BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia termasuk negara dengan tingkat pertumbuhan dan jumlah penduduk yang tinggi. Hal tersebut dibuktikan bahwa Indonesia berada di peringkat ke-4 dengan jumlah penduduk terbanyak di dunia yang mencapai 268,58 juta jiwa. Bertambahnya jumlah penduduk ini mengakibatkan peningkatan aktifitas yang dilakukan oleh manusia. Hal tersebut memicu adanya pembangunan rumah tinggal, gedung, sarana dan prasarana transportasi guna menunjang aktifitas yang dilaksanakan. Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis lebih ringan daripada beton pada umumnya.

Beton ringan dapat dibuat dengan berbagai cara, antara lain dengan: menggunakan agregat ringan (*fly ash*, *batu apung*, *expanded polystyrene*, dll), campuran antara semen; silika; pozollan; dll (dikenal dengan nama *aerated concrete*) atau semen dengan cairan kimia penghasil gelembung udara. Tidak seperti beton biasa, berat beton ringan dapat diatur sesuai kebutuhan. Beton ringan mempunyai berat jenis $\leq$ 1900 kg/m^3 (SNI 03-2847-2002)**,** karena itu keunggulan beton ringan utamanya ada pada berat yang akan dapat secara signifikan mengurangi berat sendiri bangunan, yang selanjutnya berdampak kepada ketahanan terhadap gempa.

Seperti halnya dengan beton ringan, ferosemen merupakan inovasi teknologi beton yang mempunyai banyak kelebihan. Ferosemen dapat

digolongkan kedalam kategori beton ringan karena mempunyai berat jenis relatif kecil.

Ferosemen adalah semacam konstruksi beton bertulang tipis, dimana biasanya semen hydraulis ditulangi dengan lapisan-lapisan jala yang bergaris tengah kecil dan menerus. Keuntungan utama dari ferosemen antara lain: kemudahan dalam pengerjaan karena tekniknya tidak banyak berbeda dengan yang digunakan relative lebih sedikit (Djausal, 2004: 5).

Bahan-bahan pokok yang digunakan dalam membuat ferosemen yaitu: teknik bahan bangunan biasa (mortar dan beton), bahan mudah didapat, volume bahan semen, pasir, air, dan Kawat Anyam. Ferosemen juga dapat ditambah dengan alternatif bahan yang lain guna meningkatkan kekuatannya. untuk membuat ferosemen. Dengan penambahan bahan ini ferosemen akan bertambah kekuatannya, khususnya dari kuat lenturnya.

Dari paparan diatas pengembangan beton (beton khusus) yaitu ferosemen perlu dikenalkan secara mendalam di dalam dunia perkuliahan khususnya pada mata kuliah Teknologi Beton. Mata kuliah Teknologi Beton merupakan mata kuliah wajib yang harus ditempuh di Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan. Didalam Teknologi Beton membahas tentang jenis-jenis, sifat-sifat dan penggunaan bahan dalam kontruksi bangunan. Pembelajaran Teknologi Beton di kampus bertujuan menguasai standar kompetensi yang telah ditetapkan. Perlu adanya pendalaman materi mengenai beton khusus yaitu ferosemen di dalam mata kuliah Teknologi Beton mengingat keberagaman jenis – jenis beton khusus yang ada. Penyusunan bahan ajar ini termasuk pembelajaran berbasis riset yaitu

menggunakan hasil penelitian sebagai bahan pembelajaran yang mendorong mahasiswa untuk selalu berpikir kreatif dan inovatif di masa datang. Pembelajaran tersebut dituangkan kedalam materi yang dapat diterapkan dengan adanya bahan ajar. Maka dari itu perlu adanya pembuatan bahan ajar yang membahas tentang ferosemen di dalam mata kuliah Teknologi Beton.

Abu sekam padi mampu menjadi unsur yang mampu meningkatkan kekuatan beton karena mengandung pozzolan yang juga terdapat pada semen. Hal ini sejalan dengan pendapat Thomas dan Jones (1970) dalam Lembang 1995, bahwa pada lapisan terluar dari sekam padi terkonsentrasi silika yang tinggi dengan tingkat porositas yang tinggi, ringan dan permukaan eksternal yang luas sehingga sangat bermanfaat sebagai adsorben dan isolator serta kuat tekan beton

Dengan pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan ganti sebagian semen. Dimana dengan melihat Kebutuhan beton dalam kontruksi bangunan terus berkembang, beton merupakan hal yang paling utama dalam suatu konstruksi hampir pada setiap aspek pembangunan tidak dapat terlepas daripada suatu beton. Sebagai contoh pada suatu pekerjaan pembangunan jalan, gedung dan jembatan serta pekerjaan pembangunan yang lain, hampir dari semua pekerjaan tersebut pekerjaan struktur ataupun yang lain tentunya terbuat dari beton dan beton bertulang, sehingga dapat disimpulkan bahwa semua pekerjaan struktur atau pekerjaan pembangunan lainnya tak lepas dari adanya suatu beton.

Berdasarkan uraian diatas penulis mengadakan penelitian yang berjudul sebagai berikut: **“PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI (ASP) TERHADAP KUAT LENTUR BETON FERROCEMENT”**

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kelayakan abu sekam padi sebagai bahan subtitusi sebagian semen
2. Bagaimana pengaruh penambahan abu sekam sebagai campuran beton terhadap kuat lentur beton ferosemen *(ferrocement)*.

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kelayakan abu sekam padi sebagai bahan subtitusi sebagian semen
2. Menganalisis bagaimana pengaruh penambahan abu sekam sebagai campuran beton terhadap kuat lentur beton ferosemen *(ferrocement)*

D. Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Campuran beton dengan mix desain *K-250* atau 3,1 MPa kuat lentur
2. Campuran beton dengan tambahan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan proporsi abu sekam padi sebagai berikut:
   a. 0 % dari semen (beton normal)
   b. 3 % dari semen
   c. 7 % dari semen

E. Manfaat Penelitian

Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Limbah abu sekam padi (ASP) memiliki nilai guna lebih
2. Mendapat mutu beton yang lebih baik lagi
3. Mendapatkan beton yang lebih murah

F. Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan menyampaikan penguraian atau gambaran singkat tentang penjelasan masing-masing bab, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori dari berbagai sumber bacaan yang mendukung analisa permasalahan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian dan metode pengujian benda/sampel uji dengan memanfaatkan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti sebagian semen serta waktu dan lokasi penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas secara keseluruhan tentang hasil penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari keseluruhan penulisan berdasarkan dari analisa hasil.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Beton

Menurut SNI 2847:2013, beton didefiniskan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan hidrolik (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture atau additive*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f'c) pada usia 28 hari. Beton memliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan. DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

Beton terdiri dari ± 15 % semen, ± 8 % air, ± 3 % udara, selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton. (Wuryati, 2001).

Nugraha, P (2007), mengungkapkan bahwa pada beton yang baik yaitu setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar. Demikian halnya dengan ruang antar agregat, harus terisi oleh mortar. Jadi kualitas 8 dari mortar

pada adukan beton tersebut akan mempengaruhi mutu dari beton tersebut. Semen merupakan unsur penting dalam adukan beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari suatu campuran adukan beton. Beton dengan campuran semen yang sedikit (sampai 7%) disebut beton kurus (*learn concrete*), sedangkan beton dengan campuran semen yang banyak disebut beton gemuk (rich concrete).

Kekuatan, keawetan, dan sifat beton tergantung dari nilai perbandingan bahan dasar beton, sifat bahan dasarnya, cara pengadukan, pengerjaan, penuangan, pemadatan serta perawatan selama proses pengerasan. Untuk membuat beton yang baik maka harus diperhitungkan cara mendapatkan adukan beton segar yang baik dan beton keras yang dihasilkan juga baik. Pencapaian kuat beton yang baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya karena umumnya semakin keras dan padat massa penyusunnya makin tinggi kekuatan dan durability-nya

Untuk memperoleh kekuatan desak beton yang tinggi ada beberapa faktor yang harus diperhatikan selain faktor air semen dan kepadatan semen. Menurut Mulyono (2004) faktor-faktor tersebut diantaranya:

a. Kualitas semen
b. Proporsi semen terhadap air dalam campuran,
c. Kekuatan dan kebersihan agregat
d. Interaksi adhesi antara pasta semen dengan agregat
e. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton
f. Penempatan yang benar, penyelesaian dan kompaksi beton segar

g. Perawatan pada temperatur yang tidak lebih rendah dari 50ºF pada saat beton hendak mencapai kekuatan

h. Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos.

B. Material Penyusun Beton

Beton merupakan suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar, agregat halus, dengan atau tanpa bahan tambahan. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang sering digunakan di bidang Teknik Sipil seperti pada bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain.

1. Semen

   Semen *Portland* (*Portland cement*) merupakan bahan ikat yang sangat penting dalam konstruksi beton, yang bersifat hidrolis, yaitu akan mengalami proses pengerasan jika dicampur air yang digunakan untuk mengikat bahan material menjadi satu kesatuan yang kuat. Suatu semen jika diaduk dengan semen air akan menjadi adukan pasta semen, Sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah dengan kerikil menjadi beton (Tjokrodimujo, 1992).

   Semen *Portland* berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan bangunan yang lain (batu bata, batu kali, pasir). Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Kandungan bahan kimia dalam semen dapat dilihat dalam.

Tabel 2.1. Kandungan Bahan-Bahan Kimia dalam Bahan Baku Semen (Sumber: Tjokrodimujo, 1992)

Oksida	%
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO2	17-25
Alumina, Al2O3	3-8
Besi, Fe2O3	0,5-6
Magnesia, MgO	0,5-4
Sulfur, SO3	1-2
Soda/potash, Na2O + K2O	0,5-1



Gambar 2.1. *Portland cement*
Sumber: arsitur.com

Semen *Portland* di dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu

Tipe I : ntuk konstruksi biasa dimana sifat yang khusus tidak diperlukan.

Tipe IA : semen air entraining yang penggunannya sama dengan tipe I.

Tipe II : untuk konstruksi biasa dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas dari hidrasi yang sedang.

Tipe IIA : semen air entraining yang penggunannya sama dengan tipe II

Tipe III : untuk konstruksi dimana kekuatan permulaan yang tinggi diinginkan.

Tipe IIIA : Semen air entraining yang penggunannya sama dengan tipe III.

Tipe IV : Untuk konstruksi dimana panas yang rendah dari hidrasi diinginkan.

Tipe V : Untuk konstruksi dimana daya tahan tinggi terhadap sulfat diinginkan.

2. Air

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam penerjaan beton. Air yang dapat diminum umunya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan

beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyratan sebagai berikut ini (Tjokrodimuljo, 1992).

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

3. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1992). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuan kecil befungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (Nawy, 1990). Dua jenis agregat yaitu adalah agregat Kasar dan Agregat halus.

a. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil yang dihasilkan secara alami atau berupa batu yang dipecah dan bergradasi antara 5-40 mm. Syarat-syarat agregat kasar:

1) Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.

2) Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan
3) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
4) Agregat kasar tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 1 %. Apabila kadar Lumpur melampaui 1 % maka agregat kasar harus dicuci. Jenis agregat kasar yang umum digunakan (Nawy, 1990):
5) Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.
6) Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.
7) Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan utnuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti blast-furnace dan lain-lain.

Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, juga untuk pelindung dari radiasi nuklir ssebagai akibat dari semakin banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma, dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat kasar yang dikalsifikasikan di sini misalnya baja pecah, barit, dan limonit.

b. Agregat Halus

Agregat Halus adalah pasir alam sebagai hasil disintregasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 3/16 inci atau 5 mm (lolos saringan no. 4)

Pada umumnya agregat halus yang dipergunakan sebagai bahan dasar pembentuk beton adalah pasir alam, sedangkan pasir yang dibuat dari pecahan batu umumnya tidak cocok untuk pembuatan beton karena biasanya mengandung partikel yang terlalu halus yang terbawa pada saat pembuatannya.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat halus menurut spesifikasi bahan bangunan bagian A (SK SNI S-04-1989-F) adalah sebagai berikut ini.

1) Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan ± 2,2.

2) Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
3) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih besar dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,060 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5 %, maka agregat halus harus dicuci
4) Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams- Harder. Untuk itu, bila direndam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap daripada warna larutan pembanding. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan desak adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
5) Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir dengan alkali harus negatif.
6) Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan- bahan yang diakui

7) Agregat halus yang digunakan untuk maksud spesi plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan di atas (pasir pasang)

C. Kelebihan dan Kekurangan Beton

Menurut Mulyono (2004) Beton memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain sebagai berikut.

1. Kelebihan

a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
b. Mampu memikul beban yang berat.
c. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
d. Biaya pemeliharaan yang kecil.

2. Kekurangan

a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
c. Berat.
d. Daya pantul suara besar.

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (*workability*). *Workability* adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami *bleeding* (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan. *Workability* akan lebih jelas pengertiannya dengan adanya sifat-sifat berikut:

1) *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.

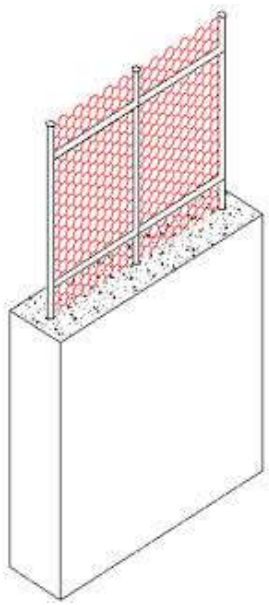
2) *Stability* adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat (*koheren*), dan tidak mengalami pemisahan butiran (segregasi dan *bleeding*).
3) *Compactibility* adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat berkurang.
4) *Finishibility* adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.
5) Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.
6) Penambahan semen ke dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.
7) Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
8) Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan (Tjokrodimuljo, 1996).

D. Ferosemen

Ferosemen adalah sejenis beton bertulang yang berukuran tipis biasanya dibuat dari mortar semen hidraulik ditulangi kawat dengan jarak lapisan dan ukuran

jaringan kawat yang rapat. Jaringannya bisa terbuat dari metalik atau material lain yang sejenis (ACI Committee 549, 1980).

Berdasarkan beberapa pengertian dan definisi menurut Perpustakaan UNS 2017, Ferosemen adalah semacam konstruksi beton bertulang tipis, dimana biasanya semen hydraulis ditulangi dengan lapisan-lapisan jala yang bergaris tengah kecil dan menerus. Keuntungan utama dari ferosemen antara lain: kemudahan dalam pengerjaan karena tekniknya tidak banyak berbeda dengan teknik bahan bangunan biasa (mortar dan beton), bahan mudah didapat, volume bahan yang digunakan relative lebih sedikit



Gambar 2.2. Beton *ferrocement*
Sumber: pasbana.com

Ferosemen memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan beton bertulang misalnya :

1. Bahan material yang mudah di dapatkan
2. Memiliki efisiensi penggunaan material yang lebih ringan, tipis, dan ekonomis

3. Merupakan material substitusi beton
4. Memungkinkan untuk dipabrikasi, kemudahan pengerjaan, dan penghematan bahan cetakan
5. Mudah untuk perbaikkannya jika terjadi kerusakan

E. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi (ASP)

Untuk mengikuti perkembangan teknologi, khususnya dalam bidang ilmu bahan dan konstruksi perlu dilakukan berbagai upaya untuk mendapatkan bahan yang bermutu dan memiliki keunggulan dari bahan lainnya seperti mudah diperoleh dan mudah dalam perawatannya. Beton sebagai salah satu bahan konstruksi, mutunya sangat dipengaruhi oleh jenis semen, ukuran agregat, faktor air, semen, waktu dan suhu dalam perawatan serta kehadiran pori-pori antar sel dan pori-pori kapiler. Untuk mengurangi pori-pori antar sel serta pori-pori kapiler dapat dilakukan dengan menggunakan bahan tambah (*addictive*). Bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton biasanya digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton seperti mengurangi pori-pori antar sel dan pori-pori kapiler agar dapat dengan mudah dikerjakan dan menghemat biaya. Dengan bahan tambah ini diharapkan beton akan semakin padat dan kuat tekannya juga akan bertambah seperti contoh penambahan abu sekam padi kedalam campuran beton.

"Sekam padi merupakan limbah dari hasil penggilingan padi dimana mempunyai kandungan silika yang dominan yaitu sebesar 93% dan hampir sama kandungan silika yang terdapat pada microsilica buatan pabrik. Dengan sifatnya tersebut apabila dicampurkan ke dalam campuran beton akan memperbaiki karakteristik beton" (Solikin,2016).

"Abu sekam memiliki unsur yang bermanfaat untuk meningkatkan mutu beton, mengandung silika yang sangat menonjol bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi" (Prakoso. 2002) Di sisi lain jumlah ketersediaan abu sekam lebih banyak dan mudah, karena mayoritas penduduk Indonesia menggunakan beras sebagai bahan makanan pokok. Dalam proses penggilingan padi akan menghasilkan sekam yang dapat diproses menjadi abu sekam.

Menurut pedoman beton, draft konsesus (SKBI.1.4.53, 1989: 4-5) beton didefinisikan sebagai campuran semen *Portland* atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Sedangkan menurut Nawy (1985:8) mendefenisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Pada dasarnya bahan dasar penyusun beton adalah semen, pasir, kerikil dan air. Tapi untuk meningkatkan kemudahan pemadatan dan membatasi jumlah volume rongga udara, maka digunakan bahan tambahan additive dalam campuran beton untuk dapat memperkecil pori-pori kapiler dan hadirnya partikel abu sekam padi yang sangat halus sehingga daerah lemah antara mortar dan agregat dapat diperbaiki.

1. Klasifikasi abu sekam

   Jika ditinjau dari proses pembuatan abu sekam, maka abu sekam dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

   a. Abu sekam dari proses pembakaran batu bata pada suhu 600-700^{o} C.
   b. Abu sekam dari proses pengilingan padi yang dibakar langsung.

2. Susunan kimia abu sekam

Unsur-unsur yang terdapat di dalam abu sekam antara lain adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2. Komposisi kimia abu sekam padi lolos saringan 200 (Sumber: Biro jaminan kualitas dan pengembangan produk 2017)

Komposisi	**Presentase (%)**
Silicon dionxide (SiO2)	85.73
ALumunium oxide (Al203)	2.29
Ferric oxide (Fe2o3)	0.82
Calcium oxide (CaO)	1.12
Magnesium oxide (MgO)	0.40
Hilang pijar	7.18

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi dan penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, respository unpas (dalam respository.unpas.ac.id) dijelaskan metode penelitian kuantitatif banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai dengan gambar, table, grafik, atau tampilan lainnya. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian di Laboratorium.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Proses dan tahapan dalam Pembuatan beton Ferosemen ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur & Bahan Dinas Pekerjaan Umum Kab. Sidenreng Rappang Mulai tanggal 27 November – 27 Desember 2020

C. Metode Penelitian

1) Data yang didapat secara langsung atau sifatnya harus dilakukan percobaan/penelitian terlebih dahulu. Penelitian ini lebih terfokus pada variasi dan penambahan abu sekam padi (ASP) dan umur beton yang akan ditetapkan dalam penelitian untuk mendapatkan kuat tekan. Jumlah sampel pada setiap variasi dari penambahan abu sekam padi (ASP) yang dibutuhkan adalah:
    a. Beton campuran ASP 0% 6 sampel
    b. Beton campuran ASP 3% 6 sampel
    c. Beton campuran ASP 7% 6 sampel

Umur beton sampel yang dibutuhkan adalah

a. Umur beton 14 hari sebanyak 9 sampel

b. Umur beton 28 hari sebanyak 9 sampel

Tabel 3.3. Variasi campuran abu sekam padi

No	Variasi Campuran ASP	Umur dan Jumlah sampel		Total Sampel
		7 hari	28 hari	
1	0%	3	3	6
2	3%	3	3	6
3	7%	3	3	6
Jumlah sampel		9	9	18

Tabel 3.4. Presentase komposisi bahan pada variasi campuran beton

Komposisi bahan					
Kode	**Semen**	**ASP**	**Agregat halus**	**Agregat kasar**	**Air**
0%	100%	0%	100%	100%	100%
B 3 %	97%	3%	100%	100%	100%
B 7 %	93%	7%	100%	100%	100%

D. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat

Adapun jenis alat yang digunakan pada pembuatan Saluran ini :

a. Laptop untuk Pengerjaan dan Penyunan laporan

b. Cetakan Berukuran 50 x 10 x 10 cm

c. Concrete mixer / mesin pencampur

d. Alat pemeriksaan kandungan zat organik agregat

e. Alat pemeriksaan kadar air agregat

f. Alat pemeriksaan analisa saringan agregat

g. Talang persegi

h. Sekop

i. Oven

j. Vibrator

2. Bahan

Adapun jenis bahan yang digunakan dalam peneitian ini meliputi:

a. Agregat halus, agregat halus yang digunakan adalah pasir sungai yang diberasal dari Sungai Lasape, kab. Pinrang

b. Agregat kasar, agregat kasar yang digunakan adalah agregat kasar yang diambil dari tempat penggilingan batu di Lawawoi, Kab. Sidrap

c. Abu sekam padi yang digunakan adalah sisa hasil pembakaran sekam padi dimana persentase yang digunakan adalah 0%, 3%, dan 7% dari berat semen.

d. Semen yang digunakan sesuai standar SNI 15-7064-2004 dengan kemasan kantong 40 kg yang banyak dijual ditoko, kemasan dalam keadaan tertutup dan tidak terdapat kerusakan pada segel maupun pembungkus

e. Air bersih yang digunakan Adalah Air PDAM dari Laboratorium Struktur & Bahan Dinas Pekerjaan Umum Kab. Sidrap

E. Teknik Pengumpulan Dan Pengolahan Data

1. Pengumpulan data sekunder

Awal dari penelitian ini adalah mengumpulkan data sekunder berupa standar mutu, serta mencari literatur-literatur penelitian terdahulu.

2. Data primer

Adapun tahapan dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data primer berupa, Alat, bahan dan material guna membuat Beton ferosemen dengan subtitusi Abu sekam padi

3. Pelaksanaan Penilitian

Dalam proses Penelitian ini meliputi beberapa tahap sebagai berikut:

a. Identifikasi masalah

Menentukan topik yang menarik untuk dibahas yaitu tentang Pengaruh Subtitusi abu sekam padi terhadap kuat tekan beton ferosemen

b. Landasan teori

Pengumpulan literatur/ tinjauan serta jurnal-jurnal/ artikel dari internet yang berkaitan dengan Beton Ferosemen subtitusi abu sekam padi

c. Penentuan Agregat

Memilih jenis agregat yang teliti, dilihat dari segi kemudahan pencarian bahan meterial tersebut

d. Proses penelitian

Setelah proses pengumpulan material yang akan digunakan sebagai bahan penelitian, maka selanjutnya akan dilakukan proses penelitian meliputi sebagai berikut:

1) Pengambilan material
2) Pengujian laboratorium material
3) Perancangan campuran/ *trial mix*

4) Pencampuran/ *trial mix*
5) Pengujian kuat lentur hasil *trial mix*
6) Pembuatan benda uji
7) Perawatan benda uji
8) Pengujian kuat lentur
9) Analisa hasil

F. Metode Pengujian

1. Pengujian kuat lentur

Analisa yang dilakukan dengan membandingkan hasil data kuat lentur dari masing-masing variasi campuran melalui grafik, sehingga kita dapat mengetahui pengaruh yang dihasilkan pada tiap-tiap umur dan kadar agregat yang direncanakan.

G. Diagram Alur Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan Mix Desain (perancangan campuran) yang dilakukan terlebih dahulu ialah menguji atau memeriksa material yang akan digunakan pada perencanaan campuran dengan memperhatikan spesifikasi yang ada. Data yang diperoleh dari hasil pengujian material dilaboratorium bahan ialah.

A. Pengujian Material

Tabel 4.5. Hasil pengujian material agregat halus (Sumber: laboratorium pengujian bahan 2020)

No	Jenis pengujian	syarat	Hasil pengujian rata-rata	Ket.
1	Kadar air	2 - 5%	3,09 %	Memenuhi
2	Kadar lumpur	Maks 5%	2,96 %	Memenuhi
3	Berat jenis spesifik			
	a. Bj nyata	1,6 – 3,3	1,71 t/m^3	Memenuhi
	b. Bj dasar kering	1,6 – 3,3	1,67 t/m^3	Memenuhi
	c. Bj kering permukaan	1,6 – 3,3	1,70 t/m^3	Memenuhi
4	absorbsi	0,2 – 2%	1,57 %	Memenuhi
5	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,4 – 1,9 kg/l	1,42 kg/m^3	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 – 1,9 kg/l	1,61 kg/m^3	Memenuhi
6	Kadar organic	< No.3	No.2	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,5 – 3,8	3,01	Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat halus pada beton ringan berpasir atau beton ferrosement didapatkan untuk kadar air sebesar 3,09%, kadar lumpur 2,96%, berat jenis nyata 1,71 t/m^3, berat jenis dasar kering 1,67 t/m^3, berat jenis

kering permukaan 2.14 t/m^3, absobsi 1.57%, berat volume kondisi lepas 1.42 kg/m^3, berat volume kondisi padat 1.61 kg/m^3, kadar organic no.2 dan modulus kehalusan 3,01. Jadi dari hasil pengujian yang didapat bahwa agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton dapat dipakai karena memenuhi standar yang telah ditentukan pada SNI 03-2834-2000.

Tabel 4.6. Hasil pengujian material agregat kasar (Sumber: laboratorium pengujian bahan 2020)

No	Jenis pengujian	syarat	Hasil pengujian rata-rata	Ket.
1	Kadar air	0,5 – 2%	1,77 %	Memenuhi
2	Kadar lumpur	Maks 1%	3,33 %	Memenuhi
3	Berat jenis spesifik			
	a. Bj nyata	1,6 – 3,3	2,74 t/m^3	Memenuhi
	b. Bj dasar kering	1,6 – 3,3	2,46 t/m^3	Memenuhi
	c. Bj kering permukaan	1,6 – 3,3	2,56 t/m^3	Memenuhi
4	absorbsi	Maks 4%	1,70 %	Memenuhi
5	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,6 – 1,9 kg/l	1,62 kg/m^3	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 – 1,9 kg/l	1,78 kg/m^3	Memenuhi
6	Modulus kehalusan	6,0 – 8,0	6,44	Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat kasar didapatkan untuk kadar air sebesar 1,77%, kadar lumpur 3,33%, berat jenis nyata 2,74 t/m^3, berat jenis dasar kering 2,46 t/m^3, berat jenis kering permukaan 2,56 t/m^3, absorbsi 1.70%, berat volume kondisi lepas 1.62 kg/m^3, berat volume kondisi padat 1.78 kg/m^3, dan modulus kehalusan 6,44. Jadi dari hasil pengujian yang didapat bahwa agregat kasar

yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton dapat dipakai karena memenuhi standar yang telah ditentukan pada SNI 03-2834-2000.

Tabel 4.7. Hasil pengujian analisa abu sekam padi (Sumber: laboratorium pengujian bahan 2020)

No	Jenis pengujian	Syarat	Hasil pengujian rata-rata	Ket.
1	Konsistensi normal semen dan abu sekam padi	26 -29%	a. 29% pada kadar asp 3 %	Memenuhi
			b. 31% pada kadar asp 7 %	Tidak memenuhi
2	Pengujian berat jenis abu sekam padi	3,0 – 3,2	a. 3 % = 0,91 gr	Tidak memenuhi
			b. 7 % = 0,72 gr	Tidak memenuhi

B. Mix Desain

Kuat lentur (f_{lt}) = 3,1 MPa

Kuat tekan (fc') = 25 MPa

SNI 03-4154-1996 → f_{lt}

SNI 2847-2013 → f_r

Sesuai SNI 2847 = 2013

$$fr = 0{,}62\lambda\sqrt{fc'}$$

λ = 1,0 untuk beton normal

Konversi kuat lentur ke kuat tekan

$$f_r = 0{,}62\lambda\sqrt{fc'}$$

$$(\sqrt{fc'}) = \left(\frac{fr}{0{,}62\lambda}\right)^2 \qquad f_c' = (5)^2$$

$$f_c' = \left(\frac{3{,}1}{0{,}62\ x\ 1{,}0}\right)^2 \qquad f_c' = 25 \text{ MPa}$$

Maka, kuat lentur 3,1 MPa setara dengan kuat tekan 25 MPa (SNI 2847-2013)

No	Spesifikasi
1	Kegunaan beton untuk kontruksi balok

2	Beton berada dalam lingkungan non korosif
3	Perencanaan kuat lentur 3,1 MPa
4	Bahan yang digunakan : 1. semen Portland jenis I 2. pasir alami kondisi SSD 3. kerikil pecah dengan butir terbesar 40mm 4. nilai slump 100mm 5. Pasir masuk kedalam zona 2

1. **Kuat lentur karakteristik umur 28 hari (fc')**

   Nilai kuat lentur karakteristik ditetapkan berdasarkan fungsi beton pada bangunan. Pada rancangan penelitian nilai kuat tekan karakteristik sebesar 3,1 MPa

2. **Deviasi standar (s)**

   Nilai deviasi standar tidak diketahui dikarenakan peneliti tidak memiliki data hasil pengujian sebelumnya.

3. **Nilai margin/nilai tambah (M)**

   Nilai margin/nilai tambah dari SNI 2847-2013 dikarenakan peneliti tidak mempunyai pengalaman lapangan

4. **Kekuatan rata-rata yang hendak dicapai (fcr)**

Tabel 4.8. kekuatan rata-rata yang hendak dicapai

Kuat tekan yang diisyaratkan f'c (MPa)	Kuat tekan rata-rata perlu (MPa)
f'c < 21	f'cr = f'c +7,0
21 ≤ f'c ≤ 35	f'cr = f'c +8,3
f'c > 35	f'cr = 1,10 + 5,0

Dalam perencanaan

f'cr = f'c + M

= 25 + 8,3

= 33,3 MPa

5. Jenis semen (PC)

Jenis semen ditetapkan sesuai dengan kondisi beton ditetapkan pada bangunan. Dalam perencanaan digunakan jenis I.

6. a. jenis agregat halus

jenis agregat ditetapkan sesuai dengan ketersediaan bahan. Dalam perencanaan digunakan agregat halus alami.

b. jenis agregat kasar

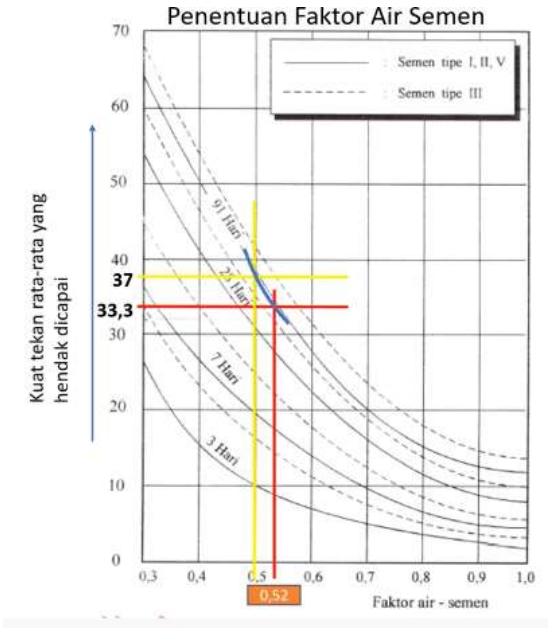
jenis agregat ditetapkan sesuai dengan ketersediaan bahan. Dalam perencanaan digunakan agregat kasar batu pecah.

Table 4.9. Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan Factor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis Semen	**Jenis Agregat Kasar**	**Kekuatan Tekan (Mpa)**				
		Pada Umur (Hari)				**Bentuk**
		3	**7**	**28**	**29**	**Bentuk Uji**
Semen Portland Tipe I	Batu Tak Dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe II, V	Batu Tak Dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu Tak Dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu Tak Dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

7. Faktor air semen

Grafik hubungan FAS dan kuat tekan sebagai perkiraan nilai FAS dalam rancangan. Dalam perencanaan berdasarkan grafik SNI 2834-2000 diperoleh nilai FAS 0,52.



Langkah kerja:

a. Pada tabel diatas ditetapkan factor air semen sebesar 0,50 untuk beton berusia 28 hari untuk kuat tekan 33,3 MPa. Tarik garis dari FAS 0,5 menuju garis usia beton 28 hari lalu tarik garis ke samping dari kuat tekan rata-rata yang dikehendaki, yaitu 33,3 MPa.
b. Buat garis lengkung baru berpotongan antara FAS 0,5 dan kuat tekan yang dikehendaki 33,3 MPa.
c. Tarik garis dari kuat tekan rata-rata yang dikehendaki adalah 33,3 MPa menuju ke arah garis lengkung baru
d. Tarik garis lurus kebawah, nilai factor air semen adalah 0,52

8. a. Faktor air semen maksimum (FAS)

faktor air semen maksimum diperoleh dari tabel persyaratan nilai FAS maksimum untuk berbagai pembetonan di lingkungan khusus. Dalam perencanaan FAS maksimum adalah **0,60** (SNI 2834-2000).

Tabel 4.10. Nilai faktor air semen

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m^3 beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

b. Faktor air semen yang digunakan

factor air semen yang digunakan adalah FAS terkecil dalam perencanaan FAS yang digunakan adalah 0,52.

9. Slump

Nilai slump ditentukan berdasarkan pemakaian beton untuk jenis struktur yang akan dibuat. Dalam perencanaan pemakaian beton untuk plat, balok, kolom dan dinding sehingga nilai slump maksimum adalah 15,0 cm dan minimum 7,5 cm dengan nilai yang ditetapkan sebesar 10cm.

10. Ukuran agregat maksimum

Ukuran agregat maksimum ditentukan berdasarkan uji saringan. Dalam perencanaan agregat maksimum adalah **40mm**.

11. Kebutuhan air

Kebutuhan air diperoleh dari tabel perkiraan kebutuhan air untuk setiap M^3. Dalam perencanaan kebutuhan air adalah **233,25 L.**

Tabel 4.11. Kebutuhan air

Besar ukuran agregat (mm)	**Jenis agregat**	**Kebutuhan air per meter kubik (liter)**			
		Slump (mm)			
		0-10	**10-30**	**30-60**	**60-180**
10	Alami	150	180	205	225
	Pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Pecah	155	175	190	205

Karena jenis agregat yang digunakan merupakan agregat yang berbeda maka perhitungan kebutuhan air dihitung dengan:

0,67 Ah + 0,33 Ak

Perhitungan:

Kebutuhan air = 0,67 Ah + 0,33 Ak

= 0,67 (175) + 0,33 (205)

= 184,9

= 185 Liter

12. Kebutuhan semen Portland

Kebutuhan semen = $\frac{kebutuhan\ air}{FAS\ terkecil}$

$= \frac{185}{0{,}52}$

= 356 kg/m^3

13. Kebutuhan semen portland minimum

Kebutuhan semen Portland minimum diperoleh dari tabel persyaratan FAS maksimum untuk berbagai pembetonan di lingkungan khusus. Dalam perencanaan semen minimum 275 kg.

14. Berat semen Portland yang digunakan

Berat semen yang digunakan diambil dari nilai terbesar antara kebutuhan semen Portland maksimum dan kebutuhan semen minimum. Dalam perencanaan berat semen yang digunakan adalah 356 kg/m^3.

15. Penyesuaian jumlah air atau FAS

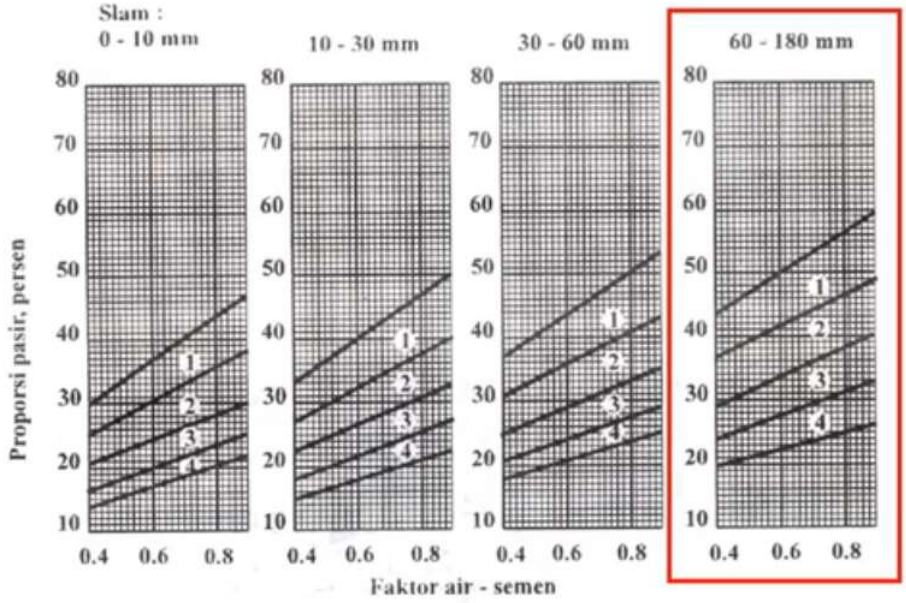
Nilai FAS tetap yaitu 0,52

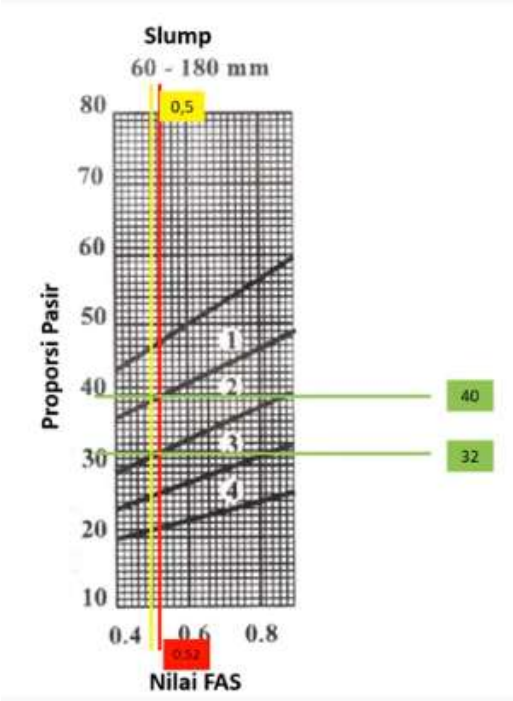
16. Daerah gradasi agregat halus

Diperoleh dari hasil ayakan agregat halus dan sesuai dengan table batas gradasi menurut SNI 03-2834-1993. Dalam perencanaan daerah gradasi adalah zona 2.

17. Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

Presentase berat agregat halus terhadap agregat campuran diperoleh dari grafik presentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan dengan ukuran butir maksimum. Dalam perencanaan ukuran butir terbesar adalah 40mm dengan nilai slump 100 mm.





Langkah kerja :

1. besar nilai slump dalam perencanaan

Adalah 100 mm, maka grafik yang dipilih adalah grafik dengan nilai slump 60-180 mm

2. FAS yang digunakan dalam perencanaan adalah 0,52

3. zona gradasi pasir yang diperoleh dari pengujian, pasir masuk zona 2, ambil batas atas dan batas bawah

4. tarik garis kekiri (proporsi pasir) melalui zona 2, ambil batas atas dan

Nilai proporsi pasir $= \frac{batas\ atas + batas\ bawah}{2}$

$= \frac{32+40}{2}$

$= 36\%$

18. Berat jenis agregat campuran

Berat jenis campuran diperoleh dari presentase berat masing-masing agregat dikalikan berat jenis agregat. Data berat jenis agregat diperoleh dari pengujian bahan.

Pasir:

Presentase berat agregat halus x berat jenis agregat halus

36% x 2,15 = 0,774

Kerikil:

Presentase berat agregat kasar x berat jenis agregat kasar

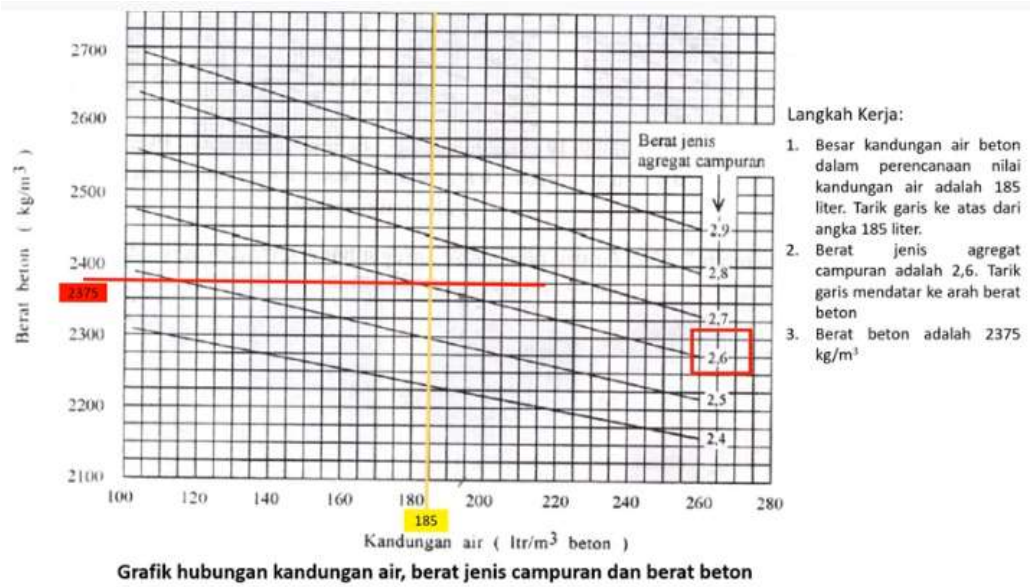
64% x 2,56 = 1,638

Berat jenis agregat campuran = 0,774 + 1,638 = 2,412 gr/ml

19. Berat jenis beton

Berat jenis beton diperoleh dengan menggunakan grafik hubungan kandungan air, berat jenis campuran dan berat beton.

Berat jenis beton = 2375 kg/m^3



Grafik hubungan kandungan air, berat jenis campuran dan berat beton

20. Kebutuhan agregat gabungan

Kebutuhan agregat gabungan diperoleh dari berat beton dikurangi berat air dikurangi berat semen.

Berat gabungan = berat beton – berat air – berat semen

= 2375 – 185 - 356

= 1834 kg/m^3

21. Kebutuhan agregat

Kebutuhan agregat halus didapatkan dari presentase agregat halus dikalikan kebutuhan agregat campuran.

Kebutuhan agregat halus = 36% x 1834

= 660 kg m^3

Kebutuhan agregat kasar didapatkan dari presentase agregat kasar dikalikan kebutuhan agregat campuran.

Kebutuhan agregat kasar = 64% x 1796 = 1174 kg/m^3

Mix desain berdasarkan SNI 2847-2013

No	Uraian	
1	Kuat tekan karakteristik umur 28 hari (fc')	25 MPa
2	Deviasi standar	-
3	Nilai margin/nilai tambah (M)	8,3 MPa
4	Kekuatan rata-rata yang hendak dicapai (fcr')	33,3 MPa
5	Jenis semen (PC)	Jenis I
6	Jenis agregat halus	Alami
	Jenis agregat kasar	Pecah
7	Factor air semen (FAS)	0,52
	Factor air semen maksimum	0,60
	Factor air semen yang digunakan	0,52

8	Slump (untuk plat, balok, kolom, dinding)	100 mm
9	Ukuran agregat maksimum	40 mm
10	Kebutuhan air	185 liter
11	Kebutuhan semen portland	356 kg/m^3
12	Kebutuhan semen Portland minimum	275 kg/m^3
13	Berat semen Portland yang digunakan	356 kg/m^3
14	Penyesuaian jumlah air atau FAS	0,52
15	Daerah gradasi agregat halus	Zona 2
16	Presentase berat agregat halus terhadap agregat campuran	36%
17	Berat jenis agregat campuran	2,412 gr/ml
18	Berat jenis beton	2375 kg/m^3
19	Kebutuhan agregat gabungan	1834 kg/m^3
20	Kebutuhan agregat halus	660 kg/m^3
21	Kebutuhan agregat kasar	1174 kg/m^3

Hasil perhitungan bahan untuk kondisi SSD

Kesimpulan kondisi agregat jenuh-kering muka (SSD)					
volume	**Berat beton**	**Air**	**Semen**	**Agregat halus**	**Agregat kasar**
1m^3	2375 kg	185 liter	356 kg	660 kg	1174 kg

Kesimpulan untuk benda uji dengan volume 0,005 m^3

Untuk 18 benda uji

No	**bahan**	**satuan**	**Komposisi**		
			0%	3%	7%
1	Semen	Kg	32,04	31,08	29,8
2	Air	L	16,65	16,65	16,65
3	Agregat halus	kg	59,40	59,40	59,40
4	Agregat kasar	Kg	105,66	105,66	105,66
5	Abu sekam padi	Kg	-	0,96	2,24

Perhitungan bahan untuk kondisi sesungguhnya

Data pengujian	
Kadar air sesungguhnya agregat halus (A_{H1})	2,04 %
Kadar air sesungguhnya agregat kasar (A_{K1})	2,80 %
Kadar air agregat halus dalam kondisi SSD (A_{H2})	2,30 %
Kadar air agregat kasar dalam kondisi SSD (A_{K2})	3,00 %
Kebutuhan air	185 liter
Kebutuhan agregat halus (B)	660 kg
Kebutuhan agregat kasar (C)	1174 kg

Rumus Perhitungan :

Air $= A - \left(\frac{AH1-A}{100}\right) \times B - \left(\frac{AK1-A}{100}\right) \times C$

Agregat halus $= B + \left(\frac{AH1-AH2}{100}\right) \times B$

Agregat kasar $= C + \left(\frac{AK1-AK2}{100}\right) \times C$

Perhitungan kebutuhan bahan untuk kondisi sesungguhnya :

Air $= 185 - \left(\frac{2,04-2,30}{100}\right) \times 660 - \left(\frac{2,80-3,00}{100}\right) \times 1174$

$= 185 + 1,80 + 2,35$

$= 189,15$ liter

Agregat halus $= 660 + \left(\frac{2,04-2,30}{100}\right) \times 660$

$= 660 - 1,80$

$= 658,20$ kg

Agregat kasar $= 1174 + \left(\frac{2,80-3,00}{100}\right) \times 1174$

$= 1174 - 2,35$

$= 1171,65$ kg

Kesimpulan kondisi agregat jenuh-kering muka (SSD)					
volume	**Berat beton**	**Air**	**Semen**	**Agregat halus**	**Agregat kasar**
$1m^3$	2375 kg	189,15 liter	356 kg	658,20 kg	1171,65 kg

Kesimpulan untuk benda uji dengan volume 0,005 m^3

Untuk 18 benda uji

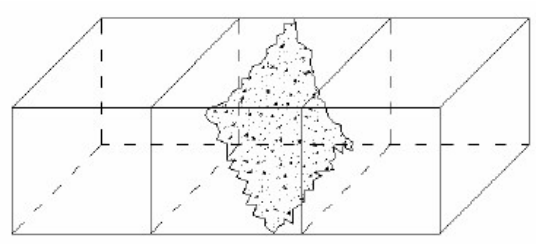
No	bahan	satuan	Komposisi		
			0%	3%	7%
1	Semen	Kg	32,04	31,08	29,8
2	Air	L	17,02	17,02	17,02
3	Agregat halus	kg	59,24	59,24	59,24
4	Agregat kasar	Kg	105,45	105,45	105,45
5	Abu sekam padi	Kg	-	0,96	2,24

C. Kuat lentur

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat lentur benda uji tersebut. Pengujian kuat lentur dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan sebanyak 18 sampel. Yang terdiri dari 3 variasi campuran abu sekam adi yaitu 0% (beton normal), 3% dan 7%. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 6 sampel untuk kuat lentur balok dengan ukuran benda uji 50 x 10 x 10 cm. Sebelum melakukan uji kuat lentur beton maka terlebih dahulu melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji. Dimana dapat digunakan rumus perhitungan dengan mengacu pada SNI 4431:2011, yaitu:

a. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

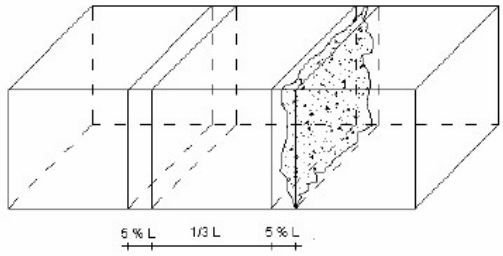
$$\sigma_I = \frac{P\ x\ L}{b\ x\ h2} \quad \text{……..……..(9)}$$



Gambar 4.4. patah pada 1/3 bentang tengah

b. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_I = \frac{P\ x\ a}{b\ x\ h2} \quad \text{……..……..(10)}$$



Gambar 4.5. patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada <5% dari bentang

dimana :

σ_I = kuat lentur benda uji (MPa)

P = beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji

L = jarak (bentang) antara 2 garis perletakan (mm)

b = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)

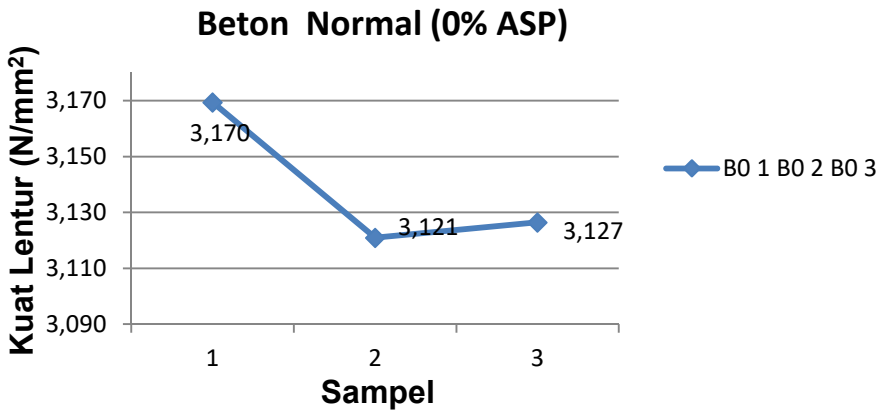
Tabel 4.12. Hasil pengujian kuat lentur benda uji 7 hari (Sumber: laboratorium pengujian bahan 2020)

Umur (hari)	Jenis sampel	Variasi	Kode sampel	Lebar (mm) b	Tinggi (mm) h	Panjang (mm) L	Berat (kg)	Beban (N) P	Kuat lentur (N/mm^2)
7	Balok	Beton normal	B0 1	100	100	500	19,628	6339	3,170
			B0 2				19,991	6242	3,121
			B0 3				19,287	6253	3,127
		3% ASP	B3 1	100	100	500	18,670	6986	3,493
			B3 2				18,543	6550	3,275
			B3 3				18,535	6578	3,289
		7% ASP	B7 1	100	100	500	18,095	6863	3,432
			B7 2				18,138	6454	3,227
			B7 3				18,165	6476	3,238

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 12, kuat lentur rata-rata yang didapat pada pengujian ke-7 hari ialah:

a. Beton normal (0% ASP)

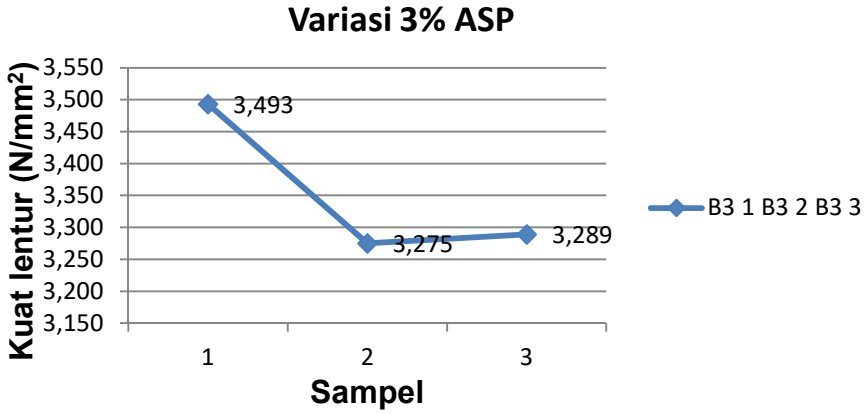
Pada pengujian sampel uji dengan 0% abu sekam padi atau beton normal dengan ukuran 50x10x10 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat lentur dengan rata-rata 3,139 MPa memenuhi kuat lentur yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.6. Grafik pengujian lentur beton normal

b. Variasi 3% ASP

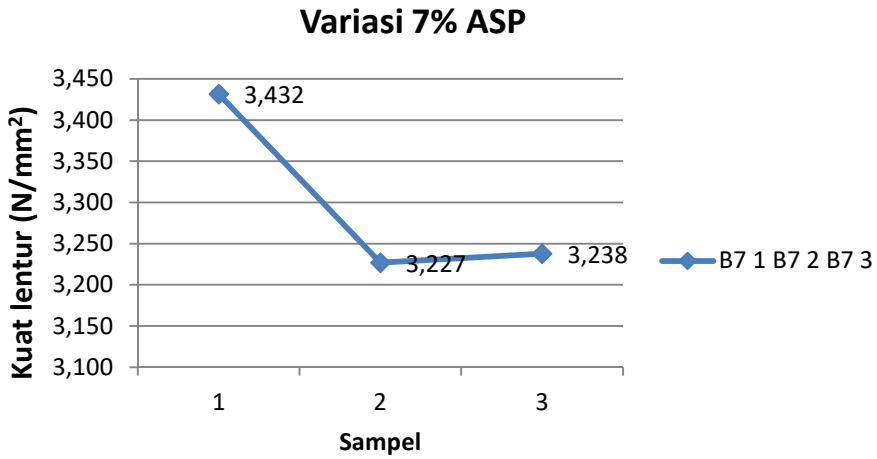
Pada pengujian sampel uji dengan variasi 3% abu sekam padi sebagai bahan subtitusi sebagian semen dengan ukuran 50x10x10 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat lentur dengan rata-rata 3,352 MPa memenuhi kuat lentur yang diinginkan dan memiliki kenaikan kuat lentur dari sampel uji sebelumnya dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.7. Grafik pengujian lentur variasi 3% ASP

c. Variasi 7% ASP

Pada pengujian sampel uji dengan variasi 7% abu sekam padi sebagai bahan subtitusi sebagian semen dengan ukuran 50x10x10 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat lentur dengan rata-rata 3,298 MPa memenuhi kuat lentur yang diinginkan dan memiliki kenaikan kuat lentur dari sampel uji sebelumnya dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.8. Grafik pengujian lentur variasi 7% ASP

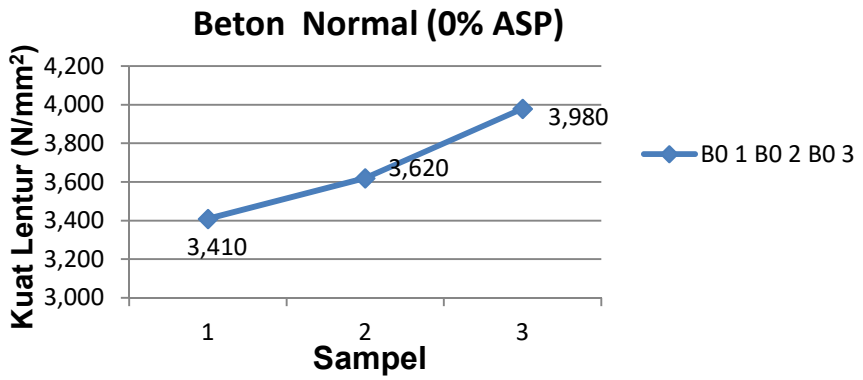
Tabel 4.13. Hasil pengujian kuat lentur benda uji 28 hari (Sumber: laboratorium pengujian bahan 2020)

Umur (hari)	Jenis sampel	Variasi	Kode sampel	Lebar (mm) b	Tinggi (mm) h	Panjang (mm) L	Berat (kg)	Beban (N) P	Kuat lentur (N/mm^2)
28	Balok	Beton normal	B0 1	100	100	500	20,736	6820	3,410
			B0 2				20,634	7240	3,620
			B0 3				20,819	7960	3,980
		3% ASP	B3 1	100	100	500	19,754	7880	3,940
			B3 2				19,736	7921	3,961
			B3 3				19,720	7960	3,980
		7% ASP	B7 1	100	100	500	19,286	7316	3,658
			B7 2				19,390	7281	3,641
			B7 3				18,973	7190	3,595

Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 13, kuat lentur rata-rata yang didapat pada pengujian ke-28 hari ialah:

d. Beton normal (0% ASP)

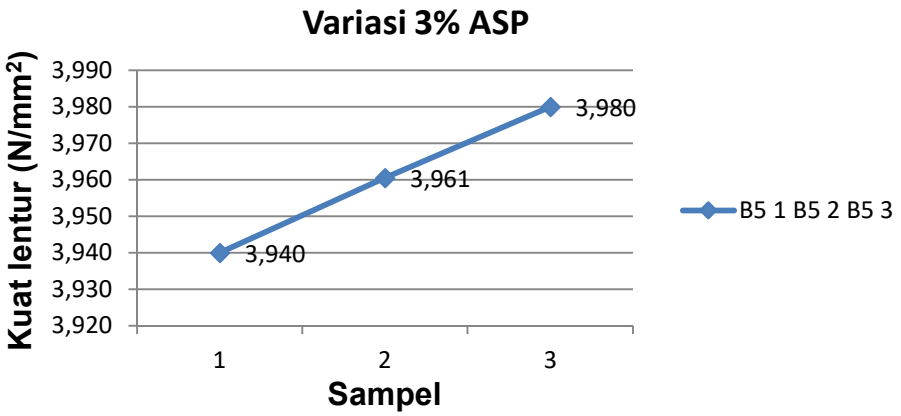
Pada pengujian sampel uji dengan 0% abu sekam padi atau beton normal dengan ukuran 50x10x10 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat lentur dengan rata-rata 3,670 MPa memenuhi kuat lentur yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.9. Grafik pengujian lentur beton normal

e. Variasi 3% ASP

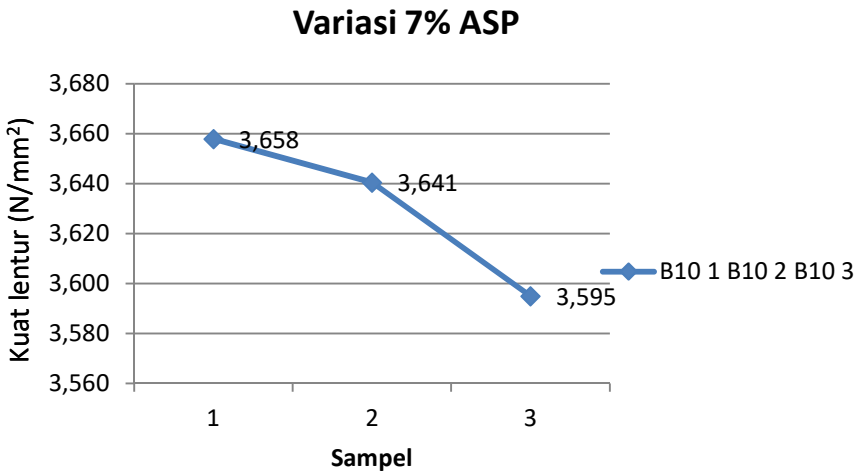
Pada pengujian sampel uji dengan variasi 3% abu sekam padi sebagai bahan subtitusi sebagian semen dengan ukuran 50x10x10 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat lentur dengan rata-rata 3,960 MPa memenuhi kuat lentur yang diinginkan dan memiliki kenaikan kuat lentur dari sampel uji sebelumnya dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.10. Grafik pengujian lentur beton normal

f. Variasi 7% ASP

Pada pengujian sampel uji dengan variasi 7% abu sekam padi sebagai bahan subtitusi sebagian semen dengan ukuran 50x10x10 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat lentur dengan rata-rata 3,631 MPa memenuhi kuat lentur yang diinginkan dan memiliki kenaikan kuat lentur dari sampel uji sebelumnya dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.11. Grafik pengujian lentur variasi 7% ASP

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Dari pengujian kuat lentur yang dilakukan dimana abu sekam padi sebagai subtitusi sebagian semen didapatkan kuat lentur dengan variasi 0%, 3% dan 7% ASP layak dijadikan subtitusi sebagian semen.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil pengujian kuat lentur beton yang memperhatikan variasi campuran abu sekam padi dengan 3 variasi yaitu 0% (beton normal), 3% dan 7% dari sebagian semen, maka didapatkan hasil pengujian beton pada umur 28 hari pada beton normal atau variasi 0% ASP dengan rata-rata 3,670 MPa dan untuk variasi 3% ASP dengan rata-rata 3,960 MPa sedangkan untuk variasi 7% ASP dengan rata-rata 3,631 MPa.

B. Saran

1. Perlu dilakukannya pengkajian ulang mengenai bahan tambah atau bahan subtitusi sebagai campuran beton.
2. Perlu dilakukannya penelitian lain pada penelitian selanjutnya seperti penambahan variasi lain maupun penambahan bahan tambah atau admixture untun campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

Arbain, T. Mufti, A.S. & Sumartini, (2016). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton*.

Arifal, H., (2011). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton K-225.*

Ananto, N. (2017). *Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Beton.*

Dina, H. (2018). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton.*

Dian, F.R. (2017). *Pengaruh Abu Sekam Sebagai Material Pengganti Semen Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Dan Porositas Beton*.

Heryah, R. (2019). *analisis pengaruh penambahan abu sekam padi.*

Mochammad, S. & Susilo, (2016). *Pengaruh Pemakaian Abu Sekam Padi Terhadap Perkembangan Kuat Tekan Beton.*

Putri, A., Mira, B.O. Purwanto, & Parang S., (2011). *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Nano Dan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton.*

Prama, S., Prihantono, & Gina, B.. (2010). *Penggunaan Abu Sekam Padi Dan Kapur Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Komposit*.

Rismawan, Berlian, A.A., Sarjito, & Joko S. (2014). *Analisa Kekuatan Bahan Ferrocement.*

Samsuddin, & Sugeng, D.H. (2017). *Studi Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton.*

Yoga, N., Hakas, P., & Fadillawaty, S. (2017). *Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Zat Adiktif Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi.*

Solikin, M. & Susilo, (2016). *Pengaruh Pemakaian Abu Sekam Padi Terhadap Perkembangan Kuat Tekan Beton*.

Sumanto, (2013). *Analisa Hubungan Presentase Tulangan Terhadap Variasi Tebal Elemn Lentur Ferrocement*.

Pardomuan, F. & Tanudjaja, H. (2015). *penguian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton.*

Marsellius, H. (2017). *Pengujian Konsistensi Normal Semen.*