

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Manajemen Proyek

3.1.1 Pengertian Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknik terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal, baik dalam hal kinerja biaya, mutu, waktu, maupun keselamatan kerja. Berangkat dari definisi manajemen proyek di atas, konsep-konsep manajemen proyek dapat diterapkan dalam pembuatan *paving*.

Manajemen Proyek adalah sebuah disiplin keilmuan dalam hal perencanaan, pengorganisasian, pengelolaan (menjalankan serta pengendalian), untuk dapat mencapai tujuan-tujuan proyek.

3.1.2 Unsur-unsur Manajemen

Terdapat beberapa unsur manajemen, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Tujuan

Tujuan yaitu sasaran yang ingin dicapai dalam optimasi biaya, mutu, dan waktu.

2. Pemimpin

Pemimpin adalah seseorang yang mengarahkan suatu organisasi dalam mencapai sasaran dan tujuan.

3. Sumber-sumber daya yang terbatas

Sumber-sumber daya yang terbatas yang utama biasa disebut dengan 5M, yaitu *man* (manusia), *material* (material), *machine* (mesin), *method* (metode), dan *money* (biaya). Berikut adalah uraian mengenai 5M.

a. *Man* (manusia)

Man yang dimaksud merujuk pada sumber daya manusia atau tenaga kerja dalam sebuah proyek. Tenaga kerja merupakan faktor yang sangat menentukan, karena sumber daya manusia yang membuat tujuan dan tenaga kerja pula yang melakukan proses untuk mencapai sebuah tujuan. Tanpa adanya sumber daya manusia, proyek tidak akan berjalan.

b. *Material* (Material)

Untuk mencapai hasil yang lebih baik dalam dunia usaha, selain tenaga kerja dalam bidangnya juga harus mempertimbangkan material ataupun bahan yang baik. Material dan tenaga kerja tidak dapat dipisahkan, karena tanpa material yang baik, tidak akan tercapai hasil yang dikehendaki.

c. *Machine* (Mesin)

Mesin digunakan untuk memberi kemudahan dalam sebuah pekerjaan, menambah keuntungan, serta menciptakan efisiensi kerja. Penggunaan mesin dalam sebuah usaha dapat menghemat waktu dan tenaga bagi para tenaga kerja, sehingga keuntungan yang didapatkan akan jauh lebih besar.

d. *Method* (Metode)

Metode yaitu tata cara kerja yang dapat memperlancar jalannya sebuah pekerjaan. Metode dapat dinyatakan sebagai panduan pelaksanaan kerja dengan memberikan berbagai pertimbangan kepada sasaran, fasilitas-fasilitas yang tersedia dan penggunaan waktu, serta biaya dan kegiatan usaha. Metode yang baik belum tentu memberikan hasil yang baik, karena diperlukan tenaga kerja yang memiliki pengalaman baik, sehingga hasilnya akan memuaskan.

e. *Money* (Biaya)

Biaya merupakan salah satu unsur yang tidak dapat diabaikan. Besar-kecilnya hasil kegiatan dapat diukur dari jumlah biaya yang beredar dalam suatu perusahaan. Oleh karena itu, biaya atau uang merupakan alat yang penting untuk mencapai tujuan, karena segala sesuatu harus diperhitungkan

secara rasional. Hal ini berhubungan dengan harga pokok produksi dan keuntungan yang akan dicapai.

4. Kegiatan

Kegiatan atau fungsi-fungsi manajemen proyek meliputi perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian.

a. Perencanaan (*Planning*)

Pada fungsi perencanaan dilakukan penetapan sasaran dan tujuan yang akan dicapai serta menentukan kebijakan pelaksanaan, program yang akan dilakukan, jadwal pelaksanaan, prosedur pelaksanaan secara administratif dan operasional serta alokasi anggaran biaya dan sumber daya.

Perencanaan harus dibuat dengan cermat, lengkap, terpadu dan tingkat kesalahan seminimal mungkin. Perencanaan harus terus disempurnakan secara berulang untuk menyesuaikan perkembangan dan perubahan yang terjadi pada proses selanjutnya.

b. Pengorganisasian (*Organizing*)

Pada fungsi pengorganisasian dilakukan identifikasi dan pengelompokan pekerjaan, penentuan delegasi wewenang dan tanggung jawab. Untuk menggerakkan sebuah organisasi, pemimpin harus mampu mengarahkan organisasi dan menjalin komunikasi dalam hierarki organisasi. Semua dibangkitkan melalui tanggung jawab dan partisipasi dari semua pihak.

Struktur organisasi yang sesuai dengan kebutuhan proyek dan kerangka penjabaran tugas personel penanggung jawab yang jelas, serta kemampuan personel sesuai dengan keahliannya, akan diperoleh hasil positif bagi sebuah organisasi.

c. Pelaksanaan (*Actuating*)

Fungsi pelaksanaan adalah implementasi dari perencanaan yang telah ditetapkan dengan melakukan tahapan pekerjaan yang sesungguhnya secara fisik atau nonfisik, sehingga produk akhir sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan. Dalam tahap ini masih banyak terjadi perubahan dari

rencana yang telah ditetapkan, karena perencanaan bersifat subyektif. Pada tahap pelaksanaan, pihak-pihak yang terlibat lebih beragam, sehingga dibutuhkan koordinasi yang baik untuk mencapai keserasian dan keseimbangan kerja, dan juga pada tahap ini telah ditetapkan konsep pelaksanaan serta personel yang terlibat dalam organisasinya, lalu secara detail menetapkan jadwal, program, alokasi biaya dan sumber daya yang digunakan.

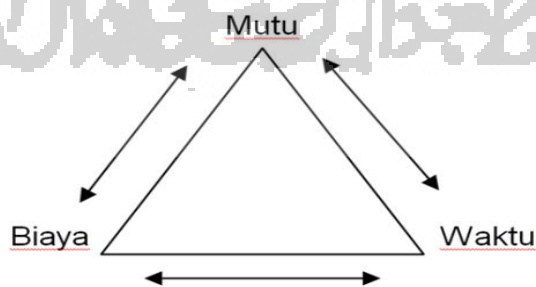
d. Pengendalian (*Controlling*)

Pengendalian dimaksudkan untuk memastikan program dan aturan kerja yang telah ditetapkan dapat dicapai sebaik-baiknya dan didapatkan hasil yang memuaskan.

Unsur-unsur manajemen telah diterapkan dalam pembuatan *paving block porous*, misalnya meliputi fungsi perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian.

3.1.3 Kinerja Proyek

Kinerja sebuah proyek dapat diukur dengan indikator kinerja biaya, mutu, dan waktu. Perencanaan sumber daya manusia, material, peralatan, dan biaya harus direncanakan dengan teliti, cermat, dan terpadu. Semua ini diselaraskan dengan sasaran dan tujuan proyek. Gambar 3.1 merupakan gambar hubungan antara biaya, mutu, dan waktu.



Gambar 3.1 Segitiga Manajemen Proyek

Standar kinerja proyek selama proses produksi berlangsung harus ditetapkan sedetail dan seakurat mungkin untuk meminimalkan penyimpangan, agar hasilnya optimal. Biaya, mutu, dan waktu merupakan tolok ukur kinerja proyek untuk mencapai sasaran dan tujuan proyek. Aspek biaya, mutu, dan waktu (atau produktivitas) akan dikaji dalam inovasi pembuatan *porous paving block*.

Unsur-unsur manajemen pada *porous paving block* berfokus kepada material, karena pada inovasi ini terdapat perubahan ataupun penambahan material bahan susun *paving block*. Dimana *porous paving block* bertujuan untuk mencari mutu *paving block* yang baik walaupun secara fisik *paving* tersebut sangat porous atau berongga. Material atau bahan susun yang digunakan dalam *porous paving block* akan dibahas lebih lanjut pada Sub bab 3.4.

3.1.4 Pengendalian Proyek

Pengendalian merupakan salah satu fungsi dan proses kegiatan dalam manajemen proyek yang sangat mempengaruhi hasil akhir proyek. Tujuan utama pengendalian proyek adalah meminimalisasi segala penyimpangan yang dapat terjadi selama keberlangsungan proyek.

Pengendalian adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan tujuan dan sasaran perencanaan, merancang, sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar, menganalisis kemungkinan penyimpangan, lalu melakukan tindakan koreksi yang diperlukan agar sumber daya dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran dan tujuan (R.J Mockler, 1972).

Kegiatan yang dilakukan pada proses pengendalian yaitu pengawasan, pemeriksaan, serta tindakan koreksi yang dilakukan selama proses implementasi. Pengendalian yang dapat dilakukan bersangkutan dengan pengendalian biaya, mutu, dan waktu.

1. Pengendalian Biaya

Biaya dalam suatu proyek perlu dikendalikan, agar biaya pelaksanaan proyek menjadi wajar dan sesuai rencana, serta harga jual suatu produk dapat bersaing di pasaran. Pengendalian biaya sangat dipengaruhi oleh waktu pelaksanaan dan mutu dari produk yang dihasilkan.

2. Pengendalian Mutu

Dalam pelaksanaan sebuah proyek perlu dilakukan pengendalian mutu, agar mutu atau kualitas dari sebuah produk dapat dipertanggungjawabkan sesuai dengan syarat atau spesifikasi yang telah ditentukan. Mutu yang baik dapat meningkatkan daya saing serta memberikan kepuasan bagi para pelanggan.

3. Pengendalian Waktu

Pengendalian waktu sangat diperlukan, karena waktu pelaksanaan yang berkaitan dengan produktivitas akan sangat mempengaruhi biaya. Waktu produksi dapat menimbulkan kerugian jika produksi terlambat dari yang direncanakan, namun dapat menguntungkan apabila produksi dapat dipercepat.

3.2 *Paving Block*

3.2.1 *Definisi Paving Block*

Paving block (bata beton) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu (SNI 03-0691-1996).

Paving block adalah bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen, pasir dan air, sehingga karakteristiknya hampir mendekati dengan karakteristik mortar. *Paving block* memiliki nilai estetika yang bagus, karena selain memiliki bentuk segiempat ataupun segibanyak dapat pula berwarna seperti aslinya ataupun diberikan zat pewarna dalam komposisi pembuatan. *Paving block* ini sendiri berfungsi untuk lantai yang banyak digunakan diluar bangunan serta tidak boleh retak-retak dan cacat. (Smith, 1979 dalam Malawi, 1996 dalam Artiyani 2010)

3.2.2 Syarat Mutu *Paving Block*

Standar mutu yang harus dipenuhi *paving block* untuk lantai menurut SNI 03-0691- 1996 adalah sebagai berikut.

1. Sifat tampak *paving block* harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah dirapikan dengan kekuatan jari tangan, dan terdapat celah guna air mengalir melaluinya.
2. *Paving block* juga memiliki berbagai macam bentuk dan pola yang ada seperti Gambar 3.2 berikut:



Sumber: <https://indonesia-conblock.com/model-paving-block-di-indonesia/>

Gambar 3.2 Bentuk-Bentuk *Paving Block*

3. *Paving block* dibuat dengan panjang antara 200-250 mm, dengan lebar antara 100-112 mm.
4. *Paving block* harus mempunyai tebal minimum 60 mm dengan toleransi + 8 %
5. *Paving block* harus mempunyai kekuatan fisik pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Kekuatan Fisik *Paving Block* Sesuai SNI

Mutu	Kuat Desak (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks.(%)
	Rata-rata	Min.	Rata-rata	Maks.	
A	40	35	0,09	0,103	3
B	20	17	0,13	0,149	6
C	15	12,5	0,16	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber : SNI 03- 0691- 1996

Keterangan :

- Mutu A : jalan raya
- Mutu B : area parkir
- Mutu C : pejalan kaki/ trotoar
- Mutu D : taman dan penggunaan lain

6. *Paving block* apabila diuji dengan magnesium sulfat tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperbolehkan maksimum 1%.

3.2.3 Klasifikasi *Paving Block* Berdasarkan Cara Pembuatannya dan Aturan

Ketebalan yang Dipakai

Berdasarkan cara pembuatannya *paving block* dapat digolongkan dalam beberapa jenis yaitu :

1. *Paving block press* manual/tangan. Diproduksi secara manual dengan tangan, *paving block* jenis ini termasuk jenis beton kelas D (K 50-100). *Paving block press* manual umumnya digunakan untuk perkerasan non struktural, seperti halaman rumah, trotoar jalan, dan perkerasan lingkungan dengan daya beban rendah, paving jenis ini lah yang dipakai peneliti.
2. *Paving block press* mesin vibrasi/getar. *Paving block* jenis ini diproduksi dengan mesin *press* sistem getar dan umumnya memiliki mutu beton kelas C-B (K150-250). Dalam pemakaiannya *Paving block press* mesin vibrasi ini banyak digunakan sebagai alternatif perkerasan di pelataran garasi rumah dan lahan parkir.

3. *Paving block press* mesin hidrolik. Paving jenis ini diproduksi dengan cara dipress menggunakan mesin *press* hidrolik dengan kuat tekan di atas 300 kg/cm². *Paving block press* hidrolik dapat dikategorikan sebagai *paving block* dengan mutu beton kelas B-A (K 300-450). Pemakaian paving jenis ini dapat digunakan untuk keperluan non struktural maupun untuk keperluan struktural yang berfungsi untuk menahan beban yang berat yang dilalui di atasnya, seperti: areal jalan lingkungan hingga sebagai perkerasan lahan pelataran terminal peti kemas di pelabuhan (Wintoko, 2007).

Klasifikasi *paving block press* mesin hidrolik berdasarkan ketebalannya. *Paving block* yang diproduksi secara umum mempunyai ketebalan 60 mm, 80 mm, dan 100 mm. Dalam penggunaannya dari masing-masing ketebalan *paving block* dapat disesuaikan dengan kebutuhan sebagai berikut.

1. *Paving block* dengan ketebalan 60 mm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas ringan yang frekuensinya sedikit atau terbatas pada pejalan kaki dan kadang-kadang sedang.
2. *Paving block* dengan ketebalan 80 mm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas sedang yang frekuensinya terbatas pada pick up, truck, dan bus.
3. *Paving block* dengan ketebalan 100 mm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas berat seperti, crane, loader, dan alat berat lainnya. *Paving block* dengan ketebalan 100 mm ini sering dipergunakan di kawasan industri dan pelabuhan.

3.2.4 Keunggulan dan Kelemahan *Paving Block*

Keunggulan dari *paving block* adalah sebagai berikut.

1. *Paving block* lebih mudah dihamparkan dan langsung dapat digunakan tanpa harus menunggu pengerasan seperti pada beton,
2. Perbandingan harganya yang lebih rendah daripada jenis pekerjaan perkerasan yang lain,

3. Daya serap air tinggi melalui celah yang ada pada *paving block* sehingga dapat mengurangi genangan air,
4. Bentuk yang beragam menjadikan perkerasan yang menggunakan *paving block* mempunyai banyak pilihan bentuk, sehingga bentuk estetis perkerasan dapat diperlihatkan, dan pelaksanaannya mudah sehingga tidak membutuhkan alat berat, serta dapat diproduksi secara massal.
5. Pemeliharaannya lebih mudah dan dapat dipasang kembali setelah dibongkar

Kelemahan *paving block* adalah sebagai berikut :

1. Pasangan *paving block* mudah bergelombang apabila pondasinya tidak dipasang dengan kuat, dan sangat tidak nyaman jika kendaraan melaju kencang melewati *paving block* yang bergelombang.
2. *paving block* kurang cocok digunakan untuk lahan yang dilalui dengan kendaraan berkecepatan tinggi di lingkungan permukiman dan perkotaan yang padat.
3. Sering terjadi pemasangan yang kurang cocok, sehingga mudah lepas dari sambungannya dan menghasilkan jalan yang tidak merata.

3.3 Porous Paving Block

Porous paving block merupakan salah satu *paving block* yang memiliki porositas tinggi atau tembus air, paving ini dibuat dengan campuran air, semen, dan agregat kasar, tanpa agregat halus (pasir). Memasukan agregat kasar yang cukup banyak membuat paving ini memiliki banyak rongga untuk meresapnya air dari permukaan. Dalam pembuatan *porous paving block* yang di tinjau adalah metode pencampuran, ukuran dan komposisi agregat, ketebalan, serta proporsi kebutuhan bahan (semen, agregat, air). Paving jenis ini yang sudah dicetak dapat diuji kuat desak, uji permeabilitas, penyerapan air dan uji keausannya.



Gambar 3.3 Contoh Penggunaan *Porous Paving Block* di Taman

3.4 Bahan Susun *Porous Paving Block*

Material yang digunakan dalam pembuatan *paving block* sama dengan material yang digunakan pada pembuatan beton. Hanya saja ada sebagian *paving block* yang tidak menggunakan agregat kasar (kerikil). Dalam Sub Bab 3.1.1 telah dijelaskan bahwa bahan susun *paving block* adalah semen portland, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambah. Berikut adalah penjelasan dari bahan susun *paving block*.

3.4.1 Semen *Portland*

Semen *portland* atau semen hidrolis merupakan bahan ikat yang banyak digunakan dalam pembangunan fisik. Semen portland disebut semen hidrolis karena kemampuannya bereaksi dengan air dan mengeras di dalam air. Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat, selain itu untuk mengisi rongga-rongga antar agregat sehingga menjadi suatu massa padat.

Bahan dasar semen terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika, alumina dan oksida besi. Dalam produksi semen, oksida-oksida berinteraksi satu sama lain, sehingga terjadi perubahan susunan kimia yang kompleks. Pada dasarnya terdapat 4 unsur yang paling penting, yaitu :

1. Trikalsium Silikat (C3S) atau $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, merupakan unsur paling dominan dalam memberikan sifat semen. Jika semen terkena air, maka C3S akan segera berhidrasi dan menghasilkan panas, serta berpengaruh terhadap proses pengerasan semen terutama 14 hari pertama.
2. Dikalsium Silikat (C2S) atau $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, kandungan C2S dan C3S di dalam semen mencapai 70-80% dan merupakan unsur yang paling dominan dalam memberikan sifat semen. C2S bereaksi lebih lambat dengan air dibandingkan dengan C3S. Pengaruhnya terdapat pada pengerasan semen setelah 7 hari dan memberikan kekuatan akhir. Unsur C2S membuat semen tahan terhadap serangan kimia dan mengurangi susut pengeringan.
3. Trikalsium Aluminat (C3A) atau $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, kandungannya 8 - 12%. Unsur C3A berhidrasi secara eksotermis dan bereaksi sangat cepat serta memberikan kekuatan setelah 24 jam.
4. Tetrakalsium Aluminoferat (C4AF) atau $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, kandungannya 6 - 10%. Unsur ini tidak begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton.

Kekuatan semen yang sudah mengeras tergantung pada jumlah air yang digunakan saat proses hidrasi. Jumlah air yang digunakan untuk proses hidrasi yaitu $\pm 25\%$ berat semen. Penambahan air akan menambah workability pada proses pencampuran, campuran dapat diangkut dengan mudah, dapat dicetak dan dipadatkan dengan baik. Usahakan jumlah air sesedikit mungkin agar pori-pori berkurang dan kuat tekan *paving block* tinggi, karena kelebihan air akan mengakibatkan kekuatan *paving block* berkurang.

Pada beton maupun bata beton dikenal nilai yang menunjukkan jumlah air yang diberikan pada beton atau bata beton, yaitu nilai faktor air semen (fas). Nilai fas didapatkan dari perbandingan berat air dengan berat semen.

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI) 1982, terdapat 5 jenis semen berdasarkan tujuan pemakaiannya. Berikut adalah 5 jenis semen berdasarkan tujuan pemakaiannya.

1. Jenis I : merupakan semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II : merupakan semen portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : merupakan semen portland yang penggunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi
4. Jenis IV : merupakan semen portland yang penggunaannya menuntut panas hidrasi rendah.
5. Jenis V : merupakan semen portland yang penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

3.4.2 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan bata beton yang penting dan paling murah. Air berfungsi sebagai reaktor semen dan pelumas antar butir agregat. Kandungan kimia dan atau organik dalam air dapat mempengaruhi kualitas bata beton.

1. Air laut yang mengandung 3,5% larutan garam (sodium klorida dan magnesium sulfat) yang dapat mengurangi kekuatan bata beton sampai 20%.
2. Air yang mengandung gula $> 0,05\%$ dapat memperlambat ikatan awal dan menurunkan kekuatan bata beton.
3. Air yang mengandung seng klorida akan memperlambat ikatan awal beton, bahkan dalam jumlah yang cukup banyak akan menyebabkan bata beton yang berumur 2-3 hari belum memiliki kekuatan awal.

Berikut adalah persyaratan air menurut SNI 03-6861-1-2002.

1. Harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
2. Tidak mengandung benda-benda bersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.

4. Kandungan klorida (Cl) < 0,5 gram/liter, dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO₃.
5. Jika dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan beton yang menggunakan air suling, penurunan kekuatan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.

3.4.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat, tajam dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,075-5 mm (SNI 03-1750-1990). Agregat halus digunakan sebagai *filler* dalam campuran *paving block* sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi penggunaan semen. Pasir merupakan salah satu bahan campuran *paving block* yang diklasifikasikan sebagai agregat halus. Agregat halus merupakan agregat yang lolos saringan No.8 dan tertahan pada saringan No.200. Volume agregat pada bata beton sangat berpengaruh terhadap sifat-sifatnya, serta dapat memberikan kekuatan pada bata beton, sehingga kualitas agregat sangat mempengaruhi mutu *paving block* yang akan dihasilkan. Agregat yang digunakan untuk mendapatkan bata beton dengan kualitas baik paling tidak memiliki dua kelompok ukuran. Kelompok agregat halus memiliki ukuran butir $\leq 4,5$ mm, sedangkan kelompok agregat kasar memiliki ukuran butir $\geq 4,5$ mm. Umumnya agregat dipisahkan menurut ukuran butirnya, yaitu:

1. Ukuran butir > 40 mm disebut batu.
2. Ukuran butir 4,8 – 40 mm disebut agregat kasar/kerikil/split.
3. Ukuran butir $\leq 4,8$ mm disebut agregat halus/pasir.

Agregat dengan ukuran butir < 1,2 mm disebut dengan pasir halus, sedangkan ukuran butir < 0,075 mm disebut *silt*, dan ukuran butir < 0,002 mm disebut *clay*.

Persyaratan agregat halus menurut SNI 03-1750-1990 adalah sebagai berikut.

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras serta gradasinya menerus. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari ataupun hujan.
2. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 1,50 - 3,80.
3. Kadar lumpur/bagian butir yang lebih kecil dari 75 mm maksimum 5%.
4. Kadar zat organik ditentukan dengan larutan NaOH 3%, jika dibandingkan dengan warna standar, tidak lebih tua daripada warna standar (sama).
6. Kekerasan butir, jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kuarsa Bangka, memberikan hasil bagi tidak lebih besar dari 2,20.

3.4.4 Agregat Kasar

Agregat kasar (*Coarse Aggregate*) biasa juga disebut kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu, dengan butirannya berukuran antara 4,75 mm - 150 mm. Ketentuan agregat kasar antara lain:

- Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya, bila melampaui harus dicuci.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.
- Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam dari batu pecah.
- Agregat kasar harus lewat tes kekerasan dengan bejana penguji Rudeloff dengan beban uji 20 ton.
- Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
- Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Coarse Aggregate* antara 6 – 7,5.

Jenis agregat kasar yang umum adalah:

- Batu pecah alami : Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali.
- Kerikil alami : Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
- Agregat kasar buatan : Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
- Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat : Agregat kasar yang diklasifikasi disini misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit.

3.5 Bahan Tambah Sekam Padi

Bahan tambah untuk *paving block* pada penelitian ini menggunakan sekam padi. Sekam padi yang dijadikan bahan tambah relatif banyak, kurang lebih (30 – 85 %) dari perbandingan berat semen. Bahan tambah merupakan bahan yang nantinya ditambahkan atau selain bahan utama dalam pembuatan perkerasan bata beton yang antara lainnya (semen, air, agregat halus). Secara tradisional, sekam padi digunakan sebagai bahan pencuci alat-alat dapur dan bahan bakar dalam pembuatan batu bata. Penggilingan padi selalu menghasilkan kulit gabah/sekam padi yang cukup banyak yang akan menjadi material sisa. Bulir padi jika melalui proses penggilingan, 78% dari beratnya akan menjadi beras dan akan menghasilkan 22% berat kulit sekam.



Sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Rice_hulls

Gambar 3.4 Sekam Padi (*Rice Husk*)

Ditinjau data komposisi kimiawi, sekam mengandung beberapa unsur kimia penting seperti dapat dilihat di bawah ini. Suharno (1979) :

1. Kadar air : 9,02%
2. Protein kasar : 3,03%
3. Lemak : 1,18%
4. Serat kasar : 35,68%
5. Abu : 17,17%
6. Karbohidrat dasar : 33,71%

Komposisi kimia sekam padi menurut DTC – IPB :

- Karbon (zat arang) : 1,33%
- Hidrogen : 1,54%
- Oksigen : 33,64%
- Silika : 16,98%

Dengan komposisi kandungan kimia seperti di atas, sekam dapat di manfaatkan untuk bahan baku pada industri bahan bangunan, terutama kandungan silika (SiO_2) yang dapat digunakan untuk campuran pembuatan semen Portland, bahan isolasi, husk-board dan campuran industri bata merah.

3.6 Abu Batu dari Limbah Penggergajian Batu

Abu batu merupakan material vulkanis yang berasal dari limbah hasil penggergajian batu andesit. Industri kecil penggergajian batu andesit banyak dijumpai di daerah Cangkringan, Kabupaten Sleman Yogyakarta yang merupakan wilayah industri material vulkanis. Abu batu umumnya berwarna abu-abu dan terdiri dari butiran halus. Abu batu sering digunakan menjadi tambahan bahan sampingan sebagai kombinasi dari adukan beton. Karena hanya berupa bahan buangan, abu batu mudah didapatkan dan bisa dinilai ekonomis dari segi harga. Selain sebagai

kombinasi dari adukan beton, abu batu juga dapat dijadikan sebagai filler pembuatan paving.

Dalam penelitian ini, digunakan abu batu sebagai filler pembuatan paving sebab sifat abu batu yang sangat halus. Sifat abu batu akan menggumpal jika terkena air, sedangkan sifat pasir yang baik akan tetap sulit menggumpal jika terkena air. Penggunaan abu batu dalam kombinasi bahan bangunan bisa menjadi alternatif dalam menghemat penggunaan semen dan sebagai pengganti filler (pengisi).

3.7 Pengujian *Paving Block*

3.7.1 Kuat Desak *Paving Block*

Kuat desak *paving block* adalah besaran beban yang mampu ditahan persatuan luas sebuah *paving block* hingga *paving block* tersebut hancur akibat gaya desak. Alat pengujian kuat desak dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5 Alat Pengujian Kuat Desak *Paving Block*

Secara matematis kuat desak *paving block* menurut SNI 03- 0691-1996 ditentukan dengan rumus pada Persamaan 3.1 berikut :

$$\sigma^b = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$A = p \times l \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

$\sigma'b$ = Kuat desak

P = Beban ultimit

A = Luas bidang desak

p = Panjang benda uji

l = Lebar benda uji

3.7.2 Keausan *Paving Block*

Keausan *paving block* adalah kemampuan *paving block* dalam menerima gaya gesek yang menyebabkan permukaan benda tersebut semakin menipis. Pengujian ini dilakukan dengan cara menggosok permukaan *paving block* dengan mesin uji yang mempunyai kecepatan tertentu secara terus-menerus selama beberapa menit. Alat pengujian keausan dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Alat Pengujian Keausan *Paving Block*

Keausan *paving block* dihitung dengan rumus seperti pada Persamaan 3.3 sebagai berikut :

$$D = 1,26 G + 0,0246 \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

D : Keausan (mm/menit)

G : Kehilangan berat/ lama pengausan (gram/menit)

3.7.3 Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air adalah persentase dari perbandingan antara selisih massa basah dengan massa kering, pengeringan menggunakan oven yang tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi UII. Oven dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Oven Pemanas Benda Uji

Pengujian penyerapan air dapat dihitung dengan Persamaan 3.4 berikut :

$$\text{Daya penyerapan air} = \frac{mb - mk}{mk} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

mb = massa basah benda uji (gr)

mk = massa kering benda uji (gr)

3.7.4 Permeabilitas

Pengujian Permeabilitas ini untuk mengetahui kecepatan resapan air pada *paving block*, pengujian ini menggunakan bahan yang berupa kaca akriik dan lem *sealant* seperti di Gambar 3.8 berikut ini.



Gambar 3.8 Uji Permeabilitas

Pengujian permeabilitas dapat dihitung dengan Persamaan 3.5 sebagai berikut:

$$\text{koefisien permeabilitas} = \frac{V}{A \cdot T} \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

A = Luas penampang (cm²)

V = Volume Air yang lolos (cm³)

T = Waktu yang dibutuhkan untuk meloloskan air (detik)