

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Limbah

Limbah merupakan bahan sisa atau bekas dari suatu kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah dari aslinya berdasarkan keputusan Menperindag RI No 231/MPP/Kep/7/1997 Pasal 1. Adanya limbah sering kali tidak diinginkan bagi masyarakat karena dapat mengakibatkan dampak negatif bagi manusia maupun lingkungan sekitar limbah tersebut. Limbah juga dibedakan dari beberapa jenis berdasarkan bentuk, sumber dan sifatnya.

2.1.1. Jenis Limbah Berdasarkan Bentuknya

Pada dasarnya limbah terdiri dari berbagai macam dan jenis, untuk memudahkan dalam pengelompokannya limbah dapat dibedakan berdasarkan bentuknya. Jenis limbah berdasarkan bentuknya dapat dibagi seperti berikut:

- a. Limbah cair merupakan limbah yang berbentuk cairan yang dihasilkan oleh aktifitas manusia yang dapat mencemari lingkungan.
- b. Limbah gas adalah limbah yang bentuk gas yang dihasilkan dari proses pembakaran atau kegiatan manusia yang mencemari udara di sekitar lingkungan
- c. Limbah padat dapat dikatakan limbah yang berbentuk padat yang berasal dari sisa sisa proses pengelolaan bahan produksi.

2.1.2. Jenis Limbah Berdasarkan Sumbernya

Perlunya dalam pengelompokkan limbah berdasarkan sumbernya guna untuk memudahkan dalam pemisahan atau pengelompokkan limbah tersebut. Jenis limbah berdasarkan sumbernya dapat dibedakan seperti berikut:

- a. Limbah rumah tangga adalah limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah tangga yang biasa disebut limbah domestik.

- b. Limbah pertanian adalah limbah yang dihasilkan oleh kegiatan pertanian yang berupa daun, ranting pohon dan lain lain.
- c. Limbah konstruksi adalah limbah yang dihasilkan oleh sisa sisa konstruksi yang tidak digunakan seperti tahap pembangunan, perbaikan maupun perubahan.
- d. Limbah industri adalah limbah yang dihasilkan oleh sisa sisa bahan pada proses pabrik atau industri yang sudah tidak dipakai.
- e. Limbah rumah sakit adalah limbah yang dihasilkan oleh sisa sisa bahan medis berupa jarum suntik, infus dan bahan bahan medis lainnya yang sudah tidak terpakai.
- f. Limbah radioaktif adalah limbah yang dihasilkan oleh sisa sisa hasil penggunaan pemanfaatan teknologi nuklir.

2.1.3. Jenis Limbah Berdasarkan Sifatnya

Pada limbah terdapat banyak jenis dan macam limbah untuk mempermudah diperlukan dalam pengelompokkan limbah berdasarkan sifatnya. Jenis limbah berdasarkan sifatnya dapat dibedakan sebagai berikut:

- a. Limbah relative adalah limbah yang bersifat mudah bereaksi dengan oksigen dan limbah organaik perosida yang tidak stabil dalam suhu tinggi yang akan mengakibatkan kebakaran.
- b. Limbah korosi adalah limbah yang berasal dari logam yang mudah membuat logam berkarat atau korosi.
- c. Limbah beracun adalah limbah yang mengakibatkan kematian jika masuk ke dalam tubuh makhluk hidup dan berbahaya bagi lingkungan sekitar.
- d. Limbah mudah terbakar adalah limbah yang mudah terbakar jika terkena percikan api bahan yang dapat membuat kebakaran.
- e. Limbah mudah meledak adalah limbah yang dapat bereaksi yang menghasilkan gas dengan suhu tekanan tinggi yang dapat merusak lingkungan sekitar.

Adapun karakteristik limbah antara lain berukuran kecil, bersifat dinamis, berdampak luas penyebarannya, dan berdampak jangka panjang.

2.2. *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*

Aspal merupakan bahan *hidrokarbon* yang bersifat *adhesive* (melekat), berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, *visoelastis* dan juga disebut sebagai *bitumen* yang merupakan bahan pengikat yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan lapis perkerasan lentur atau *flexible pavement*. Sulistyorini, D. (2018). *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* merupakan sisa sisa kerukan lapis perkerasan jalan yang tidak dipergunakan karena dengan laju perkembangan jalan nasional yang perlu diberi perbaikan dan pemeliharaan saat mengalami kerusakan akibat beban lalu lintas yang.

Kerusakan yang terjadi pada lapis permukaan aspal akan dikelupas dan dibuang setelah itu dikasih pelapisan baru. Hasil dari pengelupasan permukaan aspal yang rusak akan menjadi limbah dan dijadikan sebagai urugan. Maka dari itu perlunya ide dan inovasi untuk mengubah bahan tersebut agar menjadi produk yang bernilai. Kiswara. (2007). *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* sebagai agregat halus dengan kadar 40% sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton 15.85%.



Gambar 2.1 Limbah *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*

Sumber : Dokumentasi, 2019

2.3. *Fly Ash*

Fly Ash (abu terbang) dapat didefinisikan sebagai butiran halus hasil dari pembakaran batubara menurut ASTM C618 (ASTM, 1995:304). *Fly Ash* yang

berupa serbuk atau butiran halus yang sangat ringan dan berwarna keabu abuan merupakan material *oksida anorganik* yang mengandung *silika* sebanyak 58,2%. Himawan, & Darma. (2000). *Fly Ash* merupakan mineral *admixture* yang berasal dari limbah hasil pembakaran batubara yang sudah tidak digunakan. Dalam material ini mempunyai kadar yang merupakan bahan semen yang cukup tinggi dan mempunyai sifat *pozzolanik*. *Fly Ash* dikelompokkan menjadi 3 kelas menurut ASTM C 618-03 sebagai berikut:

2.3.1. *Fly Ash* Tipe Kelas C

Pada kelas tipe C mengandung CaO lebih dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite*, untuk kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ lebih dari 50%, serta kandungan Na_2O mencapai 10% dan untuk digunakan pada campuran beton digunakan 15% - 35% dari semua total berat binder.

2.3.2. *Fly Ash* Tipe Kelas F

Pada kelas tipe F mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthrachite*, untuk kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ lebih dari 70%, serta kandungan Na_2O kurang dari 5% dan untuk digunakan pada campuran beton digunakan 15% - 25% dari semua total berat binder.

2.3.3. *Fly Ash* Tipe Kelas N

Nandia. (2017). Pada kelas tipe N merupakan hasil dari pembakaran yang digolongkan sebagai berikut tanah diatomic, opaline chertz, shales, tuff dan abu vulkanik. Dari hasil pembakaran tersebut mempunyai sifat pozzolan yang cukup baik.

Dari penjelasan dari ketiga jenis *Fly Ash* diatas maka diambil jenis kelas yang cocok untuk digunakan sebagai campuran mortar *geopolimer* yaitu jenis kelas tipe C dan jenis kelas tipe F. untuk perbandingan campuran *geopolimer* kelas tipe C dapat menghasilkan kuat tekan lebih besar dari pada jenis kelas tipe F.



Gambar 2.2 Limbah *Fly Ash*

Sumber : Dokumentasi, 2019

2.4. Alkali Aktivator

Pada penggunaan alkali aktivator sangat penting dalam campuran geopolimer karena memiliki peranan penting dalam unsur pengikatan dengan *Fly Ash* sehingga menimbulkan reaksi yang disebut dengan *polimerisasi* untuk mempercepat proses reaksi antara Alkali Aktivator dengan *Fly Ash*. Bahan pembentuk alkali aktivator sebagai berikut:

2.4.1. *Sodium Hidroksida*

Hardjito, D dan Rangan, B. (2005). *Sodium Hidroksida* berfungsi sebagai mereaksikan unsur Al dan Si yang terdapat pada *Fly Ash* sehingga mendapatkan ikatan *polimer* yang kuat. *Sodium hidroksida* harus dilarutkan dengan air sesuai molaritas yang diinginkan dan larutan harus didinginkan dan didiamkan selama 24 jam sebelum digunakan. Nandia. (2017). *Sodium hidroksida* berbentuk putih padat, serpihan dan larutan jenuh 50% yang bersifat lembab cair dan menyerap karbondioksida. NaOH yang larut dalam air akan melepaskan panas jika dilarutkan.



Gambar 2.3 Soda Api (*Sodium Hidroksida*)

Sumber : Dokumentasi, 2019

2.4.2. *Sodium Silikat*

Sodium silikat bisa dibuat dengan dua cara yaitu dengan proses kering dan basah. Pada proses kering SiO_2 (pasir) dicampur dengan *sodium carbonate* dengan *potassium carbonate* pada suhu hingga 1100° - 1200° C. Nandia. (2017). Dari hasil reaksi tersebut menghasilkan *cutlets* (kaca) yang akan dilarutkan ke dalam air pada tekanan tinggi sehingga menjadi cairan bening dan kental. Pada proses basah SiO_2 (pasir) akan dicampur dengan sodium hidroksida melalui proses filtrasi yang akan menghasilkan *silikat* yang murni.

Pada *sodium silikat* dibagi menjadi dua yaitu padat dan larutan, pada penggunaan campuran mortar biasanya dipakai *sodium silikat* yang berbentuk larutan. *Sodium silikat* juga mempunyai peranan atau fungsi penting dalam proses *polimerisasi* sebab sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi pada *polimerisasi* tersebut.



Gambar 2.4 *Sodium Silikat*

Sumber : Dokumentasi, 2019

2.5. Mortar

Menurut Tjokrodimuljo, K. (1996) Mortar merupakan campuran antara agregat halus, air dan bahan pengikat yang dicampur atau diaduk secara homogen. Bahan mortar sering digunakan pada pekerjaan plesteran, pemasangan batu bata dan masih banyak lagi. Bahan perekat yang sering digunakan antara lain tanah liat, kapur, semen merah dan semen *Portland*.

2.5.1. Jenis Mortar

Jenis mortar menjadi 4 jenis menurut Tjokrodimulyo. (2017). Antara lain:

a. Mortar Lumpur

Pada jenis ini biasanya dipakai dalam pembuatan bahan tungku api dan sebagai bahan tembok. Campuran yang digunakan yaitu campuran pasir, tanah liat atau tanah lumpur dan air.

b. Mortar Kapur

Pada jenis ini biasanya dipakai pada pembuatan bahan tembok bata. Campuran yang digunakan yaitu campuran pasir, kapur dan air.

c. Mortar Semen

Pada jenis ini biasanya dipakai untuk pembuatan kolom, pilar, tembok, dan bagian lainya yang menahan beban. Campuran yang digunakan yaitu campuran pasir, semen Portland dan air.

d. Mortar Khusus

Pada jenis ini biasanya dipakai untuk bahan isolasi panas dan peredam suara. Pada mortar ini dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar kapur maupun mortar semen untuk tujuan tertentu.

2.5.2. Jenis Mortar Berdasarkan Kekuatan

Adapun standart mortar berdasarkan kekuatannya menurut ASTM C 270 sebagai berikut:

a. Mortar tipe M

Pada tipe ini biasanya dipakai pada pekerjaan dinding (penahan dan batu bata) , pasangan pondasi, pasangan pipa dan adukan untuk jalan. Jenis mortar ini memiliki kuat tekan minimum sebesar 175 kg/cm^2 .

b. Mortar tipe N

Pada tipe ini memiliki kuat tekan sedang. Dan kuat tekan minimum sebesar 124 kg/cm^2 . Biasanya jika tipe M tidak diisyaratkan dipakai tipe N.

c. Mortar tipe S

Pada jenis ini memiliki kuat tekan sedang dan biasanya dipakai untuk pasangan terbuka diatas tanah. Jenis mortar ini memiliki kuat tekan minimum sebesar $52,5 \text{ kg/cm}^2$.

d. Mortar tipe O

Pada jenis ini memiliki kuat tekan rendah, biasanya dipakai untuk pekerjaan dinding yang tidak menahan beban lebih dari 7 kg/cm^2 serta gangguan terhadap cuaca dan keadaan sekitar. Jenis mortar ini memiliki kuat tekan minimum sebesar $24,5 \text{ kg/cm}^2$.

e. Mortar tipe K

Pada jenis ini memiliki kekuatan rendah, biasanya dipakai untuk pekerjaan yang tidak menahan beban serta pemasangan dinding terlindung. Pada jenis ini memiliki kuat tekan minimum sebesar $5,25 \text{ kg/cm}^2$.

Mortar harus memenuhi kriteria pada bahan bangunan, menurut Tjokrodimuljo. (2007:80). Mortar harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Murah
- b. Tahan lama terhadap cuaca maupun keadaan lingkungan
- c. Mudah dikerjakan
- d. Melekat dengan baik pada batu bata, maupun batu
- e. Cepat kering dan keras
- f. Bersifat kedap air
- g. Tidak menimbulkan retak-retak sesudah dipasang

2.6. Geopolimer

Pujianto, (2013). *Geopolimer* merupakan suatu bahan sintesis seperti *Fly Ash* dan lainnya dimana banyak mengandung *silika* dan *alumina* yang membentuk senyawa *silika alumina anorganik*. Rangan, (2014). Untuk melarutkan unsur *alumina* dan *silika* yang digunakan pada *geopolimerisasi* merupakan kombinasi dari gabungan *sodium hidroksida* dan *sodium silikat*.

2.6.1. Kelebihan Penggunaan Geopolimer

Berikut merupakan kelebihan dari penggunaan *geopolimer*:

- a. Pada penggunaan *geopolimer* lebih tahan terhadap reaksi *alkali silika*.
- b. Penggunaan *geopolimer* juga sebagai pengganti penggunaan semen sebagai bahan pengikat dan mengurangi polusi udara sekitar.
- c. Penggunaan *geopolimer* juga tahan terhadap lingkungan korosif yang sangat bagus untuk penggunaan di pinggir pantai atau sebagai bangunan *break water*.

2.6.2. Kelemahan Penggunaan Geopolimer

Dan berikut juga kelemahan dari penggunaan *geopolimer*:

- a. Pada pembuatan beton *geopolimer* lebih rumit dari pada beton konvensional karena membutuhkan bahan alkaline sebagai aktifator.
- b. Belum ada peraturan tentang campuran yang sesuai dalam pembuatan beton *geopolimer*.
- c. Untuk penyerapan air beton geopolimer mampu menyerap kurang dari 3% air.

2.7. Setting Time

Setting time yaitu pasta akan mengalami proses pengikatan, setelah pasta mengikat kemudian akan mengeras. Lama pengikatan pasta tergantung dari komponen komposisi senyawa dalam pasta termasuk dengan suhu udara disekelilingnya, waktu yang dibutuhkan pasta untuk menjadi keras terhitung sejak mulai reaksi pada saat pencampuran semua material sehingga menjadi pasta dan kuat menahan tekanan. Tujuan *setting time* yaitu untuk menentukan jumlah aktivator (air) yang digunakan sebagai penghasil pasta. Ada dua jenis *setting time*, berikut penjelasannya :

- a. Waktu ikat awal adalah lama waktu saat material pasta dicampur dari keadaan plastis menjadi tidak plastis. Pada jangka waktu awal pencampuran sampai dengan kondisi setengah keras yang ditandai *setting* bereaksi setengah atau sebagian.
- b. Waktu ikat akhir adalah waktu yang terbentuk saat pasta keadaan plastis sampai dengan pasta sudah dalam keadaan mengeras. Pada jangka waktu pencampuran sampai dengan pasta sudah mengeras dan dapat dilepaskan dari cetakan. *Setting time* berakhir dengan ditandai selesainya reaksi *hydration* dan panas dilepaskan. ASTM C191-04a

Rumus yang digunakan sebagai mencari waktu yang dibutuhkan pada saat membaca skala telah mencapai angka penurunan 25 mm. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} = \frac{(y - y_1)}{(y_2 - y_1)} \dots\dots\dots 2.1$$

Kerangan :

- x = Waktu ikat awal
- x₁ = Waktu penurunan sebelum 25 mm
- x₂ = Waktu penurunan setelah 25 mm
- y = Penurunan waktu ikat (25 mm)
- y₁ = Penurunan sebelum 25 mm
- y₂ = Penurunan setelah 25 mm

2.8. Kuat Tekan

Kuat tekan mortar merupakan kemampuan mortar dalam menahan gaya luar yang searah. Mortar yang akan digunakan dalam bahan bangunan harus mempunyai kekuatan terutama pada pasangan batu bata, batako maupun pasangan dinding lainnya. (Susilowati,A.dkk. 1999,dalam M.Ibnu. 2007). Tata cara pengujian kuat tekan mortar biasanya menggunakan ASTM C 2001. Dibawah ini merupakan rumus yang sering digunakan untuk menghitung kuat tekan pada mortar yaitu:

$$\text{Kuat Tekan Mortar} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan:

P = Beban Maksimum (N)

A= Luas Penampang (*mm*²)

Kuat tekan akan menjadi penentu untuk menentukan mutu dan kualitas mortar yang ditentukan oleh penggunaan agregat seperti perbandingan dalam campuran antara agregat halus dengan binder menurut Gambhir, (1986).

2.9. Standart Deviasi

Standart deviasi merupakan analisa tingkat kualitas dalam mengukur nilai penyimpangan (deviasi) pada nilai kuat tekan mortar. Jika nilai penyimpangan

pada mortar lebih besar maka nilai kuat tekan mortar akan semakin kecil. Standart deviasi dipengaruhi oleh tingkat pengawasan jika tingkat pengawasannya semakin baik maka tingkat standart deviasinya semakin kecil dan begitu sebaliknya menurut Yogi.K dan Priyanto.S (2012).

Dibawah ini rumus untuk menghitung standart deviasi yaitu :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana:

- S = Standart Deviasi
- xi = Data Kuat Tekan Dari Setiap Benda Uji
- \bar{x} = Data Kuat Tekan Rata Rata Dari Setiap Benda Uji
- n = Jumlah Benda Uji

Berikut cara menghitung kovarian yaitu

$$\text{Kovarian} = \frac{s^2}{\mu} \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana :

- S = Standart Deviasi
- μ = Rata Rata

Tabel 2.1 Kualitas Kontrol Devisiasi Kuat Tekan Beton

Kelas Oprasi	Variasi Keseluruhan				
	Sd Untuk Standar Kontrol Yang Berbeda (Kgf/Cm2)				
	Istimewa	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Pengujian Konstruksi Umumnya	< 28,1	28,1 - 35,2	35,2 - 42,2	42,2 - 49,2	> 49,2
Percobaan Laboratorium	< 14,1	14,1 - 17,6	17,6 - 21,1	21,1 - 24,6	> 24,6
Kelas Oprasi	Sd Untuk Standar Kontrol Yang Berbeda (Mpa)				
Percobaan Laboratorium	< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 5,0	> 5,0

Sumber : Tata Cara Mengevaluasi Hasil Uji Kuat Beton (SNI 03 – 6815 – 2002)

2.10. Penelitian Terdahulu

Sebelumnya penelitian tentang limbah *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) digunakan sebagai campuran beton *geopolimer* dengan *fly ash* pernah dilakukan.

2.9.1. Agnieszka Wozzuk, Lidia Bandura, dan Wojciech Franus (2019)

Dalam penelitian tersebut dikatakan penambahan abu terbang, void udara berkisar antara 1,2% sampai 1. 6% dalam kasus kelas F dan dari 1,3% menjadi 2,8% dalam kasus kelas C *fly ash*. Air dan embun beku perlawanan adalah 96% E104% dan 102% E104%, masing-masing untuk sampel dengan penambahan kelas F dan kelas C *fly ash*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua kelas *fly ash* dapat diterapkan sebagai alternatif mineral pengisi, karena rongga udara serta ketahanan terhadap air dan embun beku dari campuran aspal yang diperoleh memenuhi standar.

2.9.2. S Horpibulsuk, M Hoy, P Witchayaphong, R Rachan dan A Arulrajah (2017)

Dalam penelitian tersebut dikatakan bahwa hasil dari TCLP menunjukkan bahwa tidak ada risiko lingkungan untuk bahan-bahan stabil. Selain itu, FA *geopolimer* dapat mengurangi pelindian logam berat dalam campuran RAP-FA. Hasil dari penelitian ini menegaskan kelangsungan hidup menggunakan campuran RAP-FA dan geopolimer RAP-FA sebagai bahan perkerasan berkelanjutan alternatif.

2.9.3. Mahesh Babu Jallu dan Sireesh Saride (2019)

Dalam penelitian tersebut dikatakan bahwa untuk menguji perilaku tangguh dari bahan dasar trotoar distabilkan dengan alkali diaktifkan kalsium abu terbang Indian rendah, yang diperoleh dari wilayah selatan India. Efek aditif pada struktur mikro RAP: campuran VA + FA yang diverifikasi untuk satu hari dan 28 hari sembuh sampel

menggunakan difraksi sinar-X (XRD) studi. Karena UCS dan Mr nilai memenuhi persyaratan kekuatan fikasi tertentu, campuran stabil dapat digunakan sebagai bahan dasar trotoar.

2.9.4. Apichat Suddeepong, Artit Intra, Suksun Horpibulsuk, Cherdak Suksiripattanapong, Arul Arulrajah, dan Jack Shuilong Shen (2017)

Dalam penelitian tersebut dikatakan bahwa penggantian CR juga menghasilkan peningkatan kadar semen, $w / [C (1 + kCRc)]$ diusulkan sebagai parameter kritis untuk mengembangkan qu_0 dan $qu (wd)$ persamaan prediksi di mana w adalah kadar air pada kadar air optimum , C adalah konten semen, k adalah pengganti e FFI efisiensi, dan CRC adalah konten CR. Berdasarkan $qu (wd)$ persamaan prediksi dikembangkan di sini, prosedur desain untuk pencampuran laboratorium semen-stabil RAP / campuran CR diusulkan,

