolan* adalah bahan yang mengandung silika dan aluminium yang bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada temperatur biasa membentuk senyawa bersifat mengikat (Ramadhan, Kurniawandy & Djauhi, 2016).

Penggunaan material *fly ash* sebagai material pembentuk beton didasari pada sifat material ini yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Kemiripan sifat ini dapat ditinjau dari dua sifat utama, yaitu sifat fisik dan kimiawi. Secara fisik, material *fly ash* memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirnya.

Menurut *ACI Committee 226* dalam (Umboh, Sumajouw & Windah, 2016), *fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 *mili micron*) 5-27% dengan *specific gravity* antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat kimia yang dimiliki oleh *fly ash* berupa silika dan alumina dengan presentase mencapai 80%. Adanya kemiripan sifat-sifat ini menjadikan *fly ash* sebagai material pengganti untuk mengurangi jumlah semen sebagai material penyusun beton mutu tinggi. Penggunaan *fly ash* sebagai material pembentuk beton memberikan dampak positif jika ditinjau dari segi lingkungan. *Fly ash* merupakan sisa pembakaran batu bara yang sangat halus. Kehalusan butiran *fly ash* ini berpotensi terhadap pencemaran udara. Selain itu, penanganan *fly ash* ada saat ini masih terbatas pada penimbunan di lahan kosong (Sumanjaou Umboh dan Windah, 2016) (*ACI Committee 226* dalam Umboh, Sumajouw & Windah, 2016).

Sedangkan, *slag* merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi, yang dihasilkan oleh industri peleburan baja salah satunya berupa limbah *slag* yang secara fisik menyerupai agregat kasar. *Slag* dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi, mulai dari konstruksi, pengolahan air limbah, pupuk, dan bahan perbaikan tanah sampai proses pembuatan semen. Kandungan *slag* rata-rata pada terak besi adalah sebesar 41,54%. Hal inilah yang menjadi salah satu kelebihan terak besi karena dengan kandungan silika yang tinggi maka dapat memberikan daya ikat yang kuat antara semen dengan agregat (Anggraeni,

Seprianto, (Seprianto Anggaraeni, Supriyo dan Fatmawati, 2017) Supriyo & Fatmawati, 2017).

Berdasarkan beberapa pengertian di atas, maka akan dilakukan penelitian guna mengidentifikasi manfaat *fly ash* dan *slag* sebagai material pengganti semen pada beton. Menitikberatkan pada pengaruh penggunaan material *fly ash* dan *slag* terhadap kuat tekan beton khususnya pada awal umur beton. Hal ini seiring dengan semangat pelestarian lingkungan dan mencari solusi pemanfaatan dari berbagai limbah tersebut.

MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Terdapat beberapa tujuan pada penelitian “Pengaruh Penggunaan *Slag* dan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan” yaitu :

1. Mengetahui pengaruh penggunaan slag dan fly ash pada beton normal.
2. Mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* dan *slag* pada campuran beton untuk memperoleh kuat tekan yang maksimum.
3. Membandingkan hasil nilai kuat tekan antara beton normal, dan beton yang menggunakan *fly ash* dan *slag* pada umur beton 7 hari 28 hari dan 56 hari.
4. Mengetahui pengaruh terhadap kuat tekan dari penambahan fly ash 10% dan 30% pada beton .

PEMBATASAN MASALAH

Penelitian dengan judul “Karakteristik Kuat Tekan Beton dengan menggunakan *fly ash* dan *slag*” batasan masalah yang jadi pembahasan, ialah :

1. *JOBMIX formula* didapat dari metode Departement Of Environment.
2. *Fly ash* yang dipakai 10% dari semua percobaan dan variasi persentase *slag* yaitu 10%, 20%, dan 30%.
3. Untuk sampel beton menggunakan silinder berukuran 15 x 30 cm sebanyak 24 buah, 6 buah untuk setiap percobaan.
4. Melakukan pengujian beton pada umur 7 hari, 28 hari dan 56 hari dan pengujian suhu.

KAJIAN PUSTAKA PUSTAKA

Beton

Beton sebagai salah satu bahan konstruksi yang mutunya dipengaruhi oleh bahan-bahan pembuatnya seperti jenis semen, ukuran agregat, faktor air semen, waktu dan suhu perawatan serta pori-pori antar sel dan pori-pori kapilernya. Untuk mengurangi pori-pori antar sel dan pori-pori kapiler dapat dilakukan dengan penambahan bahan tambahan (*addictive*). Komposisi bahan beton tidak homogen. Untuk itu perlu modifikasi pendekatan terhadap prinsip-prinsip dasar perancangan beton. Hal ini dimungkinkan karena beton dapat dengan mudah dibentuk dengan cara menempatkan campuran yang masih basah ke dalam cetakan sampai terjadi pengerasan. Jika berbagai unsur pembentuk beton tersebut dirancang dengan baik maka hasilnya akan menjadi bahan yang kuat, tahan lama dan apabila dikombinasikan dengan baja tulangan akan menjadi elemen yang utama pada suatu sistem struktur (Nawy, 2014). Bahan-bahan pembentuk beton adalah.

1. Agregat

Dalam perencanaan beton, agregat yang digunakan harus memenuhi syarat jenis agregat dapat ditentukan berdasarkan sumbernya yakni batuan alam atau batuan pecah. Sifat yang paling penting dari agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya seperti yang dimaksud pada umumnya terdiri atas agregat kasar dan agregat halus (SK-SNI-T-15-1990-03).

2. Air

Di dalam beton, air mempunyai peranan yang sangat penting dalam menentukan kekuatan dan kemudahan pelaksanaan beton, sehingga untuk mempertahankan tingkat *workability*

harus dipertahankan nilai faktor air semennya. Air yang digunakan sebagai bahan campuran semen harus memenuhi standar (SK-SNI-S-04-1989-F).

2. Semen

Semen dipakai sebagai bahan ikat hidrolis untuk pembuatan beton. Semen adalah suatu hasil produksi yang dibuat di pabrik semen. Pabrik-pabrik semen memproduksi bermacam-macam jenis semen dengan sifat-sifat dan karakteristik yang berlainan. Semen Portland dibuat dari semen hidrolis yang dihasilkan secara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat. Klinker semen portland dibuat dari batu kapur (CaCO_3), tanah liat dan bahan dasar berkadar besi. (SNI-2049-2015). Bahan dasar dari klinker semen Portland dapat dipabrikasikan secara 2 (dua) proses yaitu basah dan kering.

3. Bahan-Bahan Tambahan

Bahan-bahan tambahan berkisar pada campuran bahan kimia sampai pada penggunaan bahan buangan yang dianggap potensial. Pada dasarnya penggunaan bahan tambahan hanya dipergunakan, apabila berdasarkan pertimbangan bahwa beton tersebut memang memerlukan bahan tambah (Murdock L.J, 1999). Bahan tambahan (*admixtures*) yang sering digunakan pada di Indonesia adalah *Superplasticizer* dan *Retarder*. *Superplasticizer* dapat mengurangi kebutuhan air dalam campuran beton tanpa merubah konsistensi dan mutu yang dihasilkan, sedangkan *retarder* merupakan bahan tambahan yang digunakan dengan adanya perlambatan pada *setting time* beton dan dapat menghindari terjadinya *cold joints* pada pengecoran yang masif (Sabrina Nindya Annisa, 2017)

Bahan-bahan Pengganti Semen

Fly Ash

Saat ini penggunaan batu bara di kalangan industri semakin meningkat volumenya, karena harga yang relatif murah dibandingkan harga bahan bakar minyak untuk industri. Penggunaan batu bara sebagai sumber energy pengganti BBM, di satu sisi sangat menguntungkan, namun di sisi lain dapat menimbulkan masalah. Masalah utama dari penggunaan batu bara adalah abu batubara yang merupakan hasil sampingan pembakaran batubara. Sejumlah penggunaan batubara akan menghasilkan abu batubara sekitar 2-10 %. Pada saat ini, pengelolaan limbah abu batu bara hanya terbatas pada penimbunan di areal pabrik (*ash disposal*). Abu batubara merupakan bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus amorf. Abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (*mineral matter*) karena proses pembakaran. Proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan membentuk dua jenis abu, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*).

Komposisi abu batu bara terdiri dari 10-20 % abu dasar dan 80-90% berupa abu terbang. Abu terbang ditangkap dengan electric precipitator sebelum dibuang ke udara melalui cerobong. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk meninjau pengaruh bahan tambah terhadap peningkatan mutu beton. (Damayanti, 2006) melakukan penelitian dengan menambahkan microsilia dan fly ash dalam campuran beton. kuat tekan beton maksimum pada umur 28 hari sebesar 69,736 MPa dengan perbandingan kadar microsilia 10% dan fly ash 0%, dengan menggunakan fas 0,3. (Pujianto, 2010) dengan menggunakan bahan tambah superplasticizer dan fly ash menghasilkan kuat tekan beton maksimum pada umur 28 hari sebesar 57,11 MPa dengan kadar superplasticizer yang digunakan sebesar 2% dan fly ash 12% dengan fas 0,3. (Sebayang, 2006) dengan menggunakan bahan tambah fly ash sebagai substitusi sejumlah semen tipe V, kuat tekan maksimum didapatkan pada saat beton berumur 56 hari dengan kuat tekan maksimum 55,275 MPa dengan kadar fly ash 20%. Kemudian (Sebayang, 2011) kembali meneliti penggunaan silica fume sebagai bahan tambah pada beton alir mutu tinggi. Hasil penelitiannya diperoleh kuat tekan maksimum sebesar 51,35 MPa pada umur 56 hari dengan kadar silica fume sebesar 9%. (Nugraheni, 2011) pada beton mutu tinggi dengan serat baja dan filler nanomaterial berupa pasir kuarsa menghasilkan kuat tekan maksimum pada umur 28 hari sebesar 71,06 MPa

dengan kadar filler nano material 10%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan peningkatan kuat tekan beton dengan hasil yang berbeda-beda untuk masing-masing penelitian. Pada beton mutu tinggi dengan *silica fume* dan *filler* pasir kwarsa” mendapatkan bahwa penggunaan *fly ash* 5%, *silicafume* 10% dan *superplasticizer* 2% dari berat semen pada beton mutu tinggi memberikan hasil yang maksimum pada 75,06 Mpa. Sifat-sifat abu terbang yaitu

1. Sifat Fisik

Menurut ACI Committee 226, dijelaskan bahwa abu terbang (*fly ash*) mempunyai butiran yang halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27 %. *Fly Ash* umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Abu terbang memiliki densitas 2,23 gr/cm³, dengan kadar air sekitar 4%. *Fly ash* memiliki *specific gravity* antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. *Fly ash* memiliki luas area spesifiknya 170-1000 m²/kg. Ukuran partikel rata-rata abu terbang batu bara jenis sub bituminous 0,01 mm– 0,015 mm, luas permukaannya 1-2 m²/g, bentuk partikel mostly spherical, yaitu sebagian besar berbentuk bola, sehingga menghasilkan kelecakan yang lebih baik (Nugroho p, 2007).

2. Sifat Kimiawi

Sifat kimia dari *fly ash* dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar, tekni penyimpanan, dan penanganannya. Pembakaran batu bara lignit dan sub-bituminous menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada jenis bituminous. Komponen utama *fly ash* batu bara adalah *silica* (SiO₂), *alumina* (Al₂O₃), besi oksida (Fe₂O₃), kalsium (CaO), magnesium, potassium, sodium, titanium, dan belerang dalam jumlah yang sedikit.

Abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, oksida silika yang dikandung di dalam *fly ash* akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan abu batubara dapat digunakan pada beton sebagai material terpisah atau sebagai bahan dalam campuran semen dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat beton. Fungsi abu batubara sebagai bahan aditif dalam beton bisa sebagai pengisi (*filler*) yang akan menambah internal kohesi dan mengurangi porositas daerah transisi yang merupakan daerah terkecil dalam beton, sehingga beton menjadi lebih kuat. Pada umur sampai dengan 7 hari, perubahan fisik abu batubara akan memberikan kontribusi terhadap perubahan kekuatan yang terjadi pada beton, sedangkan pada umur 7 sampai dengan 28 hari, penambahan kekuatan beton merupakan akibat dari kombinasi antara hidrasi semen dan reaksi pozzolan.

Jenis-Jenis *Fly Ash* :

Berdasarkan *ACI Manual of concrete Practice* 1993 Part I 226.3R-3), *Fly Ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis:

1. Kelas C
2. Kelas F
3. Kelas N

Slag

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi, yang dihasilkan oleh industri peleburan baja salah satunya berupa limbah slag yang secara fisik menyerupai agregat kasar. Seiring dengan semangat pelestarian lingkungan, maka perusahaan penghasil limbah slag mencari solusi pemanfaatan limbah slag tersebut. Berdasarkan penelitian sebelumnya limbah slag dapat dimanfaatkan sebagai agregat kasar dan agregat halus dalam bahan konstruksi dan campuran perkerasan aspal.

Karakteristik dari limbah padat (*slag*) yaitu :

1. Karakteristik Fisik

Limbah padat (*slag*) mempunyai butiran partikel berpori pada permukaannya. Limbah padat (*slag*) merupakan material dengan gradasi yang baik, dengan variasi ukuran partikel yang berbeda-beda. Ukuran gradasi limbah padat (*slag*) lebih mendekati ukuran agregat kasar 2/3.

2. Karakteristik Kimia

Komposisi kimia limbah padat (*slag*) pada PT. Inti General Yaja Steel, Semarang dari hasil analisis pengujian Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri dan Perdagangan Semarang, dapat disesuaikan pada tabel 2.7

Metode uji mengacu pada :

- standar methods for the Examination of water and waste, APHA,AWWA,WEF

Tabel 2.6 standar methods for the Examination of water and waste, APHA,AWWA,WEF

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Metode Uji
I	LOGAM BERAT			
1	Arsen (As)	mg/kg	< 0.188	destruksi SM .3114 B
2	Barium (Ba)	mg/kg	< 3.931	destruksi SM.3111 D
3	Boron (B)	mg/kg	< 1.965	destruksi SM.4500-BC
4	Cadmium (Cd)	mg/kg	< 0.118	destruksi SM.3111 B
5	Chromium (Cr)	mg/kg	49.25	destruksi SM.3111 B
6	Copper (Cu)	mg/kg	48.42	destruksi SM.3111 B
7	Lead (Pb)	mg/kg	<1.179	destruksi SM.3111 B
8	Mercury (Hg)	mg/kg	< 0.393	destruksi SM.3112 B
9	Selenium (Se)	Mg/kg	<0.118	destruksi SM.3114 B
10	Silver (Ag)	mg/kg	<1.179	destruksi SM.3111 B
11	Zine (Zn)	mg/kg	28.62	destruksi SM.3111 B

(sumber : TA Vena-Zuni : 2006)

Dari komposisi kimia limbah padat (*slag*) diatas, sangat jelas bahwa limbah padat (*slag*) termasuk dalam limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya).

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mendapatkan informasi yang diperlukan dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data yaitu :

1. Penelitian kepustakaan

Penelitian kepustakaan adalah penelitian untuk mendapatkan data sekunder, yaitu dengan membaca literatur-literatur, buku-buku, majalah dan sumber-sumber lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

2. Penelitian laboratorium:

Penelitian untuk mendapatkan data primer dimana dilakukan secara langsung di pengujian di laboratorium yaitu:

a) Uji bahan material dasar campuran beton

Uji bahan material dasar campur beton dilakukan terhadap air, pasir, sirtu dan semen yang akan

b) Pembuatan Kubus Beton Sampel

Pembuatan sampel silnder beton berdiameter 15 dan tinggi 30 cm. Bahan campuran beton yang terdiri dari air, pasir, sirtu dan semen. Proses pembuatan campuran beton yang dibuat mengikuti aturan yaitu:

1. Variasi waktu pengerasan beton yang direndam di air selama 7, 28 dan 56 hari

2. *Fly ash* yang di pakai 10% dari percobaan kombinasi *slag* yaitu 10%, 20%, 30%

3. Mutu beton yang akan diuji dengan nilai FC 30

c) Uji slump beton

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui kekentalan campuran beton. Nilai kekentalan campuran beton berguna untuk melihat kemudahan dalam pengerjaan campuran beton (SNI-03-1972-2008).

- d) Uji kuat tekan terhadap kubus beton (dengan air kelapa dan tanpa air kelapa) untuk umur 7, 28, dan 56 hari.

DATA-DATA PENGUJIAN

Pengujian Agregat Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

			TES KE I	TES KE II	RATA-RATA
1	Berat Jenis Kering	$\frac{W_1}{(W_2 + W_4) - W_3}$	2.61	2.63	2.62
2	Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	$\frac{W_4}{(W_2 + W_4) - W_3}$	2.63	2.65	2.64
3	Berat Jenis Semu	$\frac{W_1}{(W_2 + W_1) - W_3}$	2.67	2.66	2.66
4	Penyerapan	$\frac{W_4 - W_1}{W_1} \times 100\%$	0.81%	0.40%	0.60%

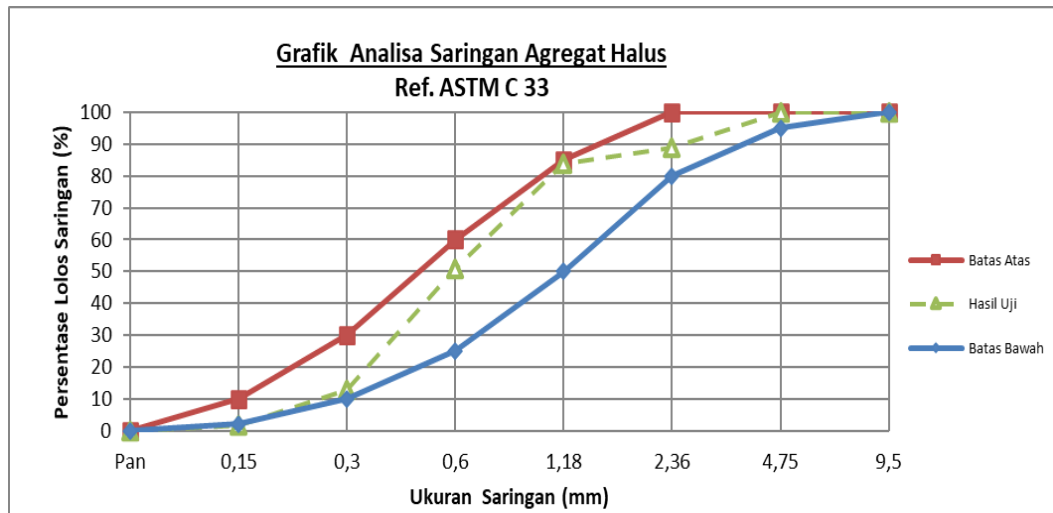
Hasil pengujian berat volume agregat halus

			PADAT	GEMBUR	RATA-RATA	
1	Berat Mould	W_1	4,85	4,85	4,85	kg
2	Volume Mould	V	0,0103	0,0103	0,01	m^3
3	Berat Material + Berat Mould	W_2	20,55	18,62	19,59	kg
4	Berat Isi Agregat Kering oven	$W_3 = \frac{W_2 - W_1}{V}$	1523,83	1336,50	1430,17	kg/m^3
5	Penyerapan	A	0,60%	0,60%	0,60%	%
6	Berat Isi Agregat Kering Permukaan (SSD)	$W_4 = W_3 \left(1 + \frac{A}{100}\right)$	1523,83	1336,50	1430,17	kg/m^3

Hasil pengujian analisa ayak

Ukuran Saringan	Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Kumulatif Tertahan (%)		Persentase Kumulatif Lolos (%)	
			Desain	ASTM C-33	Desain	ASTM C-33
50.00 mm (2")		0	0	-	100	-
37.50 mm (1 1/2")		0	0	-	100	-
25.00 mm (1")		0	0	-	100	-
19.00 mm (3/4")		0	0	-	100	-
12.50 mm (1/2")		0	0	-	100	-
9.50 mm (3/8")	0	0	0	0	100	100

6.30 mm (1/4")		0	0	-	100	-
4.75 mm (No.4)	0	0	0	0	100	100
2.36 mm (No.8)	122,00	11,18	11,18	11,18	88,82	88,82
1.18 mm (No.16)	52,60	4,82	15,99	15,99	84,01	84,01
0.60 mm (No.30)	363,80	33,33	49,32	49,32	50,68	50,68
0.30 mm (No.50)	413,60	37,89	87,21	87,21	12,79	12,79
0.15 mm (No.100)	123,20	11,29	98,50	98,50	1,50	1,50
0.075 mm (No.200)		0,00	98,50	-	1,50	-
Pan	16,40	1,50	100,00	100,00	0,00	0,00
Total	1091,60	100,00	FM	2,62		



Gambar 1 Grafik gradasi agregat halus sesuai (ASTM C33-78)

Tabel 6 Hasil pengujian kadar air

1	Berat Awal	W1	1000	gr
2	Berat Akhir	W2	985,2	gr
3	Persentase Kadar Air	$KA = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100$	% 1,50%	%

Tabel 6 Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus

			Normal	
1	Berat Awal	W 1	1000	gr
2	Berat Akhir	W 2	988,6	gr

3	Persentase Kadar Lumpur Kering	$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$	1,14%	%
---	--------------------------------	--------------------------------------	-------	---

Pengujian Material Agregat Kasar

Tabel 7 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air agregat kasar

1	Berat Jenis Kering	$\frac{W_1}{W_2 - W_3}$	2,61	2,58	2,60
2	Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	$\frac{W_2}{W_2 - W_3}$	2,64	2,62	2,63
3	Berat Jenis Semu	$\frac{W_1}{W_1 - W_3}$	2,69	2,70	2,70
4	Penyerapan	$\frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\%$	1,12%	1,70%	1,41%

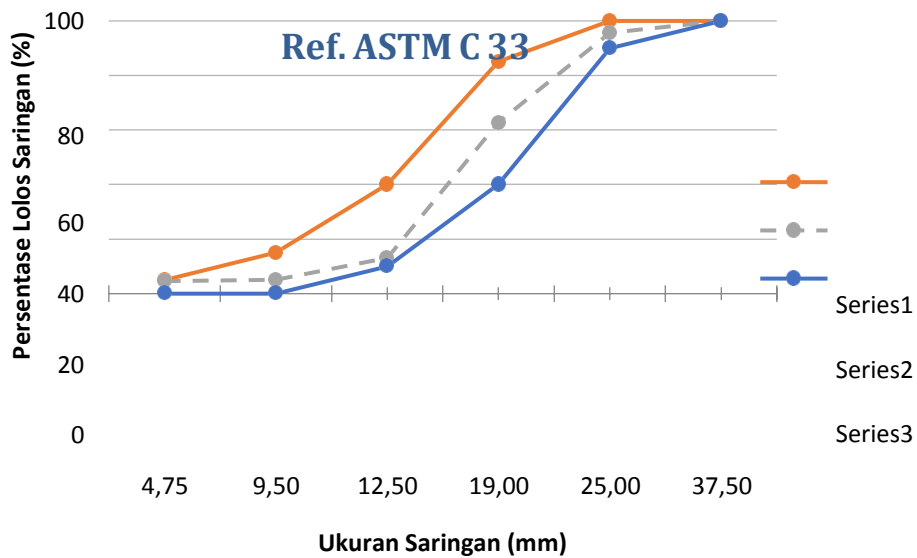
Tabel 8 Hasil pengujian berat volume

			PADAT	GEMBUR	RATA-RATA	
1	Berat Mould	W1	4,84	4,84	4,84	kg
2	Volume Mould	V	0,0103	0,0103	0,0103	m3
3	Berat Material + Berat Mould	W2	18,78	18,32	18,55	kg
4	Berat Isi Agregat Kering oven	$W_3 = \frac{W_2 - W_1}{V}$	1353,40	1308,74	1331,07	kg/m3
5	Penyerapan	A	1,41%	1,41%	1,41%	%
6	Berat Isi Agregat Kering Permukaan (SSD)	$W_4 = W_3 \left(1 + \frac{A}{100}\right)$	1353,59	1308,92	1331,26	kg/m3

Tabel 9 Hasil Pengujian Analisa Ayak

Ukuran Saringan	Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Kumulatif Tertahan (%)		Persentase Kumulatif Lolos (%)	
			Desain	ASTM C-33	Desain	ASTM C-33
50.00 mm (2")	0	0	0	-	100	-
37.50 mm (1 1/2")	0	0	0	0	100	100
25.00 mm (1")	80	4,44	4,44	4,44	95,56	95,56
19.00 mm (3/4")	590,2	32,79	37,23	37,23	62,77	62,77
12.50 mm (1/2")	892,4	49,58	86,81	86,81	13,19	13,19
9.50 mm (3/8")	146,4	8,13	94,94	94,94	5,06	5,06
6.30 mm (1/4")	0	0,00	94,94	-	5,06	-
4.75 mm (No.4)	8	0,44	95,39	95,39	4,61	4,61
2.36 mm (No.8)	75	4,17	99,56	100,00	0,44	0,00
1.18 mm (No.16)	8	0,44	100,00	100,00	0,00	0,00
0.60 mm (No.30)	0	0,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0.30 mm (No.50)	0	0,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0.15 mm (No.100)	0	0,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0.075 mm (No.200)	0	0,00	100,00	-	0,00	-
Pan	0	0,00	100,00	100,00	0,00	0,00
Total	1800	100,00	FM	8,19		

Grafik Analisa Saringan Agregat kasar



Gambar 2 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sesuai (ASTM C33-78)

Tabel 10 Hasil pengujian kadar air

1	Berat Awal	W1	2000,00	gr
2	Berat Akhir	W2	1959,00	gr
3	Persentase Kadar Air	$KA = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$	2,09%	%

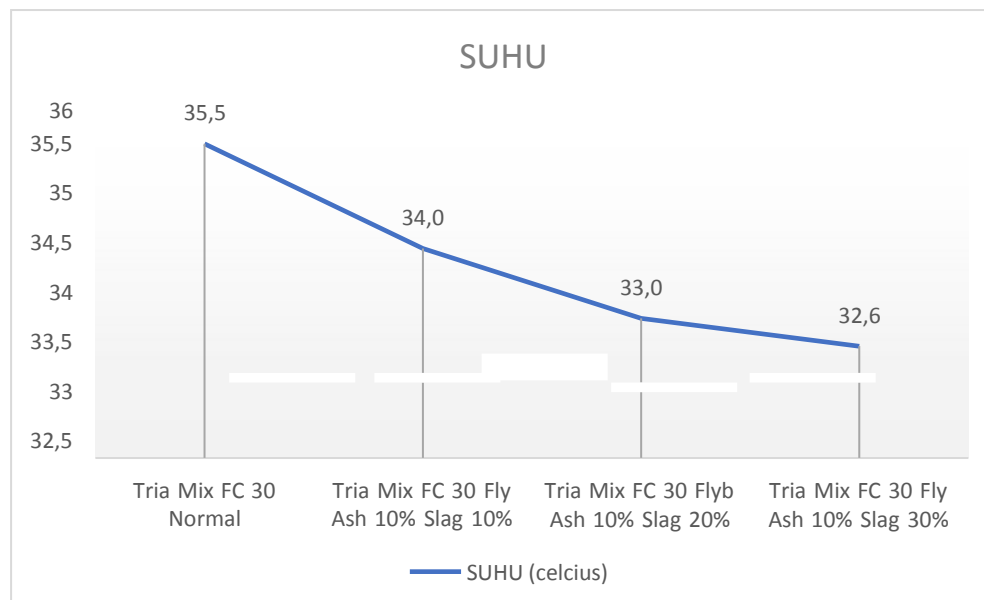
Tabel 4.10 Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar

			Normal	
1	Berat Awal	W_1	2000	gr
2	Berat Akhir	W_2	1995,7	gr
3	Persentase Kadar Lumpur Kering	$KLK = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$	0,21%	%

4.11 Komposisi Campuran Beton

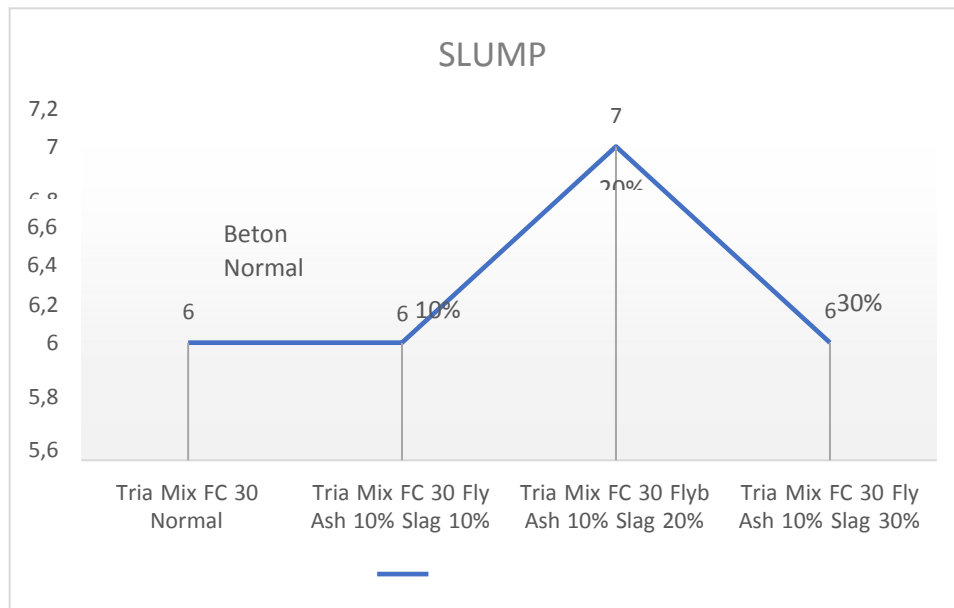
NO	MUTU / SLUMP	KOMPOSISI MATERIAL					
	FC 30 / 6 ± 2	SEMEN KG	FLY ASH KG	SLAG KG	SPLIT 10/20 KG	PASIR I KG	AIR LT
1	Normal	418,5	0	0	1129	617	183
2	Fly Ash 10% Slag 10%	334,8	41,9	41,9	1129	617	183
3	Fly Ash 10% Slag 20%	293,0	41,9	83,7	1129	617	183
4	Fly Ash 10% Slag 30%	251,1	41,9	167,4	1129	617	183

Hasil Pengujian Suhu



Gambar 3 Grafik Hasil Suhu pada Beton

Hasil uji slump beton

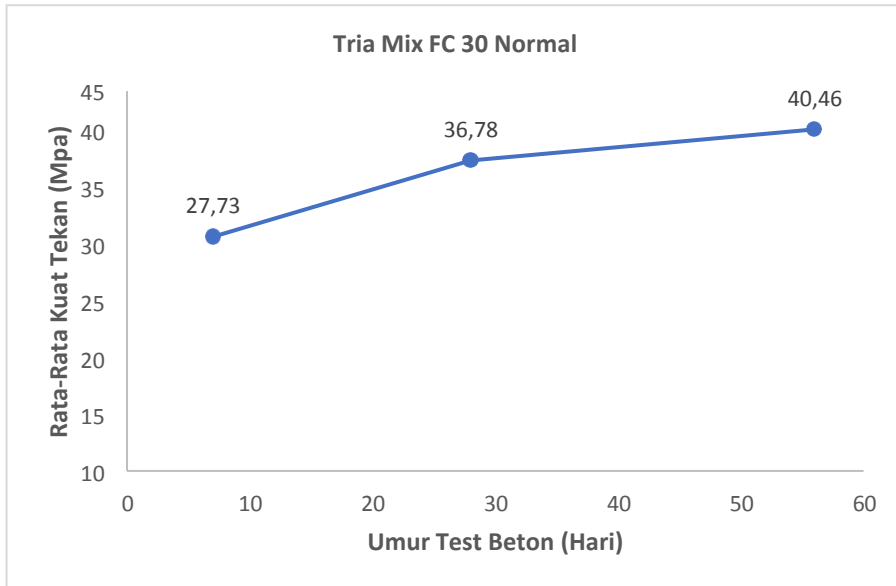


Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian Slump

Hasil Uji Kuat Tekan Beton

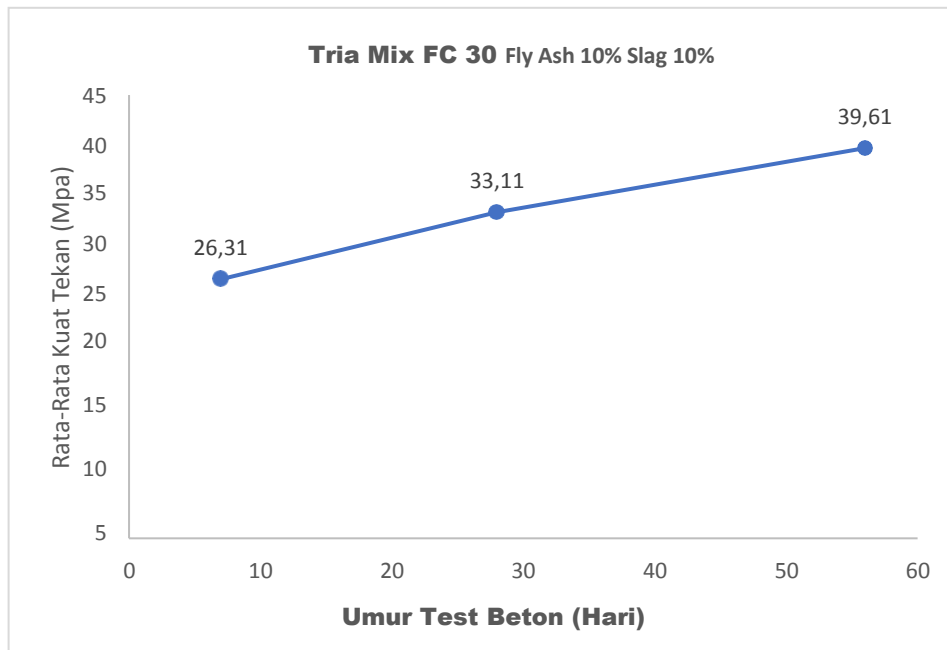
Tabel 12 Hasil Uji Kuat Tekan

Jenis Beton	Benda Uji Silinder		Hari Pengujian		
			7 Hari	28 Hari	56 Hari
	Ukuran Silinder (cm)	Luas Permukaan (cm)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
Normal	15 x 30	176,71	27,73	36,78	40,46
fly ash 10%-slag 10 %	15 x 30	176,71	26,31	33,11	39,61
fly ash 10%-slag 20 %	15 x 30	176,71	23,34	29,99	35,65
fly ash 10%-slag 30 %	15 x 30	176,71	20,94	26,88	34,80



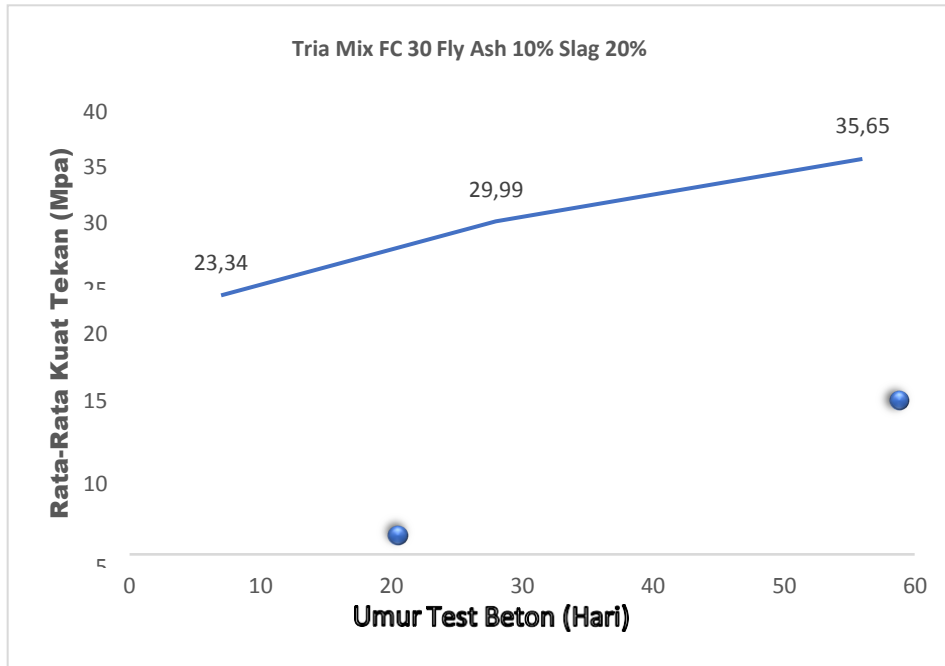
Sumber : Hasil Praktikum di Laboratorium

Gambar 5 Grafik Kuat Tekan Beton Normal

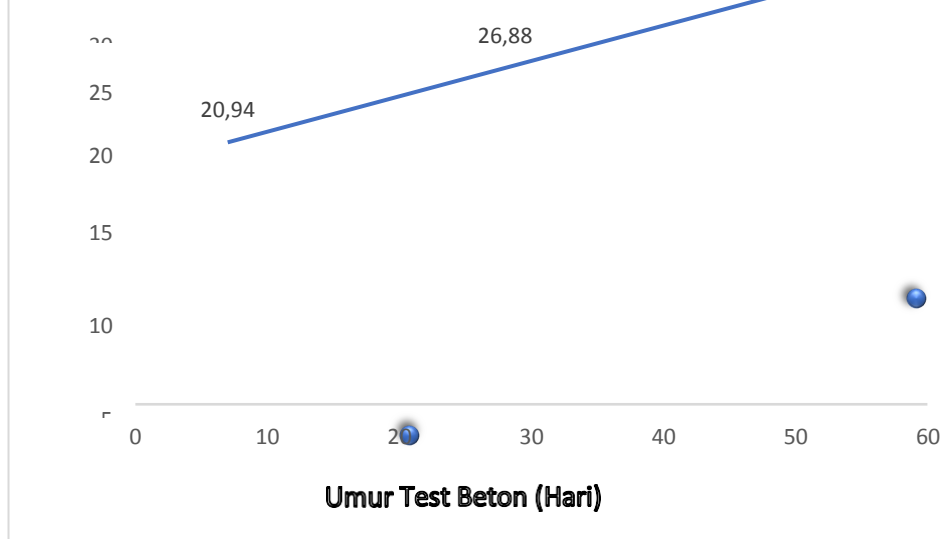


Gambar 6 Grafik Kuat Tekan Beton Fly ash 10% dan Slag 10%

Sumber : Hasil Praktikum di Laboratorium

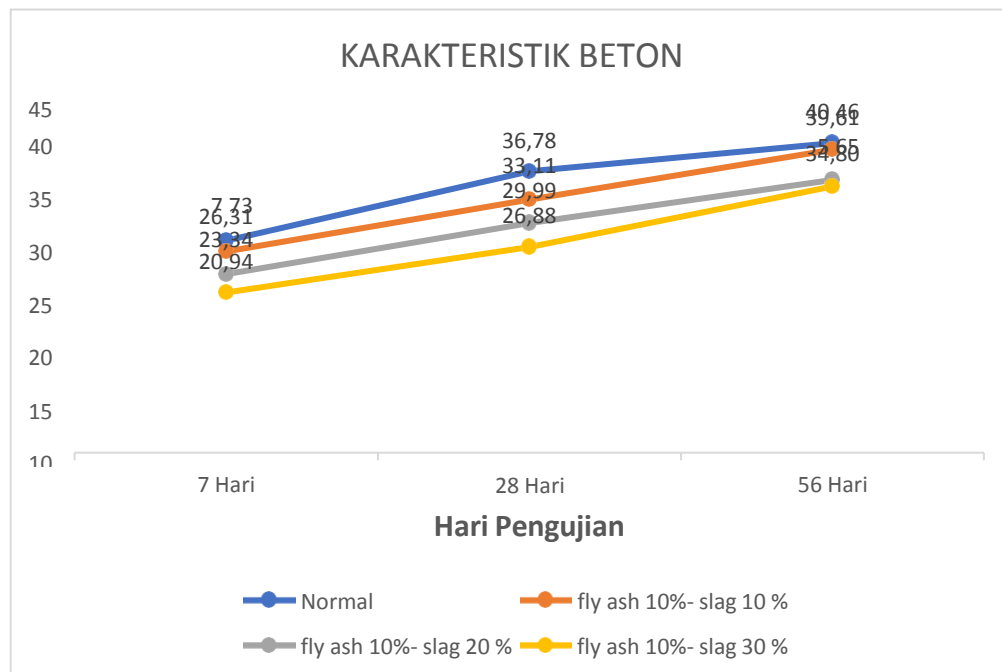


Gambar 7 Grafik Kuat Tekan Beton Fly ash 10% dan Slag 20%
Sumber : Hasil Praktikum di Laboratorium



Gambar 8 Kuat Tekan Beton Fly ash 10% dan Slag 30%

Sumber : Hasil Praktikum di Laboratorium



Gambar 9 Hasil Kuat Tekan Beton

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Hasil Pengujian Suhu Beton

Berdasarkan hasil penelitian, suhu beton normal sangat panas radiasi nya dibandingkan dengan beton menggunakan *Fly Ash* dan *Slag* dan beton tersebut akan terasa dingin dari beton normal , Selain pemanfaatan limbah peleburan nikel dan pembakaran batu bara , Penambahan *Fly Ash* dan *Slag* juga bisa mengurangi panas nya beton pada mutu FC 30.

Analisis Hasil Pengujian Beton Segar Dengan Slump Test

Berdasarkan SNI 03-2834-2000 Pembuatan Beton Normal, agar memperoleh beton yang mudah pengerjaan ditetapkan slump 12-18 cm. Penelitian ini slump beton yang digunakan belum mencapai kemudahan pengerjaan beton karena slump yang rendah Bisa dilihat berdasarkan pengujian slump yang dilakukan, slump beton normal 6 cm.

Analisa Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Crushing Test

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, didapat nilai kuat tekan pada beton normal sebesar 27.73 MPa untuk umur beton 7 hari lalu mengalami kenaikan pada umur beton 28 hari menjadi 36.78 Mpa dan semakin naik pada umur 56 hari 40.46 Mpa. Ketika beton normal ditambah campuran *fly ash* 10 % dan *slag* 10% pada semen, nilai kuat tekan turun menjadi 26.31 MPa untuk 7 hari, 33.11 MPa pada umur 28 hari, dan 39.61 pada umur 56 hari. Untuk beton campuran *fly ash* 10 % dan *slag* 20% , semakin banyak penambahan *fly ash* dan *slag* maka nilai kuat tekannya akan semakin menurun karena jumlah penambahan *fly ash* dan *slag* mempengaruhi kuat tekan pada campuran beton. Akan tetapi pada umur 56 hari kuat tekannya meningkat dan pada penambahan campuran *fly ash* 10 % dan *slag* 20% kembali menurun seiring banyaknya penambahan *fly ash* dan *slag* yang digunakan.

Berdasarkan pada penelitian beton rata-rata mengalami penurunan disetiap variasi dan kuat tekan maksimum diperoleh pada persentase penambahan *fly ash* 10% dan *slag* 10%. Pada penelitian ini, kuat tekan maksimum juga didapat pada beton serat dengan penambahan *fly ash* 10% dan *slag* 20%. Hal ini membuktikan bahwa pada penambahan *fly ash* dan *slag* beton memiliki kuat tekan yang maksimum karena pada variasi persentase ini *fly ash* dan *slag* yang digunakan tidak terlalu banyak sehingga tidak menurunkan nilai kuat tekan beton.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan :

1. Beton berpengaruh terhadap pemakaian *fly ash* dan *slag*
2. Penggunaan *fly ash* 10% dan *slag* 10%, 20% beton berpengaruh kepada kuat tekan. Tetapi penggunaan *fly ash* 10% dan *slag* 30% mengalami penurunan kuat tekan akibat penggunaan *fly ash* dan *slag* yang semakin banyak maka kuat tekan akan semakin menurun.
3. Kuat tekan maksimum diperoleh pada penambahan *fly ash* 10% dan *slag* 10%, 20%, 30% sebesar 34.40 MPa, 35.65 MPa dan 39.61 MPa, akan tetapi beton ini termasuk beton ramah lingkungan (*Go Green*) dikarenakan memanfaatkan limbah peleburan nikel dan pembakaran batu bara.
4. Hasil kuat tekan pada umur 7 hari untuk beton normal, dan beton tambahan *fly ash* 10% dan *slag* 10%, 20%, 30% ialah 27.73 MPa; 26.31 MPa; 23.34 MPa; dan 20.94 MPa, pada umur beton 28 hari kuat tekannya 36.78 MPa; 33.11 MPa; 29.99 MPa; dan 26.88 MPa, dan pada umur beton 56 hari kuat tekannya 40.46 MPa; 39.61 MPa; 35.65 MPa; dan 34.80 MPa. Namun beton dengan penambahan *fly ash* 10% dan *slag* 10%, 20% sesuai dengan target mutu FC 30 namun beton dengan penambahan *fly ash* 10% dan *slag* 30%, kuat tekan beton tidak sesuai target namun pada umur 56 hari beton meningkat dan sesuai target kuat tekan.

SARAN

Adapun saran yang dapat Peneliti berikan ialah :

1. Perlu dilakukan penelitian kembali mengenai slump beton dengan penambahan *fly ash* dan *slag* agar memberikan kemudahan saat pengerjaan.
2. Perlu penelitian kembali dengan menambahkan bahan *additive* agar memaksimalkan slump dan kuat tekan beton.
3. Perlu melakukan penelitian kembali dengan perbandingan variasi persentase atau mengurangi penggunaan *fly ash* dan *slag*.
4. Perlu melakukan penelitian kembali pada beton menggunakan *fly ash* dan *slag* agar mendapatkan kuat tekan beton sesuai target sebab kita bisa memanfaatkan limbah untuk beton dan beton yang menggunakan *fly ash* dan *slag* termasuk beton yang ramah lingkungan (*Go Green*) dan *ekonomis*.
5. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan pengujian pada umur 84 hari untuk meninjau pengaruh *fly ash* dan *slag* pada beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyono, Menghitung Kontruksi beton untuk pengembangan rumah bertingkat dan tidak bertingkat, swadaya, jakarata 2008
- Anggaeni, Terry: Septrianto,Wijaya: Fatmawati, Leily, Studi Analisis Limbah Terak Besi Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Pembuatan *Paving Block*,2019
- ASTM C-33, *Standard Specification for Concrete Aggregates*, Annual Books of ASTM Standards, USA, 2003.
- Ali Achmadi,2009, Kajian Beton Mutu Tinggi Menggunakan slag Sebagai Agregat Halus Dan Agregat Kasar Dengan Aplikasi Superplasticizer Dan Silicafume
- Badan Standarisasi Nasional, SNI SNI 03-2834-2000 : *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Jakarta, 2000.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 02-6820-2002 : *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*, Jakarta, 2002.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 1972:2008 : *Cara Uji Slump Beton*, Jakarta, 2008.
- Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-2462-2002 : *Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Beton Ringan Struktural*, Jakarta, 2002.
- Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-3449-2002 : *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*, Jakarta, 2002.
- Departemen Pekerjaan Umum, SNI-03-2847-2002 : *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Jakarta, 2002.
- Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta , 17 Oktober 2018 *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen ,
<https://www.iisia.or.id/post/view/id/slag-baja-bukan-limbah-b3,2020> <https://hesa.co.id/uji-kuat-tekan-beton-di-laboratorium,2020>
<https://www.slideshare.net/arisaputra737/kuat-tekan-beton,2020>
<https://www.google.com/search?q=kekuatan+beton+7,+14+dan+56&safe=strict&sxsrf=ALeKk03Ub95GdV9J18nHZm6zvQ6WOCZ,2020>
- Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara Volume 14, Nomor 3, September 2018 : 213 – 231
- Jurnal Reka Buana Volume 1 No 2, Maret 2016 - Agustus 2016, Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (*Fly Ash*) Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Pada Mortar
- Jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2018 1 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta , 17 Oktober 2018 *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton
- Jurnal STABILITA Vol. 6 No. 2 (Juni 2018) Civil EngineeringJurnal Reka Buana Volume 1 No 2, Maret 2016 - Agustus 2016
- Jurnal Fly Ash <http://Www.Apbi-Icma.Org/News/1497/Pemanfaatan-Fly-Ash-Dan-Bottom-Ash-Faba-Batubara-Semakin-Tinggi>
- Paulus Civil Engineering Journal Volume 2 No.1. Maret 2020 Karakteristik Beton Mutu Tinggi dengan Substitusi Slag Baja dan Slag Nikel Sebagai Agregat Kasar