

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian-Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi ini ditujukan untuk memberikan Batasan-batasan dalam penelitian. Penelitian ini nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengacu kepada referensi yang digunakan, diharapkan pengembangan dari penelitian yang akan datang dapat melahirkan suatu hal inovasi baru yang belum ada pada referensi sebelumnya.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu Serat *Polypropylene*

No.	Penulis	Judul	Bahan	Hasil Pengujian
1.	– Andi Yusra – Lissa Opirina – Andrisman Satria Isma	Pengaruh Penambah Serat <i>Polypropylene</i> Pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi (Tahun 2020)	– Semen – Agregat Kasar (batu pecah) – Agregat Halus (pasir) – Air – Abu Kerak Boiler cangkang sawit – <i>Superplasticizer</i> – Serat <i>Polypropylene</i>	persentase optimum campuran serat polypropylene dalam beton berada 0,5% yang menghasilkan kuat tekan sebesar 55,74 MPa.
2.	– Novia Puja – Vera Agustriana – Laksmi Irianti	Pengaruh Penambah Serat Baja dan Serat <i>Polypropylene Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton</i> (Tahun 2020)	– Agregat Kasar – Semen – Air – Agregat halus – Serat Baja – Serat <i>Polypropylene</i>	Pada kuat Lentur beton penambahan serat baja akan meningkat seiring bertambahnya <i>volume fraction</i> serat baja. Penambahan serat <i>Polypropylene</i> pada beton tidak mempengaruhi kuat lentur beton.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu Serat Ijuk

No	Penulis	Judul	Bahan	Hasil Penelitian
1.	– Ros Anita S – Johan Oberlyn – Josua Marganda S	Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Kuat Tekan Beton (Tahun 2022)	– Semen – Agregat Halus – Agregat Kasar – Serat Ijuk – Belerang – Oli	Dari pengujian kuat tekan terjadi penurunan kuat tekan rata-rata beton pada beton serat 4 cm sebesar 1,40% pada beton serat 6 cm sebesar 4,20% dan untuk Beton serat 8 cm mengalami penurunan sebesar 7,90%.
2.	– Fauzan, ST., MM.	Pengaruh Penggunaan Ijuk Pada Campuran Komposit Beton (Tahun 2020)	– Semen – Agregat Halus – Agregat Kasar – Serat Ijuk	Pada umur beton 28 hari kuat lentur rata rata 6,00 MPa pada komposisi serat ijuk 1% lebih tinggi 11,94% dari beton dengan komposisi 0% (Beton normal) yaitu lenturnya rata-rata 5,36 MPa.
3.	– Dyah Rinjani Ratu Pertiwi – Drs. Bambang Sabariman, ST., MT.	Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang. (Tahun 2017)	– Semen – Air – Agregat Halus – Agregat Kasar – Serat Ijuk.	Beton dengan kadar serat 1% dan 3% dapat Meningkatkan kuat lentur dan kekakuan balok dibandingkan balok control beton normal 0%, sedangkan untuk hasil yang optimum adalah

				Beton dengan kadar serat 1%
--	--	--	--	-----------------------------

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu Serat Ban

No	Penulis	Judul	Bahan	Hasil Penelitian
1.	<ul style="list-style-type: none"> – R. Dedi Iman Kurnia – Iskandar Azis – Faisal 	Studi Variasi Penambahan Serat Karet Ban Bekas Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Faktor Air Semen 0,5 (Tahun 2019)	<ul style="list-style-type: none"> – Semen – Air – Agregat – Serat Karet Ban Bekas 	<p>Hasil pengujian kuat tekan yang diperoleh untuk Beton Normal, Beton Serat Ban Bekas 1, Beton Serat Ban Bekas 2 dan Beton Serat Ban Bekas 3 masing - masing adalah 31.33 MPa, 30.79 MPa, 30.51 MPa, dan 29.65 MPa.</p> <p>Hasil pengujian kuat tarik belah Beton Normal adalah sebesar 2.81 MPa. Untuk Beton Normal Serat 1, Beton Normal Serat 2 dan Beton Normal Serat 3 adalah 3.10 MPa, 3.38 MPa dan 3.17 MPa.</p>
2.	<ul style="list-style-type: none"> – Edo Ageng Anggara – Firdaus 	Pengaruh Penambahan Potongan Karet Ban Terhadap Kuat	<ul style="list-style-type: none"> – Agregat Kasar, – Agregat Halus, – Air, 	Pada tiap persentase benda uji seperti beton normal memiliki nilai kuat lentur

		Lentur Beton (Tahun 2022)	– Semen, – Potongan Karet Ban.	rata-rata sebesar 3,25 Mpa, persentase 5% memiliki nilai kuat lentur rata-rata sebesar 4,31 Mpa dan 15% memiliki nilai kuat lentur rata- rata sebesar 4,82 Mpa, artinya ada kenaikan nilai kuat lentur beton normal sebesar 3,25 Mpa.
--	--	------------------------------	--------------------------------------	--

2.2 Agregat

Agregat (*aggregate*) didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan solid. ASTM (1974) mendefinisikan agregat atau batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar maupun berupa fragmen-fragmen. Agregat atau batuan merupakan komponen utama dari perkerasan jalan yang mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan campuran material lain.

2.2.1 Klasifikasi Keseluruhan Agregat

1. Berdasarkan Proses Transaksional

Ditinjau dari asal kejadiannya, Agregat/batuan dapat dibedakan berdasarkan asalnya pada batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf.

a. Batuan Beku (*Igneous Rock*)

Batuan Beku adalah batuan yang berasal dari magma yang mendingin dan mengdingin, yang dapat dibedakan dari batuan beku ekstrusif dan batuan beku intrusif. Batuan beku ekstrusif terbuat dari bahan yang keluar saat gunung berapi meletus ke tanah, di mana ia didinginkan dan dibekukan oleh pelapukan. Biasanya berbutir halus, seperti batu apung, andesit, basal, obsidian, dll. Magma membentuk batuan beku dalam yang tidak bisa lepas dari permukaan. Magma mendingin dan perlahan mengeras, memiliki struktur kasar dan ditemukan di tanah. Jenis batuan beku ini adalah granit, gabro, diorit dll.

b. Batuan Sedimen

Sedimen berasal dari campuran partikel material, sisa-sisa hewan dan tumbuhan. Ini biasanya lapisan kerak bumi yang terbentuk akibat sedimentasi danau, laut, dan sejenisnya. Batuan sedimen dapat dibedakan berdasarkan cara pembentukannya:

- Batuan sedimen ini secara mekanis terbentuk dari tanah liat dll. Batuan ini banyak mengandung silika.
- Batuan sedimen, seperti batu kapur, batubara, opal, dan lain-lain.
- Batuan sedimen yang terbentuk secara kimia seperti batu kapur, gipsum, batu api dan lain-lain.

c. Batuan metamorf

Berasal dari batuan sedimen atau batuan beku yang berubah bentuk akibat perubahan tekanan dan suhu di dalam kerak bumi. Batuan metamorf seperti marmer, kuarsit dan batuan metamorf berlapis seperti serpih, filit dan serpih dapat dibedakan berdasarkan strukturnya.

2. Berdasarkan Proses Pengolahannya

Berdasarkan proses pengolahannya, agregat yang digunakan pada perkerasan lentur dapat dibedakan menjadi agregat alami, agregat praproses dan agregat buatan.

a. Agregat Alam

Agregat yang digunakan begitu saja atau dengan sedikit pengolahan disebut agregat alami, yang dibentuk oleh erosi dan

pembusukan. Bentuk partikel agregat alam ditentukan oleh proses pembentukannya. Partikel bulat dengan permukaan halus terbentuk di aliran air sungai. Ketika agregat batuan pecah, partikel sudut dengan permukaan kasar terbentuk. Kerikil dan pasir sering digunakan sebagai agregat alam. Kerikil adalah agregat dengan ukuran partikel 1/4 inci tetapi lebih besar dari 0,075 mm (Ayakan No. 200). Berdasarkan tempat asalnya, agregat alam dapat dibedakan dengan agregat yang berasal dari tempat terbuka di alam, agregat yang berasal dari sungai dan sungai (endapan sungai).

b. Agregat yang mengalami proses pengolahan

Bukit atau bebukitan memiliki agregat yang masih berupa bukit, sehingga perlu dilakukan pengolahan sebelum dapat digunakan sebagai bahan konstruksi permukaan jalan. Yang menghasilkan agregat besar yang melebihi ukuran yang diinginkan. Agregat tersebut harus terlebih dahulu mengalami perengkahan untuk menghasilkan partikel bersudut (usahakan berbentuk kubus), permukaan partikel yang kasar untuk gesekan yang baik dan skala yang diinginkan. Alat penghancur batu harus digunakan dalam proses penghancuran agar ukuran agregat yang dihasilkan dapat dikontrol, yang berarti kualitas yang diharapkan dapat memenuhi persyaratan yang ditentukan.

c. Agregat Buatan

Mineral Filler Yang dimaksud dengan agregat buatan (partikel dengan ukuran $<0,075$ mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu (*stone crusher*).

3. Berdasarkan Ukuran Partikelnya

Berdasarkan ukuran partikel-partikelnya, agregat dapat dibedakan:

- a. Agregat Kasar, yaitu agregat $>4,75$ mm menurut ASTM atau >2 mm menurut AASHTO.
- b. Agregat Halus, yaitu agregat $<4,75$ mm menurut ASTM atau <2 mm dan $>0,075$ menurut AASHTO.

- c. Abu Batu/Mineral Filler, yaitu agregat halus yang umumnya lolos saringan NO.200.

2.2.2 Sifat Bahan Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya untuk membawa beban lalu lintas. Untuk lapisan permukaan, diperlukan material agregat berkualitas tinggi dengan sifat yang baik, yang langsung menerima beban lalu lintas dan meneruskannya ke lapisan bawah. Bahan pengisi yang menentukan kualitas bahan konstruksi permukaan jalan ini dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu:itu:

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan (*toughness and durability*) bentuk berbutir serta tekstur permukaan.
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas serta jenis agregat yang digunakan.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang dipengaruhi oleh tekanan geser (*skid resistance*) serta campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

2.2.3 Gradasi Dan Ukuran Maksimum Agregat

1. Gradasi

Gradasi atau distribusi partikel berbasis ukuran agregat penting dalam menentukan stabilitas pelapisan. Gradasi mempengaruhi ukuran ruang antara butir, yang menentukan stabilitas dan kemudahan aplikasi. Skala agregat diperoleh dari hasil analisis ayakan dengan menggunakan 1 set ayakan dengan ayakan paling kasar di atas dan ayakan paling halus di bawah, atau 1 set ayakan dari wadah hingga tutupnya. Analisis ayakan dapat dilakukan dengan menggunakan analisis kering atau basah menurut AASHTO T27-82, sedangkan analisis basah menurut AASHTO T11-82. Analisis basah biasanya digunakan bila agregat yang akan diperiksa mengandung butiran halus sehingga fraksi halus dapat diidentifikasi dengan

tepat. Jika agregat kasar bersih atau mengandung sangat sedikit agregat halus, analisis kering dapat digunakan. Skala agregat dapat dibedakan dari:

- a. Gradasi seragam (*uniform graded*), adalah agregat memiliki ukuran agregat yang hampir sama (mirip) atau mengandung agregat halus dalam jumlah sedikit sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Skala datar disebut juga skala terbuka. Agregat dengan gradasi seragam membentuk lapisan dengan sifat permeabilitas yang baik, stabilitas rendah dan massa satuan kering.
- b. Gradasi rapat (*dense graded*), merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam jumlah yang sama, sehingga disebut juga agregat terpilah baik (*well graded*). Agregat dinamakan bergadasi baik jika persen yang lolos lapis dari sebuah gradasi memenuhi:

$$P = 100 \left(\frac{d}{D}\right)^{0,45} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- P* : Persen lolos saringan dengan ukuran d mm
- d* : Ukuran agregat yang sedang diperhitungkan
- D* : Ukuran maksimal partikel dalam gradasi tersebut.

- c. Gradasi buruk (*poorly graded*), merupakan filler yang tidak sesuai dengan 2 (dua) kategori tersebut di atas. Agregat bergradasi buruk yang biasa digunakan dalam lapisan perkerasan lentur adalah kelas menengah, yang merupakan campuran agregat dengan satu fraksi yang hilang, sering disebut sebagai kelas menengah. Agregat retak membentuk lapisan perkerasan yang kualitasnya berada di antara kedua jenis di atas.

Sifat-sifat yang dimiliki oleh ketiga gradasi diatas dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini

Tabel 2.4 Sifat-sifat beberapa jenis agregat

Gradasi Seragam (Uniform Graded)	Gradasi Baik (Danse Graded)	Gradasi Jelek (Poorly Graded)
Kontak kantar butir baik	Kontak kantar butir baik	Kontak kantar butir baik

Kepadatan bervariasi tergantung dari segregasi yang terjadi	Seragam dan Kepadatan tinggi	Seragam tetapi kepadatan jelek
Stabilitas dalam keadaan terbatas (<i>confined</i>) tinggi	Stabilitas tinggi	Stabilitas sedang
Stabilitas dalam keadaan lepas rendah	Kuat menahan deformasi	Stabilitas sangat rendah dalam keadaan basah
Sulit dipadatkan	Sukar sampai sedang dalam usaha untuk mendapatkannya	Mudah dipadatkan
Mudah diserap air	Tingkat permeabilitas cukup	Tingkat permeabilitas rendah
Tidak dipengaruhi oleh variasi kadar air	Pengaruh variasi kadar air cukup	Sangat dipengaruhi oleh variasi kadar air

(sumber: AT Tenriajeng, 1999)

2. Ukuran maksimum partikel agregat

Semua lapis perkerasan lentur membutuhkan agregat yang bergradasi dari besar ke kecil, semakin besar ukuran partikel maksimum agregat yang digunakan, variasi ukuran yang lebih besar hingga kecil diperlukan. Batas ukuran maksimum yang dapat digunakan dibatasi oleh ketebalan lapisan yang diharapkan.

Penggunaan partikel filler yang besar menguntungkan karena:

- a. Dispersi partikel lebih sedikit, sehingga harganya lebih murah.
- b. Area yang akan diaspal lebih kecil, sehingga kebutuhan aspal juga berkurang.

Selain keuntungan yang telah disebutkan di atas, penggunaan agregat besar juga memiliki kelemahan, antara lain:

- a. Kemudahan melakukan pekerjaan menurun.
- b. Segregasi meningkat.
- c. Gelombang transversal dapat terjadi.

Ada dua cara untuk menentukan ukuran partikel filler, yaitu:

- a. Ukuran Terbesar adalah ukuran screen atau layar terkecil yang menempati 100% dari keseluruhan

- b. Ukuran Nominal Maksimum adalah ayakan terbesar yang filternya tidak menahan lebih dari 10% bahan agregat.

2.2.4 Daya Tahan Umum Agregat

Daya tahan agregat adalah daya tahan agregat agar tidak hancur atau pecah karena pengaruh mekanis atau hujan. Disintegrasi didefinisikan sebagai pemecahan agregat menjadi partikel yang lebih kecil oleh gaya pengisian, pemadatan atau beban lalu lintas. Namun, keruntuhan didefinisikan sebagai pemecahan agregat menjadi butiran halus sebagai akibat dari efek kimia seperti perbedaan suhu kelembaban, panas atau diurnal. Material agregat yang digunakan pada lapis perkerasan harus tahan terhadap pencampuran, pemadatan, beban lalu lintas berulang dan pembusukan (kehancuran) yang dapat terjadi selama umur jalan. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju degradasi meliputi:

1. Gradasi, gradasi terbuka (*open graded*) memiliki tingkat degradasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sortasi padat.
2. Jenis agregat, agregat lunak lebih banyak pecah daripada agregat keras.
3. Energi pemadatan, dengan energi pemadatan yang lebih tinggi, lebih banyak degradasi yang terjadi selama pemadatan.
4. Ukuran partikel, partikel yang lebih kecil memiliki tingkat degradasi yang lebih rendah daripada partikel besar.
5. Bentuk partikel, Partikel bulat pecah lebih dari kubik (bersudut).

2.2.5 Bentuk Dan Tekstur Agregat

Bentuk dan struktur bahan agregat mempengaruhi kestabilan lapisan permukaan jalan yang terbentuk dari bahan agregat tersebut.

Partikel filler agregat dapat berbentuk:

1. Bulat (*rounded*), Agregat bulat yang terdapat di sungai biasanya terkikis oleh air, sehingga biasanya berbentuk bulat. Partikel agregat bulat saling bersentuhan di area kontak kecil, yang mengurangi gaya penguncian dan memfasilitasi geser
2. Lonjong (*elongated*), Partikel agregat lonjong (memanjang), terdapat di sungai atau bekas sedimen sungai. Agregat dianggap oval jika dimensi terpanjangnya > 1,8 kali diameter rata-rata. Indeks yang diperluas adalah rasio persentase berat

agregat yang diperluas terhadap berat total. Sifat utamanya hampir sama dengan bentuk bulat.

3. Kubus (*cubical*), partikel berbentuk kubus adalah agregat yang dibentuk oleh penghancur batu, yang memiliki permukaan kontak yang lebih besar karena bentuk bidang datar untuk mencapai pemblokiran yang lebih besar. Stabilitas yang dicapai dengan cara ini lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi. Agregat berbentuk kubus ini paling baik digunakan sebagai bahan konstruksi untuk pekerjaan jalan.
4. Pipih (*flaky*), bisa jadi merupakan hasil dari alat penghancur batu atau sifat agregat yang cenderung rata saat dipatahkan. Bahan pengisi dianggap rata jika lebih dari 0,6 kali diameter rata-rata. Indeks flok adalah total massa agregat yang dilewati dibagi dengan total massa agregat yang tertahan dalam ukuran nominal. Agregat datar mudah hancur dengan pencampuran, pemadatan atau beban lalu lintas, sehingga agregat lembaran dibatasi jumlahnya dengan menggunakan nilai indeks kerataan yang diperlukan.
5. Tak Beraturan (*irregular*), Partikel agregat tidak teratur yang tidak teratur tidak termasuk di atas. Gesekan antar partikel juga menentukan stabilitas dan kapasitas beban lapisan pelapis. Besarnya gesekan dipengaruhi oleh jenis permukaan agregat, yang dapat dibedakan menjadi agregat kasar, agregat halus, agregat kaca dan agregat berpori. Gesekan terjadi terutama pada partikel dengan permukaan kasar, sudut gesekan internal antar partikel meningkat seiring dengan meningkatnya kekasaran permukaan pengisi. Selain itu, agregat yang lebih kasar lebih tahan terhadap deformasi yang disebabkan oleh pembentukan ikatan yang kuat antar partikel.

2.3 Semen Portland

Didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling klinker, yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, biasanya mengandung satu atau lebih kalsium sulfat sebagai aditif, yang ditumbuk bersama dengan bahan utama. (ASTM C-150, 1985).

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling klinker, terutama terdiri dari kalsium silikat hidrolis dengan tambahan gipsum (PUBI, 1982). Semen adalah bahan perekat yang mengikat agregat kasar dan agregat halus yang bercampur dengan air, membentuk suatu massa yang padat dan mengisi ruang-ruang kosong antar agregat.

Menurut ASTM dan Standar Nasional Indonesia (SNI), semen terbagi menjadi lima jenis, yaitu:

1. Tipe I (*Ordinary Portland Cement*)

Semen Portland Tipe I adalah jenis semen yang biasa digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi yang tidak terkena sulfat di dalam tanah atau terendam air.

2. Tipe II (*Modified Cement*)

Semen Portland Tipe II adalah semen yang memiliki panas hidrasi sedang atau lebih rendah daripada semen Portland Tipe I dan tahan terhadap sulfat. Semen ini cocok untuk daerah dengan suhu tinggi dan struktur drainase.

3. Tipe III (*Rapid-Hardening Portland Cement*)

Semen Portland tipe III menawarkan kuat tekan awal yang tinggi. Gunakan tipe III ini saat cetakan harus dibuka untuk digunakan nanti atau saat dibutuhkan kekuatan untuk konstruksi lebih lanjut. Semen tipe III ini tidak boleh digunakan dalam konstruksi massa beton atau dalam jumlah besar karena tingginya panas yang dihasilkan oleh reaksi beton.

4. Tipe IV (*Low-Heat Portland Cement*)

Semen Portland tipe IV digunakan ketika panas yang dihasilkan selama reaksi beton harus diminimalkan. Namun, dibutuhkan waktu lebih lama untuk mengembangkan kekuatan dibandingkan semen lainnya, namun hal ini tidak mempengaruhi kekuatan akhir.

5. Tipe V (*Sulphate-Resisting Cement*)

Semen Portland tipe V hanya digunakan untuk beton yang bersentuhan langsung dengan sulfat, biasanya di tanah atau air tanah dengan konsentrasi sulfat yang relatif tinggi. Semen tidak dapat bereaksi tanpa air sebagai bahan awal. Menurut Tjokrodinuljo (1992), perekat terdiri dari semen dan air, yang

setelah dicampur mengalami reaksi kimia, menjadi pasta dalam beberapa jam dan mulai melekat, dan menjadi keras dalam beberapa hari.

2.4 Air

Air merupakan salah satu bahan terpenting dalam produksi dan pengolahan beton. Peran air dalam produksi beton adalah untuk mempromosikan reaksi kimia semen dan sebagai pelumas antara semen dan agregat untuk memudahkan penanganannya. Air yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25-30% dari berat semen (Tjokrodinuljo, 1996)

Syarat-syarat reaksi air yang baik dalam produksi beton menurut PUBLI 1982 adalah sebagai berikut:

1. Air yang digunakan harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak atau benda mengambang lainnya yang terlihat.
3. Tidak mengandung padatan tersuspensi di atas 2gr/l.
4. Tidak mengandung garam yang dapat melarutkan dan merusak beton di atas 5gr/lt.

2.5 Serat

2.5.1 Pengertian Serat

Serat merupakan inklusi yang secara sahaja dicampurkan kepada mempertinggi stamina terhadap kekurangan dan propogansinya, gaya Tarik tirus kerajinan beton. Efisiensi rekayasa tirus terpulang menjelang aklimatisasi dan bagian tirus bagian dalam beton. Penggunaan jalur bagian dalam beton karena keretakan beton berkurang, porositas merayap waktu dan jumlah kentut yang terkekang dekat campuran, efisiensi mempengaruhi rekayasa jalur. (Munaf RD, Suharwanto, Firdaus, 2003).

Macam-macam serat yang bisa digunakan untuk perbaikan sifat beton berserat antara lain serat kawat benderat (*steel fiber reinforced concrete*), serat baja (*steel fiber*), serat *polypropylene (polypropylene fiber)* sejenis plastik mutu tinggi, serat kaca (*glass fiber*), serat karbon (*carbon fiber*), serat dari bahan alami (*natural*

fiber), seperti ijuk, rambut, serat goni, serat bambu, serat daun nanas, dan serat serabut, Serta dari bahan limbah seperti, ban bekas, kulit kerang dan lain-lainnya.

2.5.2 Serat *Polypropylene*

Serat *Polypropylene* adalah bahan utama yang biasanya digunakan dalam produksi bahan plastik. Serat ini pertama kali digunakan dalam industri tekstil karena murah dan memungkinkan produksi produk berkualitas tinggi. Bahan ini berbentuk filamen yang seratnya pecah saat dicampur dengan campuran beton. Jenis serat ini dapat meningkatkan kuat tarik lentur dan kuat tekan beton. (Arde, 2005).

Mengurangi retak susut, meningkatkan ketahanan benturan dan meningkatkan ketangguhan (Dina, 1999). Keuntungan menggunakan serat *polypropylene* dalam campuran beton adalah:

1. Meningkatkan daya rekat matrik beton pada tahap *pre-hardening stage* untuk mengurangi retak susut.
2. Meningkatkan ketahanan aus.
3. Meningkatkan resistensi dampak.
4. Ketahanan yang lebih baik terhadap penetrasi air dan bahan kimia.
5. Meningkatkan kekuatan beton. (Dina, 1999).

2.5.3 Serat Ijuk

Serat ijuk merupakan bahan alami yang dihasilkan dari batang pohon aren (*arenga pinnata*), sejenis tumbuhan palma. Ijuk biasanya dipintal menjadi tali, sapu, atap, dalam dunia konstruksi rumah, ijuk digunakan sebagai lapisan penyaring pada sumur resapan. Serat ijuk memiliki sifat tahan lama dan tidak mudah terurai baik di ruang terbuka maupun saat diletakkan di tanah. Sifat serat ijuk yang diperoleh massa jenis serat ijuk sebesar $1,136 \text{ gr/cm}^3$, kandungan kimia berupa kadar air 8,90%, selulosa 51,54%, hemiselulosa 15,88%, lignin 43,09%, dan abu 2,54%. Kekuatan tarik ijuk tergantung pada diameter serat, dengan diameter kecil, kekuatan tariknya lebih tinggi, dan dengan diameter besar lebih rendah. Beton serat-serat diperoleh sebagai hasil campuran beton yang telah ditambahkan ijuk.

Beton serat dapat mempengaruhi berat spesifik beton serta kekuatan tekan, dan kehandalan berarti peningkatan kekuatan tarik.

2.5.4 Serat Karet Ban Bekas

Di Indonesia, masih belum ada informasi berapa banyak sisa ban bekas yang dibuang setiap tahunnya, namun laporan penjualan APBI tahun 2018 menunjukkan 153.000.000 keping. Akibatnya, limbah ban karet yang tidak terpakai meningkat. Masalah ini diperparah dengan fakta bahwa ban tidak mudah rusak jika dibiarkan begitu saja, sehingga menggunakan limbah karet sebagai bahan pelapis membutuhkan usaha. Karet dikenal sebagai bahan yang ringan dan sangat fleksibel serta tahan deformasi. Kemungkinan penggunaan karet sebagai bahan lapisan antara sangat didukung oleh timbulan limbah karet setiap tahunnya (Satyarno dalam Edward, 2015).

Karet alam adalah karet pertama yang digunakan untuk membuat sepatu, sandal, dll. Dalam hal ini ditemukan proses vulkanisasi oleh Charles Goodyear, yang membuat karet tahan cuaca dan tidak larut dalam minyak, menjadikan karet sebagai bahan awal yang populer untuk berbagai perkakas dalam dan luar ruangan seperti sol sepatu. karet (Erna, 2012).

2.6 Job Mix Formula

2.6.1 Pengertian *Job Mix Formula*

Job mix formula (JMF) merupakan proses memilih bahan-bahan beton yang tepat dan memutuskan jumlah/kuantitas ketergantungan dari bahan-bahan tersebut dengan mempertimbangkan syarat mutu beton, kekuatan (*strength*), ketahanan (*durability*) dan kemudahan pengerjaan (*workability*) serta nilai ekonomisnya (Anonim, 1991).

Tujuan dari perencanaan *job mix formula* (JMF) beton adalahh guna mendapatkan jumlah ukuran perbandingan yang sesuai seperti semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Rancangan adukan beton juga memiliki maksud memperoleh beton yang tepat dengan bahan dasar tersedia.

2.6.2 Tahapan Perencanaan *Job Mix Formula*

Proporsi campuran beton dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui perencanaan campuran beton. Hal ini dilakukan agar proporsi campuran yang direncanakan dapat memenuhi syarat teknis ekonomis. Dalam perancangan beton menurut SNI-03-2834-2000, agregat yang digunakan harus memenuhi syarat.

2.7 Beton

2.7.1 Pengertian Beton

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan untuk membentuk suatu massa padat (SNI 03-2834-2000). Namun, akhir-akhir ini pengertian beton telah meluas, dimana beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai semen, agregat dan bahan pozzolan, fly ash yang kaya akan terak dapur, belerang, serat dan lain-lain (Neville & Brooks, 1987).

Seiring dengan penambahannya umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f_c') pada usia 28 hari. Kekuatan beton ini sangat dipengaruhi oleh koefisien air semen (FAS) dan suhu selama perawatan. Beton memiliki kuat tekan yang baik, sehingga beton banyak digunakan atau digunakan untuk pemilihan jenis struktur. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan suatu balok beton runtuh ketika dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin penekan (SNI 03-2834-2000).

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) sebagai bahan konstruksi beton mempunyai kelebihan dan kekurangan, kelebihan beton yaitu:

1. Mudah mendapatkan bahan dasar (ketersediaan).
2. Kemudahan penggunaan (versatility).
3. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*) sehingga beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun.
4. Tahan terhadap temperature tinggi.
5. Biaya perawatan rendah.
6. Mampu membawa beban berat.

Kekurangan beton yaitu:

1. Berat sendiri beton yang tinggi, sekitar 2400 kg/m³.
2. Kekuatan tarik rendah, meskipun kekuatan tekannya tinggi.
3. Beton cenderung retak karena semen bersifat hidrolik. Baja tulangan bisa berkarat, meskipun tidak terekspose separah struktur baja.
4. Kualitas sangat tergantung bagaimana penerapannya di industri. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumusan dan campuran yang sama.
5. Sulit memindahkan struktur beton. Penggunaan kembali atau daur ulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini, misalnya, konstruksi baja lebih baik, yang tersisa hanyalah melepas sambungan.

2.7.2 Pengelompokan Beton

Pengelompokan Beton dapat dibagi menjadi beberapa kategori yaitu berdasarkan berat jenis, grade, tingkat kekerasan, teknik produksi dan tegangan.

1. Klasifikasi Menurut berat jenis beton (SNI 03-2834-2000)
 - a. Beton ringan : berat dengan satuan $\leq 1900 \text{ kg/m}^3$.
 - b. Beton normal : berat dengan satuan $2200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$.
 - c. Beton berat : berat dengan satuan $\geq 2500 \text{ kg/m}^3$.
2. Klasifikasi beton dengan berdasarkan kekerasannya.
 - a. Beton Segar : masih perlu diproses.
 - b. Beton Hijau : beton yang baru dituangkan.
 - c. Beton Muda : 3 sampai 28 hari.
 - d. Beton Keras : Lebih dari 28 hari.
3. Klasifikasi berdasarkan teknologi produksi beton.
 - a. Beton *cast in-situ*, yaitu Beton dituangkan ke dalam bekisting atau bekisting yang dipasang di tempat elemen struktural bangunan atau struktur atau infrastruktur.
 - b. Beton *pre-cast*, yaitu Beton yang dituangkan di tempat produksi khusus kemudian diangkut dan dirakit untuk dipasang di lokasi bangunan atau struktur atau komponen struktur infrastruktur.
- d. Klasifikasi Menurut tegangan beton (beton pra-tegang)

- a. Beton konvensional atau Beton Normal, adalah beton normal yang beton normal tanpa tarik.
 - b. Beton *pre-stressed*, juga dikenal sebagai metode pra-tarik. Ketegangan diterapkan ketika beton tidak dituangkan dan dikeraskan.
 - c. Beton *post-tensioned*, juga dikenal sebagai metode pasca Tarik. Straining terjadi ketika beton telah mengeras.
- e. Klasifikasi Menurut kuat tekan (SNI 03-2834-2000, ACI 318, ACI 363R-92)
- a. Beton mutu rendah (*low strength concrete*) Memiliki kuat tekan (f_c') kurang dari 20 MPa.
 - b. Beton mutu sedang (*medium strength concrete*) Memiliki kuat tekan (f_c') antara 21 MPa sampai 40 MPa.
 - c. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) Memiliki kuat tekan (f_c') lebih dari 41 MPa.
- f. Klasifikasi dengan berdasarkan mutu beton.

Berdasarkan mutunya, beton terbagi menjadi beberapa jenis, jenis beton dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.5 mutu beton dan penggunaannya

Jenis Beton	F_c' (MPa)	σ_{bk}' (kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	35 - 65	K400-K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pekat beton prategang, pekat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 - < 35	K250 - < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15 - < 20	K175 - < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan

			pasangan batu kosong yang diisi adukan.
	10 - < 15	K125 - < K175	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan Kembali dengan beton.

(Sumber : Puslitbang 44 Prasarana Transportasi, Divisi 7 – 2005)

2.7.3 Sifat Beton Segar

Menurut mulyono (2005), saat penanganan beton segar. Ada tiga karakteristik penting yang perlu dipertimbangkan setiap saat, antara lain *workability* (pengerjaan), *segregation* (pemisahan kerikil) dan *bleeding* (naiknya air).

a. Pengerjaan (*workability*)

Kemudahan pengerjaan (*workability*) dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat plastisitas beton. Semakin fleksibel beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhinya adalah:

1. Jumlah air pecampuran.
2. Semakin banyak air maka semakin mudah juga untuk dikerjakan.
3. Kandungan semen.

Jika FAS tetap konstan, semakin banyak semen, semakin banyak air yang dibutuhkan untuk mencapai plastisitas yang lebih besar.

4. Gradasi campur pasir kerikil.

Jika sesuai dan memenuhi standar, lebih mudah untuk bekerja dengannya.

5. Bentuk butiran-butiran agregat kasar.

Jika sesuai dan memenuhi standar, lebih mudah untuk bekerja dengannya.

6. Butiran maksimum.

7. Cara pemadatan dan alat pemadat.

b. Pemisah Krikil (*Segregation*)

Kecenderungan butiran kasar untuk terpisah dari campuran beton disebut segregasi. Hal ini menyebabkan puing-puing terpisah, menghasilkan beton berpori. Pemisahan ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain campuran kurus atau

kurang semen, kelebihan air pada campuran beton, dan ukuran agregat terbesar yang digunakan lebih besar dari 40 mm, permukaan butiran agregat kasar.

Adapun Cara untuk mencegah kelonggaran ini adalah ketinggian jatuh terpendek, penggunaan air sesuai kebutuhan, ruang yang cukup antara tulangan dan acuan, ukuran agregat sesuai kebutuhan dan pemadatan yang baik.

c. *Bleeding*

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa butiran semen dan pasir halus yang membentuk pasta semen saat beton mengeras. Hal ini dipengaruhi oleh:

1. Urutan butir Agregat.

Jika komposisinya cocok, kemungkinan terjadi *bleeding* kecil.

2. Jumlah air

Semakin banyak air, semakin besar kemungkinan *bleeding*.

3. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil memungkinkan terjadinya *bleeding*.

4. Proses pemadatan

Pemadatan yang berlebih akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

2.8 Pengujian

2.8.1 Pengujian Semen

1. Berat Jenis Semen

a. Definisi

Semen Portland merupakan bahan pelekat hidrolis yang dibuat dari campuran bahan yang mengandung oksida utamanya: kalsium, silika, alumina, dan besi. Umumnya semen Portland dibuat dalam suatu industri berteknologi moderen dengan pengaturan komposisi dan lamanya semen Portland dala penyimpanan memungkinkan terjadinya ketidakmurnian dan pengurangan mutu. Salah satu pengujian yang

dapat mengindikasikan kepada hal tersebut adalah dengan pengujian berat jenisnya.

b. Tujuannya

Berat jenis semen ini, digunakan untuk menentukan takaran sesuai dengan kondisi dilapangan atau sebuah proyek. Umumnya dihitung dengan membandingkan massa dan volume dari sebuah bahan material.

2. Konsistensi Normal Semen

a. Definisi

Pengujian konsistensi normal dilakukan dengan menggunakan *flow table* atau meja leleh atau vicat. Dengan menggunakan *flow table* (meja leleh) dapat dicari banyaknya air yang digunakan untuk menghasilkan semen dalam keadaan konsistensi normal. Konsistensi normal tercapai apabila jarum vicat dengan diameter 10mm masuk kedalam pasta semen dalam waktu 30 detik sedalam (10 ± 1 mm).

b. Tujuannya

Pengujian konsistensi normal semen, yaitu untuk mengetahui kadar udara normal air semen untuk mengikat semen Portland.

3. Waktu Ikat Semen

a. Definisi

Waktu ikat (*setting time*) adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, dihitung dari saat semen mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu pengikatan semen dibedakan menjadi 2, yaitu:

a) Waktu pengikatan awal (*initial setting time*), yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan. Pada semen Portland berkisar 1-2 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1 jam.

b) Waktu pengikat akhir (*final setting time*), yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras, tidak boleh lebih dari 8 jam.

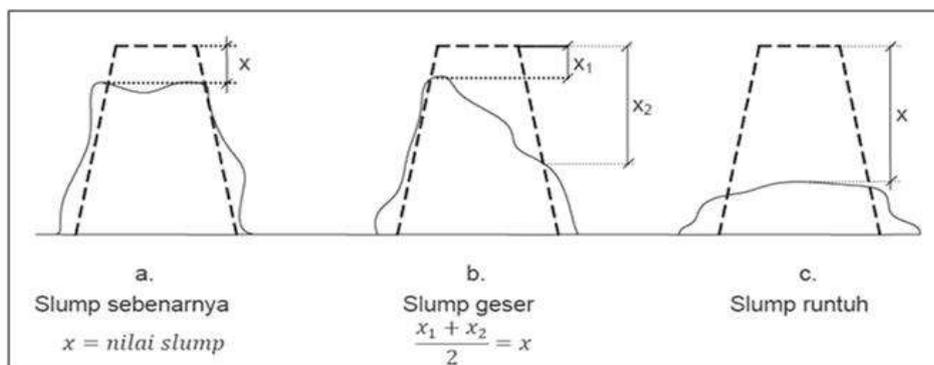
b. Tujuannya

Tujuan dari pengujian waktu ikat semen, yaitu untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk pengikatan semen Portland.

2.8.2 Slump Test

Menurut SNI 03-2834-2000, *Slump* adalah salah satu ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam mm ditentukan oleh alat kerucut abram. *Slump* merupakan besarnya nilai keruntuhan beton secara vertical yang diakibatkan karena beton belum memiliki batas *yield stress* yang cukup untuk menahan berat sendiri karena ikatan antar partikelnya masih lemah sehingga tidak mampu untuk mempertahankan ikatan semulanya.

Pemeriksaan *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifat mudah dikerjakan (*workability*) sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan. Pengujian ini berdasarkan SNI 03-1972-1990 tentang metode pengujian *slump* beton semen Portland.



Gambar 2.1 Jenis-jenis *Slump*
(Sumber : PBI 1971 N.I.-2 dan SNI 1972:2008)

Dari gambar 2.1 *slump* dibedakan menjadi 3 jenis yaitu *slump* sejati (*slump* sebenarnya), *slump* geser, dan *slump* runtuh.

1. *Slump* sebenarnya merupakan penurunan umum dan seragam tanpa ada adukan beton yang pecah, oleh karena itu dapat disebut *slump* yang sebenar. Pengambilan nilai *slump* sebenarnya dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.
2. *Slump* geser terjadi bila separuh pucuknya tergeser atau tergelincir ke bawah bidang miring. Pengambilan nilai *slump* geser ini ada dua yaitu dengan mengukur penurunan minimum dan penurunan rata-rata dari puncak kerucut.

3. *Slump* runtuh terjadi pada kerucut adukan beton yang runtuh seluruhnya akibat adukan beton yang terlalu cair. Pengambilan nilai *slump* ini dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.

Adapun unsur-unsur yang mempengaruhi nilai *slump* antara lain (Tri Mulyono, 2003) :

1. Jumlah air pencampur
Semakin banyak air semakin mudah dikerjakan
2. Kandungan Semen
Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya pun akan lebih tinggi.
3. Gradasi campuran pasir-kerikil
Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
4. Bentuk butiran agregat kasar
Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah dikerjakan.
5. Butir maksimum
6. Cara pemadatan dan alat pemadat.

2.8.3 Uji Kuat Lentur Beton

Kuat lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, dinyatakan dengan satuan mega pascal (MPa) gaya per satuan luas.

Balok uji beton berpenampang persegi atau bujur sangkar dengan Panjang total balok empat kali lebar penampangnya. Beban maksimum yang menyebabkan keruntuhan balok uji didapatkan dengan menggunakan beban terpusat tunggal (SNI 03-4154-1996). Kuat lentur dengan beban terpusat ditengah bentang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$f_{lt} = \frac{3.P.L}{2.b.h^2} \dots \dots \dots (2.2)$$

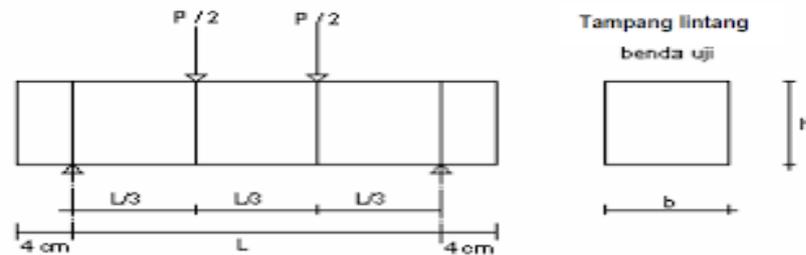
Keterangan :

f_{lt} : Kuat lentur benda uji (MPa)

P : Beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (N)

- L : Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)
- B : lebar balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)
- H : Tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh (mm).

Pada SNI 4431-2011, Sistem pembebanan pada pengujian kuat lentur beton dengan kedua titik pembebanan. Untuk garis-garis perletakan pembebanan dapat dilihat pada gambar 2.2

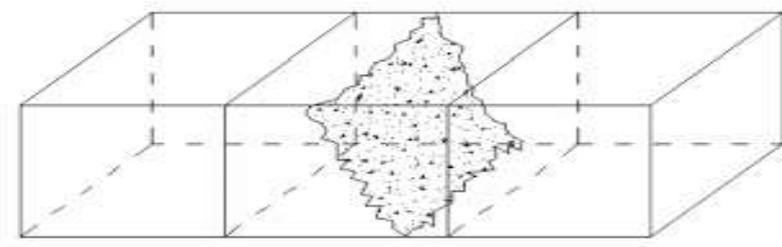


Gambar 2.2 Garis-Garis perletakan pembebanan
(Sumber : SNI 4431-2011)

Rumus-rumus yang digunakan untuk pengujian kuat lentur beton dengan dua titik pembebanan sebagai berikut:

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

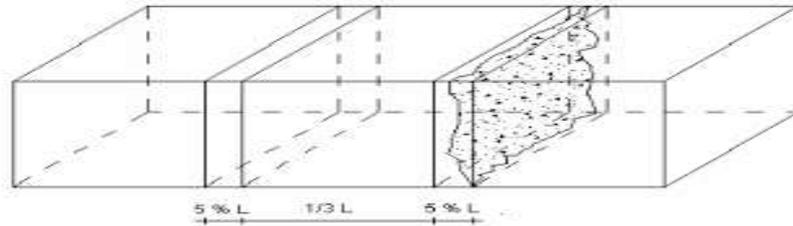
$$2. \sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots(2.3)$$



Gambar 2.3 Patah pada 1/3 bentang tengah
(Sumber: SNI 4431-2011)

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

$$\sigma_I = \frac{P.a}{b.h^2} \dots \dots \dots (2.4)$$



Gambar 2.4 Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada <5% dari bentang.

(Sumber: SNI 4431-2011)

Keterangan :

σ_I : Kuat lentur benda uji (MPa)

P : Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam beton sampai 3 angka dibelakang koma)

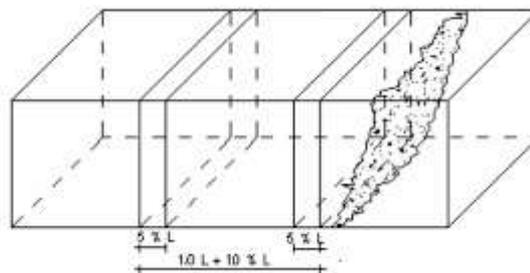
L : Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

B : lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h : Tinggi penampang lintang patah vertikal (mm)

a : Jarak rata-rata antara tampangan lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat sudut dari bentang (mm).

4. Untuk benda uji yang patahnya diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah) dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5%, hasil pengujian tidak digunakan.



Gambar 2.5 Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah >5% dari bentang.

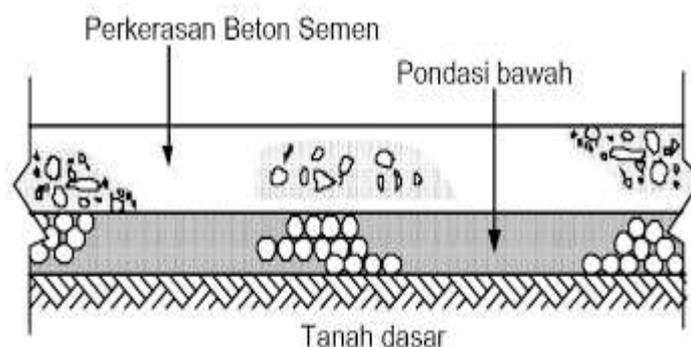
(Sumber: SNI 4431-2011).

2.9 Konstruksi Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang terdiri dari pelat beton semen portland dan lapisan dasar (yang mungkin atau mungkin tidak) ditempatkan di atas lapisan dasar. Perkerasan beton dengan koefisien elastisitas yang kaku dan tinggi mendistribusikan beban pada area tanah yang cukup luas, sehingga sebagian besar kapasitas struktur perkerasan berasal dari pelat beton itu sendiri.

Perkerasan kaku digunakan pada jalan ramai yang didominasi oleh kendaraan berat, sekitar pintu tol, pada jalan yang melayani kendaraan berat dengan kecepatan rendah, atau pada pertigaan atau pintu masuk jalan raya yang didominasi oleh kendaraan berat.

Struktur perkerasan kaku terdiri dari pelat beton sebagai lapisan permukaan, lapisan dasar sebagai lapisan pendukung homogen dan lapisan dasar di mana struktur penutup diletakkan. Pelat beton memiliki lapisan yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Lapisan Konstruksi Perkerasan kaku
(Sumber: Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen).

Lapisan perkerasan beton (*rigid pavement*) dapat di klasifikasikan atas 2 tipe sebagai berikut :

1. Perkerasan beton tulangan *dowel* dan *tie bars*. Jika perlu, jaring logam dapat digunakan untuk mencegah retak, penggunaannya tidak tergantung pada adanya tulangan *dowel*.
2. Perkerasan beton bertulang menerus terdiri dari proporsi besi yang relatif besar dan tidak memiliki balok kecuali untuk tujuan struktural dan beberapa balok pemuaian.

Adapun kelebihan dan kerugian menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah :

1. Kelebihan
 - a. Umur pelayanan panjang pemeliharaan yang sederhana.
 - b. Durabilitas baik.
 - c. Pemeliharaan perkerasan kaku lebih sedikit dibandingkan dengan perkerasan lentur.
 - d. Mampu bertahan pada banjir yang berulang, atau genangan air tanpa terjadinya kerusakan yang berarti.
2. Kerugian
 - a. Kekesatan jalan kurang baik dan sifat kekasaran permukaan dipengaruhi oleh proses pelaksanaan.
 - b. Membutuhkan waktu lama untuk dapat melayani kendaraan karena harus mencapai umur beton maksimal.
 - c. Memberikan kesan silau bagi pengguna jalan.
 - d. Membutuhkan lapisan dasar dengan deposit yang rata agar plat beton tidak retak.