

BAB IV

ANALISA DAN DISKUSI

Bab analisa dan diskusi ini berisi tentang analisa dari karakteristik yang dimiliki oleh kerikil sendiri baik secara fisik maupun kimiawi khususnya yang berhubungan dengan beton. Selain itu juga dibahas analisa beton akibat penggunaan kerikil dari pulau Madura ini.

Untuk memperjelas menganalisa dan mendiskusikannya, perlu dibagi menjadi lima subbahasan yaitu :

- analisa berat volume, berat jenis dan kadar air batuan,
- analisa modulus kehalusan dan kepipihan batuan,
- analisa kekuatan dan ketahanan batuan,
- analisa kimiawi batuan,
- analisa kuat tekan beton.

1. ANALISA BERAT VOLUME, BERAT JENIS DAN KADAR AIR BATUAN

Dalam melakukan perhitungan mix disain perlu mengetahui beberapa hal karakteristik dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen. Jika beton direncanakan menggunakan bahan tambahan maka diperlukan data karakteristik dari bahan aditif atau admixture itu. Karakteristik ini diperlukan untuk menentukan layak tidaknya komponen

bahan pembentuk beton. Selain itu juga digunakan untuk melakukan penyesuaian-penyesuaian terhadap data, tabel dan grafik yang telah dirumuskan dalam tata cara perhitungan mix disain.

Untuk agregat kasar data karakteristik yang diperlukan adalah data mengenai berat volume, berat jenis, kadar air, dan modulus kehalusan batuan. Dalam bahasan analisa dan diskusi ini, kami menganalisa secara terpisah antara berat volume, berat jenis dan kadar air dengan modulus kehalusan batuan. Perbedaan ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa data karakteristik berat volume, berat jenis dan kadar air batuan yang memenuhi syarat dapat digunakan sebagai komponen bahan pembentuk beton dengan penyesuaian pada mix disainnya. Artinya bahwa tidak perlu dilakukan perubahan atau pengkondisian di lapangan terhadap karakteristik berat volume, berat jenis dan kadar air batuan. Apabila kerikil diletakkan pada tempat terbuka yang terkena sinar matahari langsung sehingga kadar air kerikil rendah, maka pada saat perhitungan mix disain perlu ditambahkan air yang banyak. Bila kerikil habis terkena hujan sehingga kadar air kerikil tinggi, maka pada perhitungan mix disain jumlah air yang ditambahkan lebih sedikit bila dibandingkan kerikil dalam keadaan kering. Sedangkan modulus kehalusan agregat, seringkali perlu dilakukan perubahan atau pengkondisian di lapangan apabila data karakteristik hasil uji laboratorium menunjukkan hal yang kurang menguntungkan dalam beton, seperti misalnya nilai modulus kehalusannya terlalu besar atau terlalu kecil maka perlu dilakukan pengayaan untuk mendapatkan ukuran agregat yang menghasilkan nilai modulus agregat yang baik, ukuran maksimum agregat terlalu besar maka perlu dilakukan pengayaan untuk mengurangi agregat yang besar-besar.

Ada beberapa catatan yang mungkin menyebabkan keadaan sampel kerikil berbeda dengan keadaan kerikil aslinya di pulau Madura, yaitu masalah pengambilan

sampel agregat yang akan mengubah berat volume, kadar air dalam keadaan asli, modulus kehalusan dan kepipihan agregat. Ini disebabkan beberapa hal yaitu :

- Umumnya agregat dibuat untuk material jalan raya, sehingga diadakan pemilihan agregat di lokasi pemecah batu, serta mengayak untuk mendapatkan ukuran kerikil yang sesuai yaitu 1 – 2 cm dan 2 – 3 cm (kerikil Torjun). Sebenarnya di dalam pengambilan sampel harus memenuhi Standar Normalisasi Indonesia, yaitu sampel harus mencerminkan seluruh persediaan dan pengambilan sampel dilakukan di bagian dalam timbunan, di bawah, di tengah dan di atas.
- Agregat dipecah menggunakan tenaga manusia yang hanya menyediakan kerikil ukuran 2 – 3 cm dan tidak memungkinkan memesan kerikil ukuran 1 – 2 cm karena produksi sedang berhenti akibat kurangnya pemesanan kerikil dalam masa krisis moneter ini. Untuk itu dilakukan pengayakan dan pemecahan kerikil di laboratorium untuk mendapatkan ukuran 1 – 2 cm (kerikil Paterongan),
- Pengangkutan dan penyimpanan agregat yang tidak dibungkus dengan kantong plastik yang tertutup, sehingga mengubah kadar airnya. Seharusnya contoh dibungkus dalam tempat yang kedap air (tertutup) atau dibungkus dalam kantong plastik untuk menjaga agar contoh masih dalam keadaan seperti aslinya, terutama kadar air agregat tidak boleh berubah.

Pada bagian ini dilakukan analisa terhadap berat volume, berat jenis dan kadar air batuan terutama kaitannya dengan beton untuk struktur. Data yang dihasilkan adalah seperti yang ditunjukkan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil uji berat volume, berat jenis dan kadar air batuan, serta batasan yang disyaratkan.

KARAKTERISTIK	PATERONGAN	TORJUN	OMBEN	STANDAR TEST	BATASAN NILAI
BERAT VOLUME (gram/cm ³)	1.234	1.289	1.236	SNI BS ACI	> 1.2 1.2 - 1.75 1.2 - 1.75
BERAT JENIS	2.58	2.56	2.6	ASTM ACI	1.6 - 3.2 2.4 - 2.9
KADAR AIR SSD (%) ASLI	1.7066 1.09	2.1104 1.68	1.40 0.27	ASTM	0.2 - 4

Dari hasil percobaan diperoleh berat volume kerikil Paterongan, Torjun dan Omben masing-masing adalah 1.234 gr/cm³, 1.289 gr/cm³ dan 1.236 gr/cm³. Berarti kerikil Paterongan, Torjun dan Omben termasuk agregat untuk beton normal, yaitu sesuai dengan yang disyaratkan oleh Standar Normalisasi Indonesia (SNI) yaitu sama dengan atau lebih besar dari 1.2 gr/cm³, British Standard yaitu (1.2 – 1.75) gr/cm³, dan American Concrete Institute yaitu (75 – 110) pound/ft³ atau (1.2 – 1.75) gr/cm³.

Data hasil percobaan berat jenis kerikil dalam keadaan SSD masing-masing untuk kerikil Paterongan, Torjun dan Omben adalah 2.58, 2.56 dan 2.6. Sehingga ketiga kerikil cocok dipakai sebagai agregat kasar beton normal, karena sesuai dengan yang disyaratkan oleh ASTM yaitu 1.6 – 3.2 dan ACI yaitu 2.4 – 2.9.

Nilai kadar air Paterongan 1,7066 %, Torjun 2,11 % dan Omben 1,4 % masuk dalam batasan nilai kadar air yang disyaratkan ASTM yaitu (0,2 – 4) %.

Secara umum berat volume dan berat jenis agregat tidak mempunyai hubungan langsung dengan kekuatan beton. Artinya apabila suatu agregat dinyatakan layak dari segi kekuatan atau ketahanan agregat, ketahanan terhadap zat kimia dan sifat reaktifnya, maka data berat volume, berat jenis dan kadar air agregat tinggal disesuaikan dengan

data, tabel dan grafik pada tata cara perhitungan mix disain. Dan akhirnya kekuatan beton dapat direncanakan berbeda-beda sampai kekuatan tertentu dengan menggunakan kerikil yang sama hanya dengan mengubah-ubah mix disainnya.

2. ANALISA MODULUS KEHALUSAN DAN KEPPIPIHAN BATUAN

Fineness modulus adalah suatu angka yang secara kasar menggambarkan rata-rata ukuran butir agregat. Makin banyak butir berukuran besar, maka makin besar modulus kehalusannya (fineness modulus).

Flakiness suatu angka yang menyatakan persentase kepipihan agregat. Flakiness sangat berpengaruh pada workability beton. Agregat yang cenderung pipih akan sulit dipadatkan dan mudah pecah. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kekuatan beton.

Nilai dari flakiness dan modulus kehalusan tergantung pada proses pemecahan batu alam menjadi kerikil-kerikil. Pada umumnya pemecahan yang menggunakan mesin, nilai flakinessnya cenderung baik. Oleh sebab itu kedua ciri tersebut dapat dibuat seperti yang dikehendaki. Dari ketiga kerikil Madura yang telah diperiksa menghasilkan nilai-nilai modulus kehalusan dan flakiness seperti yang tercantum dalam tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Data hasil uji modulus kehalusan dan kepipihan kerikil, serta batasan yang disyaratkan.

	PATERONGAN	TORJUN	OMBEN	STANDAR TEST	BATASAN NILAI
FINENESS MODULUS	7.64	7.53	7.6	SNI CRD / BS	6.00 - 7.10 5.5 - 8.5
FLAKINESS (%)	23.8	14.933	22.781	SNI	< 20

Nilai fineness modulus dari kerikil Paterongan, Torjun dan Omben berada di luar batas nilai fineness modulus yang disyaratkan Standar Industri Indonesia yaitu 6.00 – 7.10. Akan tetapi nilai fineness modulus ketiga kerikil tersebut masih dalam batasan nilai fineness modulus yang disyaratkan British Standard yaitu 5.5 – 8.5. Perbedaan nilai batas fineness modulus antara kedua standar ini disebabkan oleh perbedaan kemampuan sumber daya manusianya. Standar Industri Indonesia memberi batasan yang jauh lebih ketat, karena kemampuan sumber daya manusia Indonesia yang masih rendah dan penghargaan terhadap kualitas yang juga masih rendah kalau dibandingkan dengan kemampuan sumber daya manusia di negara Inggris.

Dari angka modulus kehalusan ketiga kerikil tersebut dapat dilihat bahwa ukuran kerikil Paterongan, Torjun dan Omben besar-besar. Hal ini ditunjukkan dengan nilai dari modulus kehalusan ketiga kerikil tersebut cukup tinggi. Nilai fineness modulus Paterongan, Torjun dan Omben yang keluar dari batasan yang disyaratkan oleh SNI (tetapi memenuhi British Standard), masih memungkinkan digunakan asal penanganannya dilakukan lebih baik dan berhati-hati. Hal ini tidak begitu berarti kalau beton dibuat di laboratorium dan dalam jumlah yang kecil.

Dari tabel 4.2 terlihat bahwa nilai flakiness dari ketiga kerikil Madura berturut-turut sebagai berikut: Paterongan 23,8 %, Torjun 14,933 % dan Omben 22,781 %. Dari ketiga nilai tersebut hanya kerikil Torjun yang masih memenuhi syarat yang ditetapkan oleh Standar Industri Indonesia yaitu maksimum 20 %. Hal ini tentunya akan berpengaruh pada kekuatan beton, karena pada saat pengecoran beton segar sulit dipadatkan. Selain itu kekuatan beton bisa menurun akibat kerikil akan mudah pecah pada saat beton diberi tekanan.

3. ANALISA KEKUATAN DAN KETAHANAN BATUAN

Karakteristik sesungguhnya yang memungkinkan jenis kerikil tertentu dapat digunakan atau tidaknya untuk beton struktur adalah karakteristik mengenai kekuatan dan ketahanan batuan. Karakteristik ini menunjukkan kekuatan sendiri dari agregat tanpa dipengaruhi oleh komponen lainnya, seperti semen, air, pasir, atau aditif.

Sebagai contoh misalnya suatu beton menggunakan pecahan batu bata untuk agregat kasarnya. Bagaimana mungkin beton yang dibuat akan mampu menahan beban, apabila kekuatan agregat kasarnya sendiri mudah hancur, belum lagi dipengaruhi oleh komponen-komponen beton lainnya yang membuat variabel kekuatan beton semakin banyak. Dan agregat kasar merupakan komponen utama beton yang paling keras, paling tahan benturan dan gesekan. Jadi prasyarat pertama yang harus dipenuhi kerikil sebelum digunakan untuk komponen beton adalah bahwa kerikil tersebut harus memenuhi prasyarat kekuatan dan ketahanan sesuai dengan standar uji.

Hasil uji kekuatan dan ketahanan batuan untuk kerikil Paterongan, Torjun dan Omben diperlihatkan di tabel 4.3. Kekuatan dan ketahanan batuan diuji dengan persentase keausan atau abrasi agregat terhadap gesekan yang diakibatkan oleh gesekan sesama agregat, maupun gesekan dan tumbukan dari bola-bola baja. Selain itu kekuatan dan ketahanan batuan diuji dengan pemberian beban kejut atau impact.

Tabel 4.3 Data hasil uji abrasi dan impact serta batasan yang disyaratkan.

	PATERONGAN	TORJUN	OMBEN	STANDAR	BATASAN
ABRASI (%)	26.05	24.32	31.61	SNI ASTM	< 27 < 50
IMPACT (%)	14.47	12.4	16.7	BS	< 30

Besarnya keausan dari kerikil Paterongan, Torjun dan Omben memenuhi syarat ASTM dan British Standard. Hal ini terutama diakibatkan oleh kandungan kuarsa yang mempunyai nilai kekerasan tujuh menurut skala Mohs. Tetapi di sisi lain keausan ketiga kerikil masih cukup besar atau mendekati nilai yang disyaratkan oleh SNI sebesar 27 % (untuk beton kelas III dan atau beton mutu di atas K225 atau beton pratekan). Bahkan kerikil Omben mempunyai nilai keausan 31.61 % yang melebihi prasyarat SNI. Besarnya nilai keausan ini diakibatkan oleh adanya kapur dalam agregat yang hanya mempunyai nilai kekerasan 3 menurut skala Mohs.

Dengan nilai keausan dan impact tersebut maka secara fisik ketiga kerikil tersebut layak digunakan sebagai agregat kasar beton struktur.

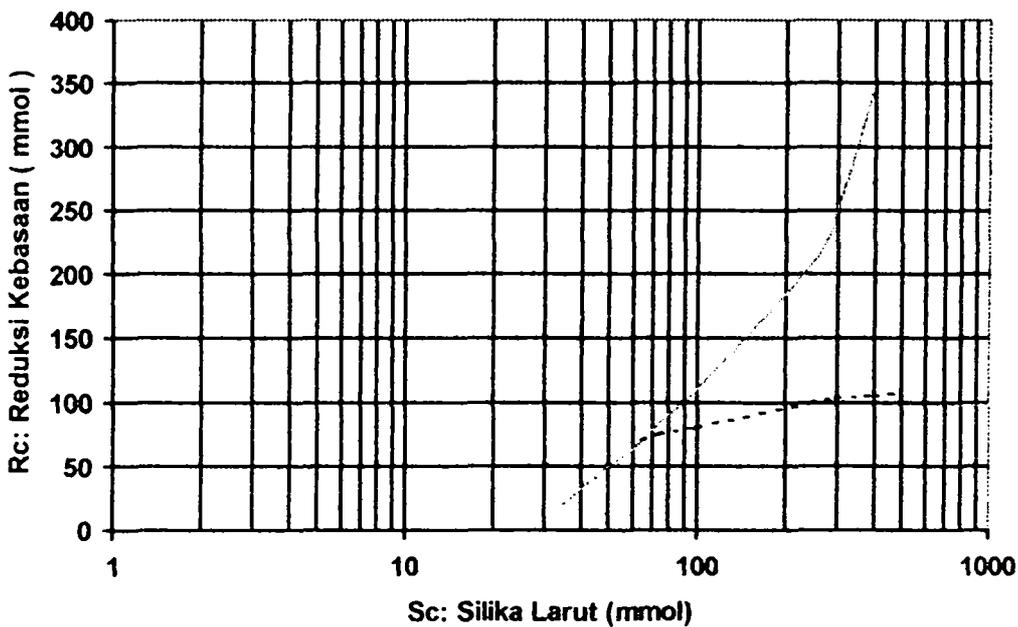
4. ANALISA KIMIAWI BATUAN

Secara fisik menunjukkan bahwa kerikil Paterongan, Torjun dan Omben layak digunakan sebagai agregat kasar beton struktur. Tetapi dalam satu-kesatuan dengan komponen-komponen beton lainnya ketiga kerikil ini masih perlu ditinjau secara kimiawi. Apakah zat-zat yang dikandung oleh kerikil tersebut memberikan kontribusi yang positif atau malah memberikan dampak yang negatif, misalnya masalah lekatan, keausan dan kekuatan agregat atau beton, kembang susut atau shrinkage.

Dengan pengujian sifat reaktif agregat menggunakan parameter dissolved silica dan reduction in alkalinity diperoleh nilai-nilai dalam milimol/liter seperti terlihat pada tabel 5.4. Kemudian hasil ini dilukiskan di gambar 4.1, dimana dissolved silica sebagai absisnya dan reduction in alkalinity sebagai ordinatnya.

Tabel 4.4 Data hasil uji sifat reaktif agregat terhadap alkali.

	DISSOLVED SILICA (Sc) (millimole/liter)	REDUCTION IN ALKALINITY (Rc) (millimole/liter)	KETERANGAN
PATERONGAN	18	255.7	Agregat tidak reaktif
TORJUN	29	348	Agregat tidak reaktif
OMBEN	16	20.3	Agregat tidak reaktif



Gambar 4.1 Hubungan antara dissolved silica dan reduction in alkalinity untuk menentukan sifat reaktif agregat.

Suatu agregat dianggap reaktif terhadap alkali bila pertemuan antara nilai Rc dan Sc berada di sebelah kanan garis batas dan di bawah garis putus-putus. Sedangkan agregat dianggap tidak reaktif terhadap alkali bila pertemuan antara nilai Rc dan Sc berada di sebelah kiri garis batas. Meskipun agregat dianggap reaktif seperti digambarkan oleh pertemuan nilai Rc dan Sc, untuk menyatakan agregat benar-benar

reaktif terhadap alkali masih perlu diuji lagi dengan uji alkali reaktif campuran semen dan agregat.

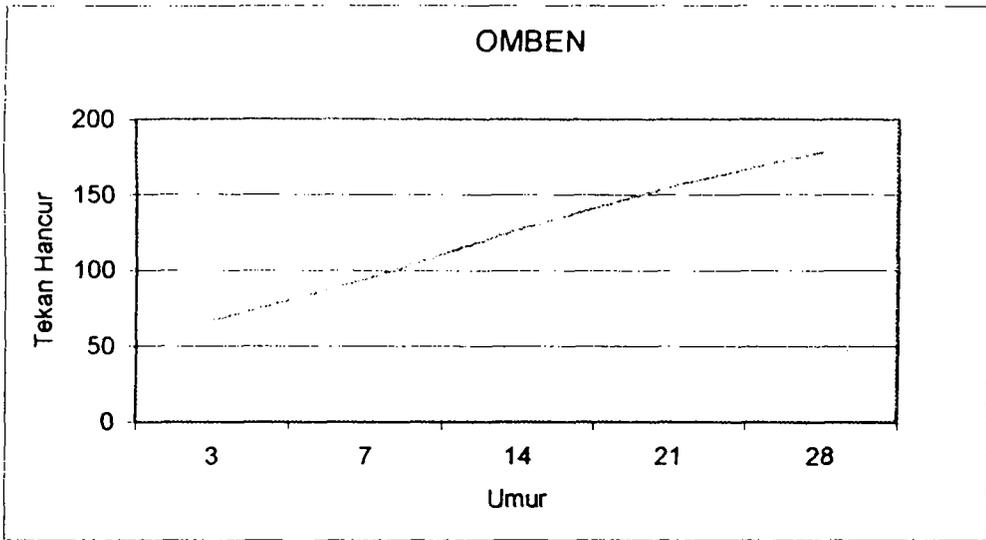
Hasil pelukisan di gambar 4.1 menunjukkan bahwa agregat dianggap tidak berbahaya atau tidak reaktif. Sehingga secara kimiawi pun, ketiga kerikil dari pulau Madura ini layak digunakan sebagai agregat kasar beton struktur.

5. ANALISA KUAT TEKAN BETON

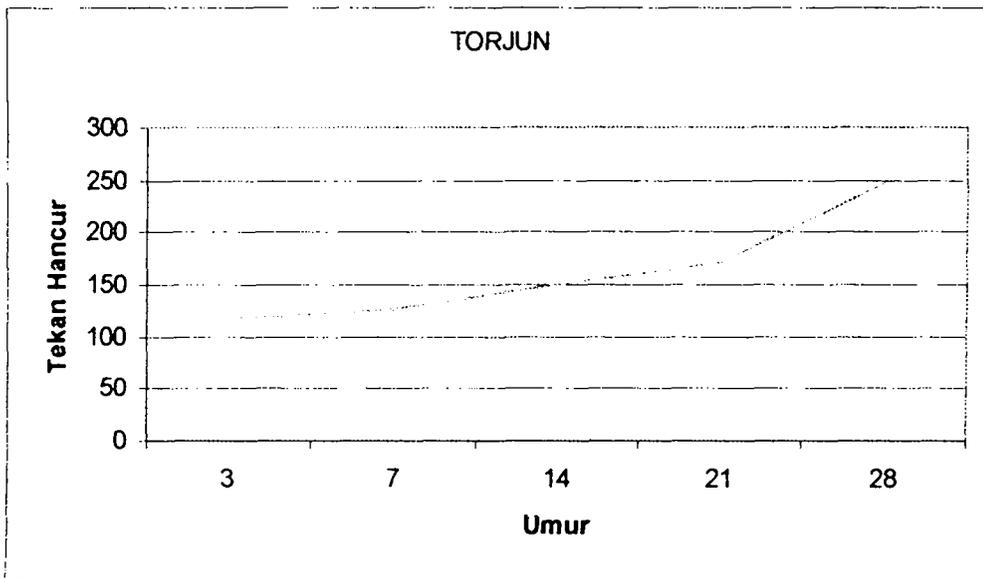
Kekuatan tekan beton ini di lakukan pada usia beton 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Data yang terlihat pada tabel 4.5 merupakan kuat tekan beton rata-rata yang dilakukan pada usia 28 hari. Dari tabel 4.5 terlihat bahwa kuat tekan beton yang menggunakan kerikil Paterongan 143,1 Kg / cm², Torjun 247,8 Kg / cm² dan Omben 178 kg / cm².

Tabel 4.5 Data hasil uji kekuatan tekan beton dengan pengujian kuat tekan.

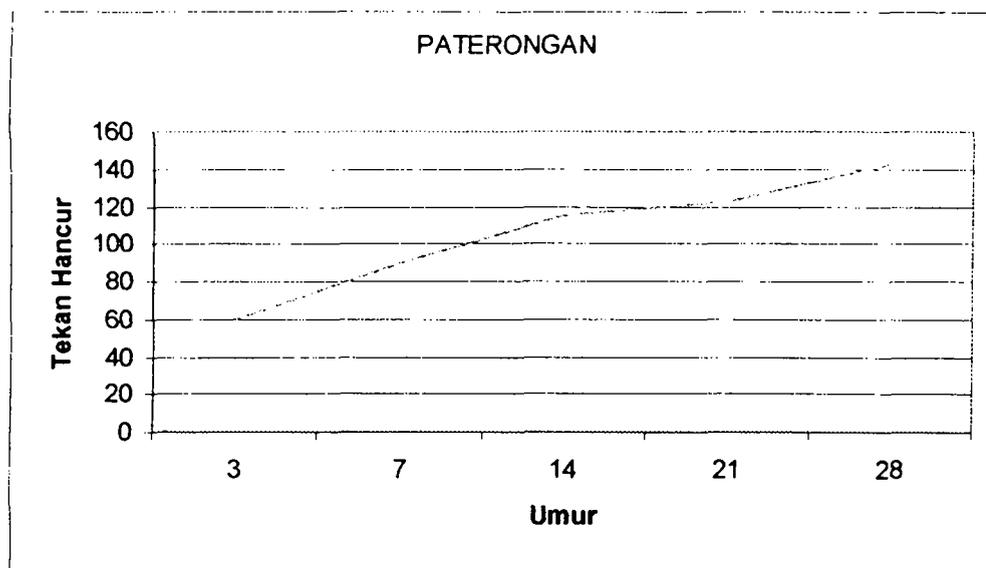
DAERAH	KOMPOSISI SEMEN : AIR : PASIR : KERIKIL (KG / m ³)	KUAT TEKAN RATA- RATA (kg/cm ²)	STANDAR DEVIASI (kg/cm ²)
PATERONGAN	370 : 185 : 431 : 1344	143.1	20.5
TORJUN	370 : 185 : 431 : 1344	247.8	28.2
OMBEN	370 : 185 : 431 : 1344	178	15.3



Grafik 4.1 Perkembangan kekuatan beton dengan memakai kerikil Omben.



Grafik 4.2 Perkembangan kekuatan beton dengan memakai kerikil Torjun.



Grafik 4.3 Perkembangan kekuatan beton dengan memakai kerikil Paterongan.

Hasil pengujian kerikil Paterongan, Torjun dan Omben (tabel 4.1) yang telah dilakukan menunjukkan bahwa rata-rata kerikil Paterongan, Torjun dan Omben memiliki kualitas yang dapat dianggap sama dengan kerikil normal. Tetapi setelah dikomposisikan dengan komponen-komponen lainnya seperti semen, air, dan pasir menghasilkan kekuatan tekan beton yang berbeda.

Hal ini dapat diterangkan bahwa kekuatan beton tidak hanya dipengaruhi oleh kualitas kerikilnya saja. Masih banyak variabel lain yang sangat mempengaruhi kekuatan beton. Hal-hal yang mempengaruhi kekuatan beton itu antara lain:

- kekuatan agregat;
- kekuatan semen;
- kekuatan lekatan antara agregat dengan semen.

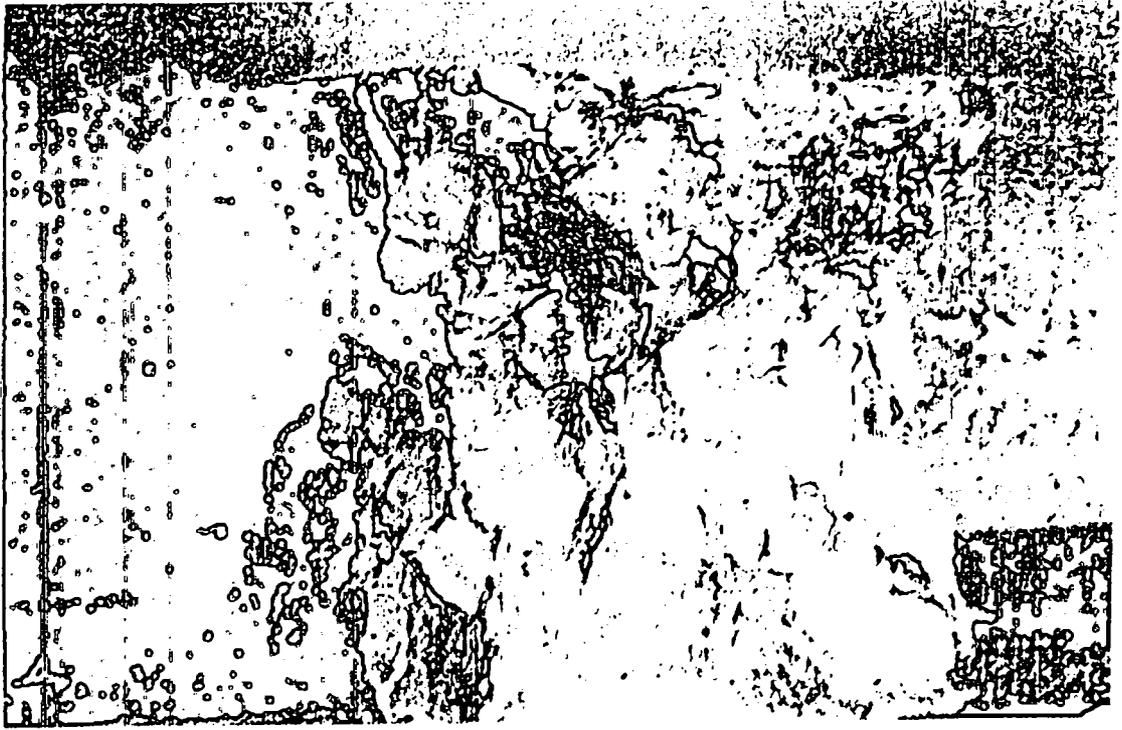
Dari hasil uji kekuatan yang dilakukan dengan menggunakan tes kokoh tekan terlihat bahwa agregat kasar pecah dan lekatan antara semen dan agregat juga lemah. Pecahnya agregat kasar menunjukkan telah tercapainya kekuatan maksimum agregat kasar itu. Hal ini murni pembawaan agregat kasar tersebut. Tidak ada hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kekuatan agregat.

Sedangkan ikatan antara semen dan agregat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain : tekstur permukaan agregat, komposisi mineral agregat, ukuran dan bentuk agregat dan kebersihan agregat.

Tekstur permukaan agregat yang kasar mempunyai ikatan dengan semen lebih baik daripada agregat yang mempunyai tekstur permukaan yang halus. Tekstur permukaan agregat ini lebih berpengaruh pada agregat kasar daripada agregat halus.

Kerikil Paterongan mempunyai tekstur permukaan yang cukup kasar, sehingga secara teori kerikil Paterongan mempunyai lekatan yang baik dengan semen. Kerikil Torjun mempunyai tekstur yang halus sehingga menyebabkan lekatan pada beton kurang baik. Sedang kerikil Omben mempunyai tekstur permukaan yang kasar, sehingga secara teori memiliki lekatan dengan beton sangat baik.

Akan tetapi semua sampel kubus beton dari ketiga kerikil Madura tersebut gagal dilekatan dengan semen. Untuk kerikil Paterongan, kekasaran permukaannya tidak bersifat permanen. Hal ini dapat dibuktikan dengan merendam beberapa saat kerikil Paterongan yang sudah dicuci dengan bersih, masih akan menimbulkan lapisan-lapisan kotoran dipermukaannya bila digosok dengan tangan. Hal ini menunjukkan bahwa permukaan yang kasar tadi menjadi rapuh jika terendam didalam air. Sehingga diperlukan pembersihan secara akurat. Kehancuran contoh beton dengan kerikil Paterongan dapat dilihat dari gambar 4.1.



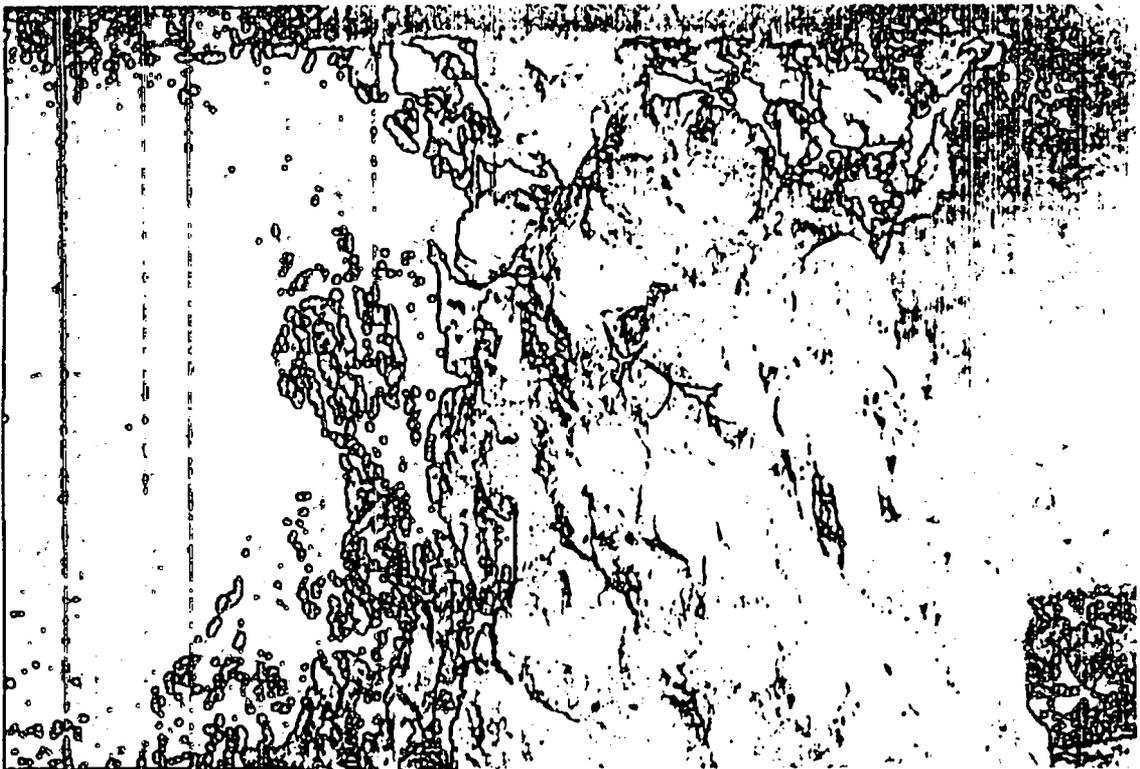
Gambar 4.1 Kehancuran contoh beton kerikil Paterongan

Sedangkan untuk kerikil Omben, permukaannya lebih disebabkan oleh adanya bagian yang menyerupai kaca dipermukaannya. Dengan adanya unsur ini dipermukaan, menyebabkan sulitnya semen melekat dengan kerikil Omben karena air semen sulit diserap.

Faktor lain yang mempengaruhi kekuatan beton adalah ukuran dan bentuk kerikil. Ukuran kerikil ini dapat diatur dan dibuat sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu untuk pengecoran yang dilakukan di laboratorium, gap grading tidak begitu berpengaruh. Ukuran kerikil Paterongan, Torjun dan Omben dalam pengujian ini menggunakan kerikil berukuran 1 – 2 dan 2 – 3 yang berbanding 1 : 2.

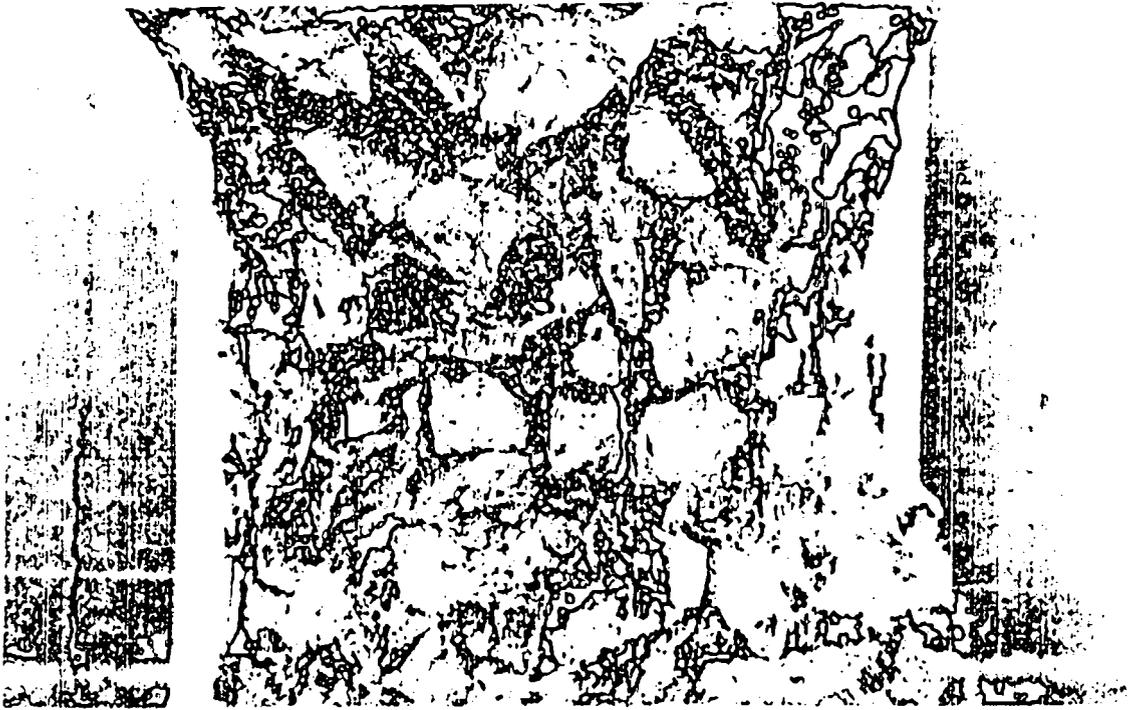
Sedangkan untuk bentuk kerikil, umumnya ketiga jenis kerikil Madura ini tidak beraturan (angular) karena merupakan batu pecah. Akan tetapi untuk kerikil Paterongan

dan Omben cenderung pipih. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji kepipihan yang telah dilakukan. Salah satu sebab beton dengan menggunakan kerikil Paterongan dan Omben tidak memenuhi sasaran kekuatan adalah bentuk kerikil yang cenderung pipih. Karena agregat kasar yang pipih bila digunakan dalam beton akan sulit dipadatkan dan lebih mudah patah. Sedangkan kerikil Torjun bentuknya cenderung bulat.



Gambar 4.2 Kehancuran contoh beton kerikil Torjun

Kerikil yang digunakan dalam pengujian ini dicuci sebelum digunakan untuk campuran beton. Hal ini dikarenakan banyaknya debu yang dikandung oleh kerikil dari Madura ini terutama kerikil Paterongan dan Omben. Sehingga dari segi kebersihan, ketiga kerikil tersebut cukup bersih dari kotoran-kotoran di luar agregat kasar.



Gambar 4.3 Kehancuran contoh beton kerikil Omben