

TUGAS AKHIR

**KUAT TEKAN DAN KARAKTERISTIK *LEACHATE* MORTAR
BERBAHAN LIMBAH PLASTIK PP (*POLYPROPYLENE*) DAN ABU
SEKAM PADI**



NURHAFIZAH BASIR

D121 14 001

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2019





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : Kuat Tekan dan Karakteristik Leachate Mortar Berbahan Limbah Plastik PP (Polypropylene) dan Abu Sekam Padi

Disusun Oleh :

Nama : Nurhafizah Basir

D121 14 :001

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 22 Mei 2019

Pembimbing I

Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng.
NIP. 19680529 2002121002

Pembimbing II

Dr. Eng. M. Akbar Caronge, S.T., M.T
NIDK.8848260017

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
Nip.197204242000122001



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunia-Nya, tidak lupa shalawat dan salam penulis curah dan limpahkan kepada nabi besar Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabatnya, berkat bantuan dan dorongan dari semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“KUAT TEKAN DAN KARAKTERISTIK *LEACHATE* MORTAR BERBAHAN LIMBAH PLASTIK PP (*POLYPROPYLENE*) DAN ABU SEKAM PADI”**. Maka dengan itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih atas segala petunjuk, bimbingan dan bantuannya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Baharuddin, S.T., M. Arch., Ph.D., selaku Wakil Dekan I Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng selaku ketua Departemen Teknik Sipil, kepala laboratorium riset Eco material dan pembimbing I yang telah memberi pengarahan dan tempat dalam proses penyelesaian tugas akhir penulis.
4. Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T selaku ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Eng Muh. Akbar Caronge, ST., M.Eng. sebagai pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu,kesempatan dan tenaganya untuk selalu membimbing dan mengarahkan dalam proses penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak/ Ibu Dosen, staff serta karyawan Departemen Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingan, arahan, didikan dan motivasi

pada orang tua, saudara serta keluarga besar yang tak henti-hentinya selalu mendukung dan memberikan dukungan selama mengerjakan tugas akhir. Semoga Allah SWT dapat memberikan tempat terbaik di akhirat kelak.



8. Aul, yayat dan udi partner TA terbaik yang mau saya repotkan disaat pembuatan benda uji dan saat pengujian.
9. Kak husna, taka, arsyal dan evan serta adik-adik asisten lab struktur dan bahan yang selalu saya repotkan selama mengerjakan tugas akhir.
10. Saudara-saudari Portal 2015 yang selalu ada dari awal semester memberikan dukungan dan semangat selama mengerjakan tugas akhir.
11. Tina, tenri, desi, ika, lulu, nuril, mutia, yuni, sela, kiki yang dari semester awal selalu menemani, berbagi cerita, yang selalu mau saya repotkan dan membantu dalam penulisan tugas akhir.
12. Teman-teman KKN Gel.99 kelurahan Gantarang, trimakaasih atas kebersamaan dan dukungan yang telah diberikan oleh penulis.
13. Serta berbagai pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang selama ini selalu ada dan selalu membantu terima kasih atas dukungan dan doanya.



ABSTRAK

Nurhafizah Basir, 2019. Kuat Tekan dan Karakteristik Leachate Mortar Berbahan Limbah Plastik PP (*Polypropylene*) dan Abu Sekam Padi. (Dibimbing oleh **Muh.Wihardi Tjaronge** dan **Muh.Akbar Caronge**)

Polypropylene (PP) merupakan salah satu jenis plastik yang tidak dapat didaur ulang dengan mudah. Untuk mengurangi penumpukan sampah plastik *polypropylene* (PP) dapat digunakan untuk menjadi alternatif pengganti pasir pada pembuatan mortar. Selain limbah plastik yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti pasir, terdapat juga abu sekam padi yang juga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen pada pembuatan mortar. Dalam penelitian yang dilakukan terdapat 7 variasi dengan substitusi plastik PP dan abu sekam padi yaitu 0%PP, 5%PP, 10%PP, 15%PP, 0%PP+15%ASP, 5%PP+15%ASP dan 10%PP+15%ASP. Pengujian berat jenis, penyerapan air, kuat tekan dan *leachate* dilakukan pada umur 28 hari. Hasil yang diperoleh yaitu 1) Substitusi plastik PP dan abu sekam padi pada mortar menghasilkan nilai berat jenis yang lebih kecil dibanding dengan mortar normal. Sedangkan penyerapan air meningkat dengan bertambahnya nilai substitusi plastik PP pada mortar, tetapi substitusi abu sekam padi 15% dari semen mampu mereduksi penyerapan air pada benda uji mortar yang menggunakan plastik PP.; 2) Seiring dengan substitusi plastik PP nilai kuat tekan mortar mengalami penurunan, sedangkan penambahan abu sekam padi pada mortar menghasilkan nilai kuat yang sama dengan mortar substitusi plastik PP tanpa abu sekam padi.; 3) Pengaruh substitusi limbah plastik PP dan abu sekam padi terhadap *leachate* pada mortar menunjukkan bahwa unsur kimia mortar memenuhi standar USEPA 1992 sehingga mortar dengan substitusi limbah plastik PP dan abu sekam padi dapat digunakan sebagai material bahan bangunan.

Kata kunci. *Polypropylene* (PP), abu sekam padi, berat jenis, penyerapan air, kuat tekan dan *leachate*



ABSTRACT

Nurhafizah Basir, 2019. *Compressive Strength and Characteristics of Leachate Mortar Made of PP (Polypropylene) Plastic Waste and Rice Husk Ash.* (Supervised by **Muh.Wihardi Tjaronge** dan **Muh.Akbar Caronge**)

Polypropylene (PP) is one type of plastic that cannot be easily recycled. To reduce the buildup of polypropylene (PP) plastic waste, it can be used as an alternative to sand substitution for mortar making. In addition to plastic waste that can be used as an alternative material for sand substitution, there is also rice husk ash which also can be used as an alternative to cement in mortar making. In the research carried out there were 7 variations with substitution of plastic PP and rice husk ash namely 0% PP, 5% PP, 10% PP, 15% PP, 0% PP + 15% ASP, 5% PP + 15% ASP and 10% PP + 15% ASP. Specific gravity, water absorption, compressive strength and leachate were tested at 28 of days. The results obtained were 1) Substitution of PP plastic and rice husk ash on mortar resulted in smaller density values compared to normal mortar. Whereas water absorption increases with increasing value of PP plastic substitution on mortar, but substitution of 15% rice husk ash from cement is able to reduce water absorption in mortar specimens using PP plastic; 2) Along with the substitution of plastic PP the value of mortar compressive strength has decreased, while the addition of rice husk ash on the mortar produces the same strong value as the mortar substituted PP plastic without rice husk ash; 3) The effect of PP plastic waste substitution and rice husk ash on leachate on mortar shows that the chemical elements of mortar meet USEPA 1992 standard so that mortar with substitution of PP plastic waste and rice husk ash can be used as building material.

Keywords: Polypropylene (PP), rice husk ash, specific gravity, water absorption, compressive strength and leachate



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Ruang Lingkup	3
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Plastik	6
B. Abu Sekam Padi (ASP)	11
C. Mortar	12
D. Material Penyusun Mortar	18
1. Semen	18
2. Agregat Halus	21
3. Air	24
E. Berat Jenis Agregat	26
F. Kuat Tekan	26
A. Perbandingan Air	28
B. Perbandingan Air / Leachate pada Mortar	28
C. Penelitian Terdahulu	29
METODOLOGI PENELITIAN	32



A. Bagan Alir Penelitian	32
B. Tempat dan Waktu Penelitian	34
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data	34
D. Alat dan Bahan Penelitian	35
E. Benda Uji	41
F. Prosedur Penelitian	42
1. Rancang Campuran Mortar	42
2. Pembuatan Benda Uji	43
3. Jumlah Benda Uji	43
4. Pembuatan Sampel Untuk Test <i>Leachate</i>	44
5. Perawatan (<i>curing</i>) Benda Uji	45
6. Pengujian Mortar	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
A. Karakteristik Material	49
B. Rancang Campuran Mortar	52
C. Berat Jenis	53
D. Kuat Tekan Mortar	54
E. Penyerapan Air	57
F. Tes Lindi (<i>Leachate</i>)	61
BAB IV PENUTUP	65
A. Kesimpulan	65
B. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbandingan berat jenis dari berbagai material plastik	10
Tabel 2. Temperatur leleh proses termoplastik	10
Tabel 3. Persyaratan spesifikasi sifat	17
Tabel 4. Syarat fisika semen portland komposit	22
Tabel 5. Gradasi agregat halus untuk adukan/mortar	23
Tabel 6. Batas dan izin kandungan air untuk campuran beton/mortar	25
Tabel 7. Jadwal Penelitian	34
Tabel 8. Mortar dengan penambahan plastik PP	41
Tabel 9. Mortar dengan penambahan plastik PP+Abu sekam padi	41
Tabel 10. Rancang campuran mortar	42
Tabel 11. Jumlah benda uji untuk mortar pengujian kuat tekan dan berat jenis	43
Tabel 12. Jumlah benda uji untuk mortar pengujian penyerapan air	44
Tabel 13. Jumlah benda uji untuk mortar pengujian <i>Leachate</i>	44
Tabel 14. Komposisi kimia PCC	49
Tabel 15. Komposisi kimia abu sekam padi	50
Tabel 16. Hasil pemeriksaan material pasir dan plastik PP	51
Tabel 17. Rancang campuran mortar	52
Tabel 18. Rekapitulasi nilai kuat tekan tiap benda uji dengan penambahan plastik PP dan penambahan plastik PP+ASP	55
Tabel 19. Pengujian nilai penyerapan air pada tiap benda uji dengan penambahan plastik PP dan penambahan plastik PP+ASP	57



Tabel 20. Hasil Test *Leachate* benda uji mortar dengan penambahan plastik

PP dan penambahan plastik PP+ASP 62

Tabel 21. Hasil Pengukuran pH pengujian *leachate* 63

Tabel 22. Nilai kuat takan dan klasifikasi mutu mortar 64



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Contoh plastik jenis PET	6
Gambar 2. Contoh plastik jenis HDPE	7
Gambar 3. Contoh plastik jenis PVC	7
Gambar 4. Contoh plastik jenis LDPE	8
Gambar 5. Contoh plastik jenis PP	8
Gambar 6. Contoh plastik jenis PS	9
Gambar 7. Contoh plastik jenis OTHER	9
Gambar 8. Nomor Kode Plastik	9
Gambar 9. Plastik PP setelah dicacah	11
Gambar 10. Abu sekam padi sebelum pembakaran dan sesudah	12
Gambar 11. Semen Portland Composite Cement	19
Gambar 12. Agregat Halus (pasir)	22
Gambar 13. Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 14. <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	35
Gambar 15. <i>Universal Testing Machine (Tokyo Testing Machine Inc.)</i>	36
Gambar 16. Mesin Pencampur (<i>Mixer</i>)	36
Gambar 17. Pengukur Flow	37
Gambar 18. Cetakan Silinder dan Kubus	37
19. Mesin Penggetar (<i>vibrator</i>)	37
20. Stopwatch	38



Gambar 21. Timbangan Digital	38
Gambar 22. <i>Atomic Absorption Spectrometry (AAS)</i>	38
Gambar 23. Agregat halus yaitu pasir	39
Gambar 24. Semen jenis PCC	39
Gambar 25. Plastik jenis <i>Polypropilene</i>	39
Gambar 26. Abu Sekam Padi	40
Gambar 27. Aquades	40
Gambar 28. Larutan <i>Super plasticizer</i>	40
Gambar 29. Bentuk benda uji kubus dan silinder	44
Gambar 30. Sampel air untuk pengujian <i>Leachate</i>	45
Gambar 31. Curing benda uji dengan aquades a.Plastik PP b.Plastik PP+ASP	45
Gambar 32. Pengujian Kuat Tekan	46
Gambar 33. Pengujian <i>leachate</i> dengan alat <i>Atomic Absorbtion Spectroscopy (AAS)</i>	48
Gambar 34. <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> Abu Sekam Padi Sebelum Proses Grinding	50
Gambar 35. <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> Abu Sekam Padi Setelah Proses Grinding	51
Gambar 36. Grafik analisa saringan material pasir dan plastik PP	52
37. Grafik berat Jenis Mortar dengan Penambahan Plastik PP	53
38. Grafik berat Jenis Mortar dengan Penambahan Plastik	



PP+ASP	54
Gambar 39. Grafik kuat tekan mortar dengan penambahan plastik PP umur 28 hari	56
Gambar 40. Grafik kuat tekan mortar dengan penambahan plastik PP+ASP umur 28 hari	56
Gambar 41. Grafik perbandingan nilai kuat tekan penambahan plastik PP dan penambahan plastik PP+ASP	57
Gambar 42. Nilai penyerapan air pada mortar dengan penambahan plastik PP	58
Gambar 43. Nilai penyerapan air pada mortar dengan penambahan plastik PP+ASP	59
Gambar 44. Grafik hubungan Hasil Pengujian Kuat Tekan dengan Hasil Pengujian Penyerapan Air Penambahan Plastik PP	60
Gambar 45. Grafik hubungan Hasil Pengujian Kuat Tekan dengan Hasil Pengujian Penyerapan Air Penambahan Plastik PP+ASP	60
Gambar 46. Grafik perbandingan hubungan Hasil Pengujian Kuat Tekan dengan Hasil Pengujian Penyerapan Air Penambahan Plastik PP dan Plastik PP+ASP	61



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dewasa ini penumpukan sampah di Indonesia yang dari tahun ke tahun semakin memburuk tidak dapat dihindarkan. Banyak faktor yang menyebabkan permasalahan tersebut sulit untuk terselesaikan, bertambahnya jumlah penduduk menjadi salah satu faktor yang tidak dapat dihindari sehingga berdampak pada semakin banyaknya tumpukan sampah. Banyaknya tumpukan sampah juga dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan dan timbulnya berbagai macam penyakit. Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik atau anorganik bersifat dapat terurai atau tidak dapat terurai yang dianggap sudah tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan.

Jenis sampah berdasarkan sifatnya dapat dibagi menjadi dua yaitu sampah organik dan sampah non organik. Sampah organik merupakan sampah yang mudah membusuk seperti sisa makanan, sayuran dan daun-daun kering. Berbeda dengan sampah organik yang dapat dengan mudah terurai sampah non-organik merupakan sampah yang tidak mudah untuk terurai misalnya plastik, kaleng dan *styrofoam*.

Berdasarkan data dari Master Plan Pengelolaan Sampah Kota Makassar komposisi sampah kota Makassar pada tahun 2016 terdiri dari 72.81% merupakan sampah organik dan 13.99% merupakan sampah non-organik selebihnya merupakan sampah B3 dan sampah lainnya. Pada tumpukan sampah non-organik, jenis sampah plastik merupakan yang terbanyak. Maka dari itu untuk mengurangi penumpukan sampah plastik tersebut maka dilakukan pengolahan sampah plastik yaitu dengan mencacah plastik, mendaur ulang menjadi biji plastik atau memanfaatkan untuk membuat kerajinan dari plastik.



Salah satu jenis sampah plastik yang dapat dengan mudah di temukan yaitu sampah plastik *polypropylene* (PP). Penggunaan plastik PP saat ini banyak digunakan. Di Negara Eropa Barat plastik jenis *Polypropylene* merupakan plastik dengan tumpukan sampah terbanyak ke-2 yaitu sebanyak 18.5% dari semua total jenis sampah plastik. Untuk mengurangi penumpukan sampah plastik *polypropylene* (PP) dapat digunakan untuk menjadi alternatif pengganti pasir pada pembuatan mortar.

Selain limbah plastik yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti pasir pada pembuatan mortar terdapat juga abu sekam padi yang juga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen pada pembuatan mortar.

Sebagai negara pertanian yang makanan pokok penduduk utamanya adalah beras, maka sekam padi merupakan limbah pertanian yang melimpah di Indonesia. Dibandingkan jika sekam padi dibuang dalam jumlah banyak maka akan membutuhkan lahan yang banyak atau dibakar secara langsung dapat menambah emisi karbon di atmosfer sehingga dapat mengakibatkan pencemaran udara.

Penggunaan sampah plastik *polypropylene* (PP) sebagai bahan alternatif pengganti pasir akan semakin memudahkan untuk mendapatkan berat isi yang ringan dan juga dapat mengurangi penumpukan sampah plastik. Sebagaimana yang dinyatakan Choi dkk dalam Dany Rahmatullah (2017) bahwa plastik dapat mereduksi berat antara 2% sampai 6% . Sedangkan untuk mendapatkan kuat tekan yang tinggi pada mortar maka digunakan abu sekam padi sebagai alternatif pengganti semen pada pembuatan mortar. Sebagaimana yang disimpulkan pada jurnal penelitian Iwan Setiawan (2017) bahwa penggunaan abu sekam padi pada beton dapat menambah kuat tekan pada beton dibandingkan dengan beton normal dengan tanpa abu sekam padi.

Berdasarkan penjelasan diatas maka akan dilakukan penelitian mengenai penggunaan sampah plastik *polypropylene* (PP) dan abu sekam padi sebagai alternatif pengganti pasir dan semen.



B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh substitusi limbah plastik PP dan abu sekam padi terhadap karakteristik mortar.
2. Bagaimana nilai optimum dari penambahan plastik PP dan abu sekam padi yang menghasilkan kuat tekan terbesar.
3. Bagaimana pengaruh substitusi limbah plastik PP dan abu sekam padi terhadap karakteristik lindi pada mortar.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka diambil tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah plastik PP dan abu sekam padi terhadap karakteristik mortar.
2. Untuk mengetahui nilai optimum dari substitusi plastik PP dan abu sekam padi yang menghasilkan nilai kuat tekan terbesar.
3. Untuk menganalisa pengaruh penambahan limbah plastik PP dan abu sekam padi terhadap karakteristik lindi pada mortar.

D. Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat untuk:

1. Dapat dijadikan acuan dan informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan pencampuran mortar menggunakan sampah plastik PP dan abu sekam padi.



2. Dapat mengurangi biaya produksi pada proses pembuatan mortar dengan menggunakan sampah plastik PP dan abu sekam padi sebagai material pengganti pasir dan semen.

E. Ruang lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi pada :

1. Penambahan plastik PP sebagai bahan substitusi pasir terdiri dari 4 variasi yaitu 0%PP, 5%PP, 10%PP, 15%PP.
2. Penambahan abu sekam padi sebagai bahan substitusi semen terdiri dari 3 variasi yaitu 0%PP+15%ASP, 5%PP+15%ASP, 10%PP+15ASP.
3. Proses curing yaitu dengan cara perendaman menggunakan aquades selama 28 hari.
4. Semen yang digunakan adalah Semen Portland Composite (PCC)
5. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari.
6. Pengujian lindi dilakukan pada umur 28 hari

F. Sistematika Penulisan

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab, yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan, serta Kesimpulan dan Saran.

Berikut ini merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab tersebut di atas:



PENDAHULUAN

menyajikan hal-hal mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan yang

berisi tentang gambaran secara garis besar mengenai hal-hal yang dibahas dalam bab-bab berikutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori yang digunakan sebagai landasan atau acuan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai tahapan, persiapan alat dan bahan, cara penelitian serta uraian tentang pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan penjabaran dari hasil-hasil pengujian berat jenis, kuat tekan dan lindi.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai analisa hasil yang diperoleh saat penelitian yang disertai dengan saran-saran yang diusulkan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Plastik

Plastik adalah salah satu jenis makromelekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromelekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen. (Surono, 2013 dalam Dany Rahmatullah, 2017)

Ada 7 jenis kode yang terdapat pada plastik, yaitu:

1) PETE/PET (PolyEthylene Terephthalate)

Biasa dipakai untuk botol plastik transparan seperti botol air mineral, botol minuman, botol jus, botol minyak goreng, botol kecap, dan botol sambal. Dapat mengeluarkan zat karsinogenik SbO_3 (Antimon Trioksida) apabila digunakan berulang kali terutama pada kondisi panas. PETE/PET direkomendasikan 'hanya untuk sekali pakai'. Buang botol yang sudah lama dan baret-baret.



Gambar 1. Contoh plastik jenis PET



2) HDPE (High Density PolyEthylene)

Biasa dipakai untuk botol kosmetik, botol obat, botol minuman, botol susu yang berwarna putih susu, tupperware, galon air minum, kursi lipat, dan jerigen, dan pelumas. Memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. HDPE direkomendasikan hanya untuk sekali pakai, karena pelepasan senyawa SbO_3 (Antimon Trioksida) terus meningkat seiring waktu.



Gambar 2. Contoh plastik jenis HDPE

3) V/PVC (PolyVinyl Chloride)

Biasa dipakai pada plastik pembungkus (cling wrap), untuk mainan, selang, pipa bangunan, taplak meja plastik, botol kecap, botol sambal dan botol shampoo. Jenis plastik yang paling sulit didaur ulang. PVC mengandung DEHA yang mudah melebur jika terdapat kontak antara permukaan plastik dengan minyak, berbahaya untuk ginjal dan hati.



Gambar 3. Contoh plastik jenis PVC



4) LDPE (Low Density PolyEthylene)

Biasa dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, botol-botol yang lembek, tutup plastik, kantong/tas kresek, dan plastik tipis lainnya. Bersifat fleksibel, kuat, sulit dihancurkan. Pada suhu di bawah 600°C sangat resisten terhadap senyawa kimia.



Gambar 4. Contoh plastik jenis LDPE

5) PP (PolyPropylene)

Merupakan pilihan bahan plastik terbaik dan paling aman, terutama untuk tempat makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, tutup botol, cup plastik, mainan anak, botol minum dan yang terpenting, pembuatan botol minum untuk bayi dan bersifat elastis.



Gambar 5. Contoh plastik jenis PP

6) PS (PolyStyrene)

Biasa dipakai sebagai bahan tempat makan styrofoam, tempat minum sekali pakai seperti sendok, garpu gelas. Polystyrene dapat mengeluarkan bahan Styrene ke dalam makanan ketika makanan tersebut bersentuhan,



berbahaya untuk otak dan sistem saraf, memiliki bahaya yang sama seperti asap rokok dan asap kendaraanan bahan ini sulit didaur ulang.



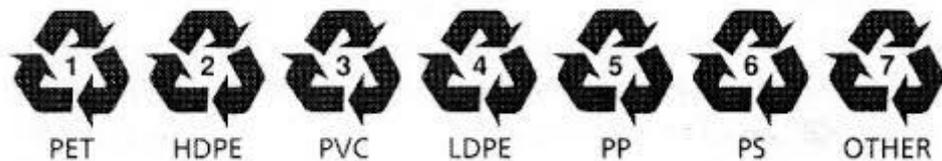
Gambar 6. Contoh plastik jenis PS

7) Other (O)

Merupakan jenis plastik lainnya selain dari no.1 sampai 6 seperti botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego.



Gambar 7. Contoh plastik jenis OTHER



Gambar 8. Nomor kode plastik



Tabel 1. Perbandingan berat jenis dari berbagai material plastik

Jenis Plastik	Berat Jenis
PP	0.85-0.90
LDPE	0.91-0.93
PET	0.92-0.96
HDPE	0.93-0.93
Polistirena	1.05-1.08
ABS	0.99-1.10
PVC	1.15-1.65
Asetil Selulosa	1.23-1.34
Nylon	1.09-1.14
Poli Karbonat	1.2
Poli Asetat	1.38

Sumber: Mujiarto,2005

Tabel 2. Temperatur Leleh Proses Termoplastik

Jenis Plastik	°C	°F
ABS	180-240	356-464
Acetal	185-225	365-437
Acrylic	180-250	356-482
Nylon	260-290	500-554
Poly Carbonat	280-310	536-590
LDPE	160-240	320-464
HDPE	200-280	392-536
PP	200-300	392-572
PS	180-260	356-500
PVC	160-180	320-365

Sumber: Mujiarto,2005

Plastik PP (*Polypropilene*)

Plastik PP (*Polypropylene*) merupakan plastik yang paling ringan, dengan densitas 0.85-0.90 g/cm³. Kristalinitas yang tinggi memberi kekuatan tarik yang besar, kekakuan dan kekerasan. Kekuatannya yang tinggi membuatnya banyak digunakan dalam berbagai aplikasi.



Polipropilena memiliki temperatur transisi gelas (Tg) dan titik leleh (TL) yang lebih tinggi dari pada polietilena serta ketahanan terhadap retakan yang baik. Polipropilena memiliki ketahanan yang rendah terhadap degradasi daripada

polietilena, rendahnya ketahanan degradasi PP dikarenakan adanya karbon tersier pada PP. Sebagai hasilnya antioksidan ditambahkan pada polipropilena untuk memperbaiki ketahanan oksidasinya .

Sifat kelarutan polipropilena sama dengan sifat kelarutan yang dimiliki polietilena, yakni tak larut pada suhu ruang. Polipropilena banyak digunakan pada bagian dalam mesin pencuci, komponen mobil, kursi, tangkai pegangan, kotak, keranjang, pipa, isolator listrik, kemasan (berupa lembaran tipis) makanan, dan barang .



Gambar 9. Plastik PP setelah dicacah

Potensi Penggunaan Limbah Plastik PP Sebagai Alternatif Pengganti Pasir Pada Mortar

Sampah plastik membutuhkan waktu 200 sampai 1.000 tahun untuk dapat terurai. Sampah plastik dapat menimbulkan pencemaran terhadap tanah, air tanah, dan makhluk bawah tanah. Bahkan racun dari partikel plastik yang masuk ke dalam tanah akan membunuh hewan pengurai di dalam tanah seperti cacing.

Berdasarkan data dari Master Plan Pengelolaan Sampah Kota Makassar komposisi sampah kota Makassar pada tahun 2016 terdiri dari 54% sisa makanan,

10,36% lainnya. Berdasarkan data tersebut 72.81% merupakan sampah



organik dan 13.99% merupakan sampah non-organik selebihnya merupakan sampah B3 dan sampah lainnya. Untuk sampah non-organik komposisi sampah plastik merupakan yang terbanyak .

Salah satu jenis sampah plastik yang dapat dengan mudah di temukan yaitu sampah plastik *polypropylene* (PP). Di Eropa Barat seperti dibanyak negara bagian rumah tangga merupakan penyumbang terbesar sampah plastik sebanyak 40%. Komposisi sampah plastik dari rumah tangga yaitu sebanyak 23% LDPE, 18.5% PP, 17.3% HDPE, 12.3% Polystyrene, 10.7% PVC, 9.7% Others, 8.5% PET. Sampah plastik jenis PP berada pada urutan ke-2 terbesar setelah plastik jenis LDPE.

Besarnya potensi pencemaran lingkungan akibat jumlah sampah plastik PP maka dari itu banyak dilakukan penelitian-penelitian untuk sekedar mengurangi penumpukan sampah plastik PP tersebut. Contohnya yaitu penelitian mengenai penggunaan plastik PP sebagai bahan alternatif pengganti agregat dalam bahan bangunan. Dengan adanya penelitian tersebut, sehingga tumpukan sampah plastik dapat berkurang dan dapat membuat bangunan yang ramah lingkungan dikarenakan dapat memanfaatkan limbah sebagai bahan alternatif pengganti.

B. Abu Sekam Padi (ASP)

Sekam padi adalah kulit yang membungkus butiran beras, berasal dari proses penggilingan padi untuk memperoleh beras, dimana kulit padi akan terpisah dan menjadi limbah atau buangan. Jika sekam padi dibakar akan menghasilkan abu sekam padi. secara tradisional, abu sekam padi digunakan sebagai bahan pencuci sekam padi. Secara tradisional, abu sekam padi digunakan sebagai bahan pencuci alat-alat dapur. Sekam padi menghasilkan abu yang lebih banyak dibanding limbah tanaman lain. Abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan tambahan pada

mortar karena memiliki kandungan silika lebih dari 70%. Limbah umumnya mengandung bahan-bahan organik seperti silika, alumina dan Cook, 1986 dalam Loly S.K. Lubis, 2004).





Gambar 10. Abu sekam padi sebelum pembakaran dan sesudah

Sekam padi tidak dapat digunakan sebagai material pengganti semen tanpa mengalami proses pembakaran. Dua faktor yang perlu diperhatikan dalam proses pembakaran yaitu; kadar abu dan unsur kimia dalam abu. Kadar abu menjadi penting sebab hal ini yang menunjukkan atau menentukan berapa jumlah sekam yang harus dibakar agar menghasilkan abu sesuai kebutuhan selama proses pembakaran sekam padi menjadi abu mengakibatkan hilangnya zat-zat organik yang lain dan menyisakan zat-zat yang mengandung silika.

Silika adalah unsur kimia yang utama pada abu sekam padi dan berpengaruh pada abu sekam padi itu sendiri. Pada proses pembakaran, silika bereaksi dengan memproduksi semen kalsium silikat hidrat (C_2S). Yaitu suatu reaksi kimia semen abu sekam dan air yang dapat membentuk pasta yang kuat. Abu sekam padi juga mengandung 10% alkali, besi, aluminium, kalsium dan magnesium oksida.

C. Mortar

Menurut SNI 03-6825-2002 mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen portland) dan air dengan komposisi tertentu. Menurut Tjokrodinuljo, 1996

ring kali disebut sebagai mortel atau spesi, yaitu adukan yang terdiri dari bahan perekat dan air. Bahan perekat dapat berupa tanah liat, kapur maupun semen portland. Bila sebagai bahan perekat dipakai tanah liat maka disebut mortar tanah liat (mud mortar), bila dari kapur disebut mortar kapur, begitu juga bila semen



portland yang dipakai maka disebut mortar semen. Bila mortar dibuat dengan cara menambahkan bahan khusus (seperti: fibers, serbuk atau butir-butir kayu, dan sebagainya) pada mortar kapur atau mortar semen, maka disebut mortar khusus.

Mortar dan beton dibuat dari semen dan agregatnya yang dicampur dengan air. Yang perlu diketahui dari bahan bangunan adalah sifat kerapatan (densitas), porositas dan kekuatan tekan. Dalam hubungan dengan panas maka mortar juga perlu diketahui sifat-sifatnya, misalnya sebuah dinding yang terbuat dari beton mempunyai konduktifitas yang berbeda dengan bahan bangunan, erat sekali hubungannya dengan penggunaan bahan bangunan .

Fungsi utama mortar adalah menambah lekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi. Kekuatan mortar tergantung pada kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halus. Mortar mempunyai nilai penyusutan yang relatif kecil. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan gesernya dapat memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Jika penyerapan air pada mortar terlalu besar/cepat, maka mortar akan mengeras dengan cepat dan kehilangan ikatan.

Adukan mortar berdasarkan tujuannya dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

- 1) Adukan untuk pasangan, yang biasa digunakan untuk merekat bata atau sejenisnya membentuk konstruksi tembok.
- 2) Adukan plesteran, yang dipakai untuk menutup permukaan tembok atau untuk meratakan tembok.

Berdasarkan tujuan tersebut di atas, sehingga dapat menyebabkan penggunaannya berbeda oleh karena itu susunan bahan untuk membuat adukan pun dapat berbeda. Adukan untuk pasangan akan banyak menerima beban dibandingkan dengan adukan plesteran, sehingga adukan tadi selain harus kuat terhadap beban tekan, juga harus tahan terhadap beban lentur dan beban tarik. Demikian pula untuk

plester, adukan ini menahan beban relatif kecil, tetapi sifat keawetannya diperhatikan, dalam artian tahan terhadap pengaruh luar, baik perubahan suhu maupun pengaruh lainnya.



Selain susunan bahan, yang perlu diperhatikan adalah sifat dari mortar itu sendiri pada waktu dikerjakan. Kebutuhan air sangat mempengaruhi kemudahan pengerjaan mortar. Maka dari itu sebelum mortar dipakai terlebih dahulu dipelajari sifat-sifatnya, baik untuk adukan pasangan maupun untuk adukan plesteran.

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kuat tekan mortar diantaranya adalah faktor air semen, jumlah semen, umur mortar, dan sifat agregat.

1. Faktor air semen (fas)

Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran mortar atau beton. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai f.a.s, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai f.a.s yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai f.a.s yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai f.a.s minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. Faktor air semen yang digunakan pada campuran mortar menurut standar ASTM C 109M adalah 0,485.

2. Jumlah Semen

Pada mortar dengan f.a.s sama, mortar dengan kandungan semen lebih banyak belum tentu mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, demikian pula pastinya, menyebabkan kandungan pori lebih banyak dari pada mortar dengan kandungan semen yang lebih sedikit. Kandungan pori inilah yang mengurangi kekuatan mortar. Jumlah semen dalam mortar mempunyai nilai optimum tertentu yang memberikan kuat tekan tinggi.

3. Umur Mortar

Kekuatan mortar akan meningkat seiring dengan bertambahnya umur mana pada umur 28 hari mortar akan memperoleh kekuatan yang diinginkan.

Sifat Agregat



Sifat agregat yang berpengaruh terhadap kekuatan ialah bentuk, kekasaran permukaan, kekasaran dan ukuran maksimum butir agregat. Bentuk dari agregat akan berpengaruh terhadap *interlocking* antar agregat.

Ada beberapa macam mortar sesuai dengan bahan ikatnya, yaitu mortar lumpur, mortar kapur, mortar semen, mortar semen kapur, dan mortar khusus.

- a. Mortar Lumpur, adalah mortar dibuat dari campuran pasir, tanah liat/lumpur dan air. Pasir, tanah liat dan air tersebut dicampur sampai rata dan mempunyai konsistensi yang cukup baik. Jumlah pasir harus diberikan secara tepat untuk memperoleh adukan yang baik. Terlalu sedikit pasir menghasilkan mortar yang retak – retak setelah mengeras sebagai akibat besarnya susutan pengeringan dan juga dapat menyebabkan adukan kurang dapat melekat. Mortar ini biasa dipakai sebagai bahan tembok atau bahan tungku api.
- b. Mortar Kapur, dibuat dari campuran pasir, kapur dan air. Kapur dan pasir mula – mula dicampur dalam keadaan kering, kemudian ditambahkan air. Air ditambahkan secukupnya agar diperoleh adukan yang cukup baik (mempunyai konsistensi baik). Selama proses pengerasan kapur mengalami susutan, sehingga jumlah pasir dipakai dua kali atau tiga kali volume kapur. Mortar ini biasanya digunakan untuk pembuatan tembok bata.
- c. Mortar Semen, dibuat dari campuran pasir, semen portland, dan air dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume pasir antar 1:3 hingga 1:6 atau lebih besar. Mortar ini kekuatannya lebih besar daripada mortar lumpur dan mortar kapur, karena mortar ini biasanya dipakai untuk tembok, pilar kolom atau bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini kedap air, maka dapat dipakai pula untuk bagian luar dan bagian yang berada di bawah tanah. Semen dan pasir mula – mula dicampur secara kering sampai merata di atas tempat yang rata dan kedap air. Kemudian sebagian air yang diperlukan ditambahkan dan diaduk kembali, begitu seterusnya sampai air yang diperlukan tercampur sempurna.



d. Mortar khusus, yang mana dibuat dengan menambahkan *asbestos, fibers, jute fibers* (serat rami), butir – buti kayu, serbuk gergaji kayu dan sebagainya. Mortar ini digunakan untuk bahan isolasi panas atau peredam suara. Mortar tahan api, diperoleh dengan menambahkan bubuk bata api dengan aluminuos semen, dengan membandingkan volume satu aluminuos semen dan bubuk bata api. Mortar ini biasa dipakai untuk tungku api dan sebagainya.

Menurut Tjokrodinuljo, K (2012) mortar yang baik harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Murah.
- b. Tahan lama.
- c. Mudah dikerjakan (diaduk, diangkat, dipasang dan diratakan).
- d. Melekat dengan baik pada bata, batu dan sebagainya.
- e. Cepat kering dan mengeras.
- f. Tahan terhadap rembesan air.
- g. Tidak timbul retak-retak setelah dipasang.

Tabel 3. Persyaratan Spesifikasi Sifat

Mortar	Tipe	Kuat tekan rata-rata 28 hari Min.(Mpa)	Retensi air Min.(%)	Kadar Udara Maks. (%)	Rasio agregat (pengukuran pada kondisi lembab, gembur)
Kapur semen	M	17,2	75	12	21/4-31/2 kali jumlah volume bahan bersifat semen
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14 bj	
	O	2,5	75	14 bj	
Semen Pasangan	M	17,2	75 C)	
	S	12,4	75 C)	
	N	5,2	75 C)	
	O	2,4	75 C)	

Sumber: SNI 03-6882-2002

berdasarkan ASTM C270, *Standard Specification for Mortar for Unit* mortar untuk adukan pasangan dapat dibedakan atas 5 tipe, yaitu :



- 1) Mortar Tipe M Mortar tipe M merupakan campuran dengan kuat tekan yang tinggi yang direkomendasikan untuk pasangan bertulang maupun pasangan tidak bertulang yang akan memikul beban tekan yang besar.
- 2) Mortar Tipe S Mortar tipe ini direkomendasikan untuk struktur yang akan memikul beban tekan normal tetapi dengan kuat lekat lentur yang diperlukan untuk menahan beban lateral besar yang berasal dari tekanan tanah, angin dan beban gempa. Karena keawetannya yang tinggi, mortar tipe S juga direkomendasikan untuk struktur pada atau di bawah tanah, serta yang selalu berhubungan dengan tanah, seperti pondasi, dinding penahan tanah, perkerasan, saluran pembuangan dan mainhole.
- 3) Mortar Tipe N Tipe N merupakan mortar yang umum digunakan untuk konstruksi pasangan di atas tanah. Mortar ini direkomendasikan untuk dinding penahan beban interior maupun eksterior. Mortar dengan kekuatan sedang ini memberikan kesesuaian yang paling baik antara kuat tekan dan kuat lentur, workabilitas, dan dari segi ekonomi yang direkomendasikan untuk aplikasi konstruksi pasangan umumnya.
- 4) Mortar Tipe O Mortar tipe O merupakan mortar dengan kandungan kapur tinggi dan kuat tekan yang rendah. Mortar tipe ini direkomendasikan untuk dinding interior dan eksterior yang tidak menahan beban struktur, yang tidak menjadi beku dalam II-3 keadaan lembab atau jenuh. Mortar tipe ini sering digunakan untuk pekerjaan setempat, memiliki workabilitas yang baik dan biaya yang ekonomis.
- 5) Mortar Tipe K Mortar tipe K memiliki kuat tekan dan kuat lekat lentur yang sangat rendah. Mortar tipe ini jarang digunakan untuk konstruksi baru, dan direkomendasikan dalam ASTM C270 hanya untuk konstruksi bangunan lama yang umumnya menggunakan mortar kapur.

D. Material Penyusun Mortar



semen adalah bahan organik yang akan mengeras bila dicampur dengan air, membentuk suatu pasta semen yang mengikat agregat (Loly S.K. Lubis, 2004).

Jenis-Jenis Semen

a. Semen Putih (*Gray Cement*)

Semen putih adalah semen yang lebih murni dari semen abu dan digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (finishing), seperti sebagai filler atau pengisi Semen jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (calcite) limestone murni.

b. Semen Sumur Minyak (*Oil Well Cement*)

Semen sumur minyak adalah semen khusus yang digunakan dalam proses pengeboran minyak bumi atau gas alam, baik di darat maupun di lepas pantai.

c. Semen Portland

Semen portland ialah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menghasilkan klinker terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolisis (dapat mengeras jika bereaksi dengan air) dengan gips sebagai bahan tambahan. Semen merupakan bahan pengikat yang paling terkenal dan paling banyak digunakan dalam proses konstruksi beton. Semen yang umum dipakai adalah semen tipe I dan ketergantungan kepada pemakaian semen jenis ini masih sangat besar. Semen portland jika dilihat dari sisi fungsi masih memiliki kekurangan dan keterbatasan yang pada akhirnya akan mempengaruhi mutu mortar. Salah satu jenis semen portland yang banyak digunakan yaitu semen PCC (*Portland Composite Cement*).

Semen PCC memiliki spesifikasi sesuai standar Indonesia SNI 15-7064-2004 dan standar Eropa EN 197-1:2000 (42.5 N & 42.5 R) serta standar Amerika ASTM C 595-03. Semen portland komposit merupakan salah satu jenis semen yang banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi umum seperti: pekerjaan mortar, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti mortar pracetak, mortar pratekan, panel mortar, bata mortar (*paving block*) dan sebagainya.





Gambar 11. Semen Portland Composite Cement

Pada dasarnya semen portland terdiri dari 4 unsur yang paling penting yaitu:

a. Trikalsium Silikat (C_3S) atau $3CaO.SiO_2$

Sifatnya hampir sama dengan sifat semen yaitu jika ditambahkan air akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasta akan mengeras. C_3S meunjung kekuatan awal semen dan menimbulkan panas hidrasi kurang lebih 58 kalori/gram setelah 3 hari.

b. Dikalsium Silikat (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$

Pada saat penambahan air setelah reaksi yang menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan panas 12 kalori/gram setelah 3 hari. Pasta akan mengeras, perkembangan kekuatannya stabil dan lambat pada beberapa minggu kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir sama dengan C_3S .

c. Trikalsium Aluminat (C_3A) atau $3CaO.Al_2O_3$

Unsur ini apabila bereaksi dengan air akan menimbulkan panas hidrasi tinggi yaitu 212 kalori/gram setelah 3 hari. Perkembangan kekuatan terjadi satu sampai dua tetapi sangat rendah

d. Tetrakalsium Aluminoforit (C_4AF) atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

Unsur ini saat bereaksi dengan air berlangsung sangat cepat dengan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi 68 kalori/gram. Warna abu-abu pada semen disebabkan oleh unsur ini. Silikat dan aluminat yang terkandung dalam semen portland jika bereaksi dengan



air akan menjadi perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Reaksi membentuk media perekat ini disebut dengan hidrasi. Reaksi kimia semen bersifat *exothermic* dengan panas yang dihasilkan mencapai 110 kalori/gram. Akibatnya dari reaksi eksotermis terjadi perbedaan temperatur yang sangat tajam sehingga mengakibatkan retak-retak kecil (*microcrack*) pada mortar.

Semen portland dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu (Tjokrodinuljo,1992)

- Tipe I : Untuk konstruksi biasa dimana sifat yang khusus tidak diperlukan.
- Tipe IA : Semen air entraining yang penggunaannya sama dengan tipe I.
- Tipe II : Untuk konstruksi biasa dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas dari hidrasi sedang.
- Tipe IIA : Semen air entraining yang penggunaannya sama dengan tipe II.
- Tipe III : Untuk konstruksi dimana kekuatan permulaan yang tinggi diinginkan.
- Tipe IIIA : Semen air entraining yang penggunaannya 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.

Syarat Mutu Semen Portland komposit

- Syarat kimia untuk semen portland komposit : SO₃ maksimum 4,0%.

Syarat Fisika



Tabel 4. Syarat Fisika semen Portland Komposit

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan
1.	Kehalusan dengan alat <i>blaine</i>	m ² /kg	Min. 280
	Kekekalan dalam <i>autoclave</i>		
2.	- Pemuaian	%	Maks. 0,80
	- Penyusutan	%	Maks. 0,20
3.	Waktu pengikatan dengan jarum vicat	Menit	Min. 45
	- Pengikatan awal	Menit	Max. 375
	- Pengikatan akhir		
4.	Kuat tekan	Kg/cm ²	Min 125
	- Umur 3 hari	Kg/cm ²	Min 200
	- Umur 7 hari	Kg/cm ²	Min 250
	- Umur 28 hari		
5.	Peningkatan semu		
	Penetrasi akhir	%	Min 50
6.	Kandungan udara dalam mortar	% volume	Maks. 12

Sumber: SNI 15-7064-2004

2. Agregat Halus

Agregat halus untuk beton/mortar adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai ukuran butir 5 mm. (Sugianto dan Sebayang, S. 2005)



Gambar 12. Agregat Halus (pasir)



Syarat-syarat agregat halus berdasarkan PBI 1971 N-2 adalah :

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca , seperti terik matahari dan hujan.
- b. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan aduk agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
- d. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan harus memenuhi syarat-syarat berikut :
 - Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
 - Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
 - Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.
- e. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu mortar, kecuali dengan petunjuk lembaga yang diakui.

Agregat yang dipakai untuk campuran adukan atau mortar harus memenuhi syarat yang ditetapkan dengan batasan ukuran agregat halus yang dapat dilihat pada

Tabel 5. berikut:

Tabel 5. Gradasi agregat halus untuk adukan/mortar



No.	Saringan Diameter (mm)	Persen Lolos (%)	
		Pasir Alam	Pasir Olahan
4	4,76	100	100

No.	Saringan	Persen Lolos (%)	
	Diameter (mm)	Pasir Alam	Pasir Olahan
8	2,36	90-100	95-100
16	1,18	70-100	70-100
30	0,6	40-75	40-75
50	0,3	Okt-35	20-40
100	0,15	Feb-15	Okt-25
200	0,075	0	0-10

Sumber: SNI 03-6820-2002

Unsur perusak yang terkandung dalam agregat halus menurut (SNI 03-6820-2002) dibatasi sebagai berikut :

- a. Partikel yang mudah pecah maksimum 1,0 %
- b. Tidak mengandung zat organik
- c. Partikel ringan yang terapung pada cairan dengan berat jenis 2,0 maksimum 0,5 %
- d. Kadar lumpur maksimum 5 %
- e. Bebas dari kotoran. (SNI 03-6820-2002)

3. Air

Air yang dimaksudkan disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan beton, pemadaman kapur, adukan pasangan dan adukan plesteran (mortar). (PUBI-1982)

Air merupakan komponen penting dari campuran pasta dan mortar yang memegang salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Kualitas air mempengaruhi kekuatan pasta dan mortar, maka kemurnian dan kualitas air untuk campuran pasta dan mortar perlu mendapat perhatian. Air untuk pembuatan dan perawatan pasta dan mortar tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, bahan-bahan organik, atau bahan lain yang dapat merusak pasta dan mortar. Sebaiknya digunakan air bersih, air tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh, tidak berasa,

dan minimum.

Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi yang terjadi antara semen dan air yang menyebabkan campuran tersebut



menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tersebut. Berdasarkan PBI 1971 N-2 air untuk perawatan dan pembuatan mortar tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan-bahan organik, atau bahan lain yang dapat merusak mortar atau tulangnya.

Persyaratan air sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI-1982), antara lain:

- 1) Air harus bersih.
- 2) Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- 3) Tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram / liter.
- 4) Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram / liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m. sebagai SO₃.
- 5) Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi

Tabel 6. Batas dan izin kandungan air untuk campuran beton/mortar

Kandungan	Batas yang diizinkan
pH	4,5 - 8,5
Bahan Padat	2000 ppm
Bahan Terlarut	2000 ppm
Bahan Organik	2000 ppm
Minyak	2% berat semen
Sulfat (SO₃)	10000 ppm
Chlor (Cl)	10000 ppm

Sumber: Bahan dan Praktek Beton, 1999 dalam Arya Imam 2012



E. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan volume air.

Dimana pengujian berat jenis yang ingin diketahui disini terbagi menjadi tiga yaitu:

1. Berat jenis kering (Bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Dengan rumus yang digunakan yaitu :

$$BJ \text{ Kering} = \frac{BJ \text{ Semu}}{BJ \text{ kering Semu} - BJ \text{ Kering Permukaan}} \quad (1)$$

2. Berat jenis kering permukaan /SSD yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

$$BJ \text{ Kering Permukaan} = \frac{BJ \text{ Kering}}{BJ \text{ Semu} - BJ \text{ Kering Permukaan}} \quad (2)$$

3. Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

$$BJ \text{ Semu} = \frac{BJ \text{ Kering}}{BJ \text{ Kering} - BJ \text{ Kering Permukaan}} \quad (3)$$

F. Kuat Tekan

Kuat tekan mortar adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji mortar hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan

in tekan. Kuat tekan merupakan sifat yang paling penting bagi mortar beton. Kuat tekan dimaksud sebagai kemampuan suatu material untuk suatu beban tekan.



Berdasarkan SNI 03-6825-2002, kuat tekan mortar dapat dihitung dengan rumus :

$$f'm = \frac{p}{A} \quad (4)$$

Keterangan :

$f'm$ = Kuat tekan mortar (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm²)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan pasta dan mortar diantaranya adalah faktor air semen, jumlah semen, umur mortar, dan sifat agregat.

a. Faktor air semen (f a s)

Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran pasta atau mortar. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai f.a.s maka semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai f.a.s. yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai f.a.s. yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.

b. Jumlah Semen Pada mortar dengan f.a.s sama, mortar dengan kandungan semen lebih banyak belum tentu mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, demikian pula pastinya, menyebabkan kandungan pori lebih banyak daripada mortar dengan kandungan semen yang lebih sedikit. Kandungan pori inilah yang mengurangi kekuatan mortar. Jumlah semen dalam mortar mempunyai nilai optimum tertentu yang memberikan kuat tekan tinggi.

c. Umur Mortar Kekuatan mortar akan meningkat seiring dengan bertambahnya umur dimana pada umur 28 hari pasta dan mortar akan memperoleh kekuatan yang diinginkan.

Sifat Agregat Sifat agregat yang berpengaruh terhadap kekuatan ialah bentuk, kekasaran permukaan, kekerasan dan ukuran maksimum butir



agregat. Bentuk dari agregat akan berpengaruh terhadap *interlocking* antar agregat.

G. Penyerapan Air

Penyerapan air dalam mortar adalah untuk mengetahui sampai dimana batas air pada mortar dapat menyerap air. Untuk mengetahui besarnya nilai penyerapan air dari mortar dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{m_j - m_k}{m_k} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan : M_j = massa sampel jenuh (gram)

M_k = massa sampel kering (gram)

H. Lindi/*leachate* pada mortar

Leachate adalah cairan yang keluar dari suatu benda solid yang terkontaminasi oleh zat-zat pencemar yang ditimbulkan dari suatu limbah yang mengalami proses pembusukan. Menurut EPA *leachate* adalah suatu cairan yang mencakup semua komponen di dalam cairan tersebut sehingga cairan tersebut tersaring dari limbah berbahaya.

Proses *leaching* (lindi) pada mortar/beton umumnya terjadi akibat adanya moisture baik yang berasal dari dalam mortar/beton maupun akibat lingkungan. Air yang berada pada mortar/beton akan masuk ke inti mortar/beton melalui pori-pori. Proses hidrasi/pengikatan pada mortar/beton akan menghasilkan suatu beberapa senyawa seperti Ca(OH)_2 dan Calcium Silicate Hydroxide (C-S-H) dan kapur (CaO). Senyawa-senyawa tersebut akan mudah bergerak ke permukaan mortar/beton dengan air melalui pori-pori sehingga mampu merusak permukaan

beton dan mengakibatkan kerusakan. Selanjutnya senyawa-senyawa akan mengalami proses evaporasi dan membentuk suatu kristal putih pada an beton/mortar.



I. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai plastik sebagai bahan substitusi pada beton ataupun mortar sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Dany Rahmatullah (2017) melakukan penelitian dengan tujuan utamanya yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan biji plastik LDPE dan batu skoria terhadap karakteristik beton ringan struktural dan untuk mendapatkan proporsi campuran yang optimal. Penelitian tersebut melakukan pengujian bahan dari agregat kasar ringan (biji plastik LDPE dan batu skoria), agregat halus dan sifat mekanis beton ringan struktural yang meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastis dan berat isi beton. Benda uji yang digunakan berupa silinder beton ukuran 15 cm x 30 cm dan 10 cm x 20 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan untuk nilai kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastis beton tersebut menurun seiring dengan penambahan proporsi biji plastik LDPE. Namun dengan penambahan biji plastik LDPE tersebut bertas isi beton semakin ringan. sehingga dari semua kriteria beton ringan struktural yang ditentukan, proporsinya dapat memenuhi baik dari segi kuat tekan, kuat tarik dan berat isinya.

Penelitian selanjutnya yaitu Studi Alternatif Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Kemasan Air mineral Pada Campuran Beton penelitian yang dilakukan oleh Indah Handayasari (2017). Penelitian dilakukan dengan menggunakan bahan baku plastik kemasan air mineral sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus dalam pembuatan beton. Hasil penelitian yang dicapai menunjukkan bahwa dengan penambahan 5% limbah plastik kemasan air mineral pada campuran beton mampu memenuhi karakteristik beton dan berkualitas lebih baik dari beton konvensional serta dapat menjadi alternatif bahan konstruksi yang ramah lingkungan.

Selanjutnya yaitu penelitian oleh Izzuddin (2014) dengan judul penelitian yaitu “Pengaruh Penambahan Serat Limbah Botol Plastik Terhadap Karakteristik dan Susut Repair Mortar” tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat limbah botol plastik pada berbagai kadar serat serta prosentase penambahan serat limbah botol plastik optimum



dalam menghasilkan mortar sebagai bahan perbaikan yang paling memenuhi syarat kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lekat serta susut. Hasil dari analisi menunjukkan bahwa semakin besar prosentase penambahan serat limbah botol plastik akan menyebabkan kuat desak, kuat lekat dan susut repair mortar cenderung turun. Sedangkan kuat tarik lentur repair mortar akan mencapai maksimal pada penambahan serat limbah botol plastik.

Selanjutnya yaitu penelitian mengenai penggunaan abu sekam padi sebagai material pengganti semen terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton. Penelitian dilakukan oleh Loly Siti Khadijah Lubis (2004). Metode penelitian yang digunakan adalah kajian eksperimental dilaboratorium, setiap bahan yang digunakan pada percobaan diuji terlebih dahulu. Pada penelitian dilakukan tujuh variasi kadar ASP berdasarkan pengurangan berat semen yaitu 0%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari berat semen. Pengganti semen dengan ASP dalam campuran memiliki titik optimum. Pada hasil penelitian kadar maksimum ASP adalah 20% dari berat semen. Karena pada kadar tersebut terjadi peningkatan kuat tekan dan kuat tarik beton. Jika kadar ASP yang digunakan melebihi titik optimum maka akan terjadi penurunan kuat tekan dan kuat tarik beton.

Arbain Tata dkk (2016) melakukan penelitian mengenai Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sikap Mekanis Beton. Tujuan penelitian yaitu untuk mengkaji seberapa besar pengaruh abu sekam padi terhadap kuat tekan, kuat lentur dan elastisitas beton. Hasil penelitian diperoleh pada pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan variasi abu sekam padi sebanyak 0%, 2,5%, 7,5% dan 10% terhadap berat pasir diperoleh kuat tekan optimum sebesar 18,24 Mpa pada variasi penambahan 8,0% abu sekam padi. Pada pengujian kuat lentur beton dengan menggunakan variasi abu sekam padi sebanyak 0%, 2,5%, 7,5% dan 10% terhadap berat pasir diperoleh kuat lentur optimum sebesar 6,38 Mpa pada variasi penambahan 2,5% abu sekam padi. Pada pengujian elastisitas beton dengan menggunakan variasi abu sekam padi 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% terhadap berat pasir diperoleh semakin penambahan abu sekam padi maka semakin besar elastisitas beton.



Iwan setiawan (2017) melakukan penelitian mengenai Abu Sekam Padi Tanpa Proses Untuk Material Beton Ramah Lingkungan. Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui waktu efektif grinding ASP dengan kerikil pada proses pembuatan beton dan efektifitas penambahan ASP terhadap kuat tekan beton. Benda uji dibuat dalam bentuk silinder dengan diameter 10cm dan tinggi 20 cm. Pengujian kuat tekan benda uji pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari dan pengujian visual dilakukan dengan Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). Adapun hasil yang dapat diketahui dalam penelitian ini. 1) Untuk beton yang menggunakan abu sekam padi waktu grinding 12 menit merupakan waktu optimum karena menghasilkan nilai kuat tekan yang sama dengan abu sekam padi yang di saring dengan saringan No.200 (ukuran partikel 40-80 μm); 2) Penambahan Abu sekam padi pada beton sebesar 15% dengan durasi grinding 12 menit menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih besar jika dibandingkan dengan beton normal tanpa abu sekam pada umur 28 hari. Potensi penggunaan abu sekam padi pada beton sangat besar jika dilakukan metode grinding dengan agregat.; 3) Penggunaan abu sekam padi sebesar 15% pada pembuatan beton dapat mereduksi jumlah CO₂ dari hasil produksi semen sebesar 0.135 ton untuk produksi 1 ton semendan juga memberi kuat tekan yang lebih tinggi dengan biaya pembuatan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan beton normal.

Penelitian yang dilakukan yaitu mengenai penggunaan limbah plastik PP dan abu sekam padi yang akan digunakan sebagai bahan penambah dimana, plastik PP sebagai bahan substitusi untuk pasir dan abu sekam padi sebagai bahan substitusi untuk semen. Pada penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian mengenai penggunaan limbah plastik sebagai bahan substitusi pasir pada mortar dan penggunaan abu sekam padi sebagai bahan substitusi semen pada mortar. Dalam penelitian kali ini akan dilakukan kombinasi mengenai penggunaan limbah plastik PP sebagai bahan substitusi pasir pada mortar dan penggunaan abu sekam padi sebagai bahan substitusi semen dan efeknya terhadap kuat tekan dan plastik *leachate* mortar.

