

**HUBUNGAN ANTARA  
PERBAIKAN GRADASI PASIR  
LOKAL DENGAN KUAT TEKAN  
DAN BIAYA BETON DI  
KEPULAUAN KARIMUNJAWA**

**Bambang Endroyo<sup>1</sup>**

**ABSTRACT**

*Nowdays, civil work needs concrete in larger quantities, because it has several benefit characters. Karimunjawa Islands which is located on Java Sea, 90 kilometers North of Jepara and which has been becoming a developing tourism site, needs concrete building for infrastucture. Karimunjawa sand is not eligible for building structure, so a qualified guaranteed concrete is very expensive because must use Java sand which must be brought up by ship. It is necessary to use some local material in large quantities for getting an economic concrete price.*

*This research attempts to substitute Muntilan sand by gradual increasing in composition to get a qualified-economic concrete, and will find its relation to the cost. The substitution values start from 0% to 100%. The mix-composition is 1:1.5:2.5, wcf 0.5, cement from Gresik company, and coarse agregate from Karimunjawa (local) and from Jepara. Water from Karimunjawa. The price of material and labour wage are prevailed when research is being done.*

*The results are: There is a relation between improvement of sand gradation*

<sup>1</sup> Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

*with both of quality and cost of concrete. The larger the composition of substitution, the higher quality and the more expensive its cost becomes. In the quality from  $f_c'$  8.4 MPa to 14.1 MPa, concrete using local crushed stone was 8.43% cheaper than concrete using Jepara crushed stone*

**Key words :** *concrete, sand, fineness modulus, quality, price.*

**PENDAHULUAN**

Kepulauan Karimunjawa terletak di laut Jawa, 90 km dari kota Jepara, terdiri dari 27 pulau dilakukan oleh pemerintah untuk menunjang industri pariwisata di lokasi ini, antara lain dengan menetapkannya sebagai kawasan Taman Wisata Nasional sejak 1988, pengadaan jalur kapal penumpang dari Jepara ke Karimunjawa 2x seminggu, pembangunan lapangan terbang Dewadaru, dan pembangunan jaringan telekomunikasi. Selain itu juga dibangun jalan (dengan jembatannya) sepanjang 22 kilometer dari pelabuhan ke lapangan terbang. Pemandangan yang indah di kanan kiri jalan dan taman laut dengan 33 generasi dalam 12 famili binatang karang serta 242 jenis ikan merupakan daya tarik tersendiri bagi wisatawan domestik maupun asing.

Dari prospek strategis di atas, dapat diramalkan bahwa Karimunjawa akan membutuhkan banyak sarana dan prasarana untuk menunjang segala macam kegiatan. Lebih-lebih dengan harapan Gubernur Jawa Tengah Mardiyanto bahwa Karimunjawa perlu dikembangkan untuk menambah pendapatan daerah (Wawasan, 4-6-1999). Selain prasarana yang telah dibangun dan disebutkan di

atas, telah pula direncanakan prasarana berupa hotel, dermaga, toko, masjid, jaringan listrik, jaringan air bersih, dan stasiun klimatologi (Suara Merdeka, 27-12-1994). Kesemuanya itu sampai sekarang (tahun 2002) belum banyak yang terwujud karena sedikitnya investor yang tertarik. Salah satu penyebabnya, menurut penulis adalah mahalannya harga bahan-bahan bangunan sampai di Karimunjawa.

Pasir lokal Karimunjawa, menurut hasil penelitian Subani (1993) tidak memenuhi syarat untuk beton struktur, sehingga untuk pembuatan beton struktur harus mendatangkan pasir dari pulau Jawa. Hal ini mengakibatkan mahalannya harga bangunan besar/bertingkat yang menggunakan konstruksi beton. Oleh karena itulah diperlukan usaha untuk mencari alternatif pengadaan agregat halus sehingga diharapkan dapat menekan harga bangunan beton di daerah Karimunjawa.

Penelitian ini mendekati masalah dari konsentrasi Manajemen Konstruksi, dan diharapkan akan ada penelitian lanjutan, dari konsentrasi lain sehingga akan diperoleh hasil yang lebih komprehensif tentang bahan beton di Karimunjawa.

### **PENGGUNAAN KONSTRUKSI BETON DALAM PEMBANGUNAN SARANA DAN PRASARANA FISIK**

Beton adalah campuran antara bahan-bahan semen portland, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (Departemen PU, 1989:4). Semen portland pada hakekatnya berfungsi sebagai bahan pengikat agregat. Sebagai agregat halus

biasanya digunakan pasir dan sebagai agregat kasar biasa digunakan krikil. Bila bahan-bahan tersebut dicampur dalam perbandingan tertentu akan membentuk suatu pasta yang secara perlahan-lahan dan akan mencapai keadaan keras seperti batu pada sekitar 28 hari. Oleh karena itu diperlukan konstruksi cetakan untuk memberi bentuk adonan selama masa pengerasan.

Sebagai bahan konstruksi, beton mempunyai kelebihan antara lain: dapat dibentuk sesuai dengan selera; kuat tekan beton yang tinggi (dapat sampai  $80 \text{ N/mm}^2$ ); tahan terhadap pelapukan; pemeliharannya termasuk mudah dan murah; bahan-bahan beton selain semen merupakan bahan lokal; bila digabung dengan baja dengan penempatan yang tepat, konstruksi beton bertulang akan dapat menahan berbagai jenis pembebanan. Sedang kelemahannya antara lain: bila dibongkar tak dapat dipakai ulang; warnanya yang kurang cerah; perlu ketelitian dalam pembuatannya; dan waktu pengerasan yang relatif lama.

Penggunaan beton dalam pembangunan sarana dan prasarana fisik semakin dominan karena kelebihannya yang sangat signifikan sementara kelemahannya dapat diatasi dengan cara-cara khusus.

### **SYARAT-SYARAT TEKNIS AGREGAT SEBAGAI BAHAN BETON**

Agregat dalam beton berfungsi sebagai bahan pengisi. Agregat dapat dibedakan menjadi agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus adalah agregat yang semua butirnya menembus ayakan 4,8 mm sedang agregat kasar adalah agre-

gat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm. Agregat dapat diperoleh dari alam, hasil pembuatan, maupun kombinasi dari keduanya, namun lazimnya agregat diambil dari alam. Sebagai bahan alam, agregat yang ada mempunyai bermacam-macam kualitas yang sangat bervariasi tergantung dari asal pengambilannya. Untuk pekerjaan beton, lebih lebih beton mutu tinggi, agregat harus mempunyai persyaratan tertentu.

### Syarat-syarat agregat halus

Syarat-syarat agregat halus menurut ASTM C33-86 (Dep. PU, 1989:203) secara ringkas adalah sebagai berikut:

1. Kadar lumpur maksimal 5%.
2. Kadar gumpalan tanah liat yang mudah dirapihkan maksimum 3%
3. Kadar zat organis, bila direndam dengan NaOH 3%, warnanya tidak lebih tua dari warna standar.
4. Agregat halus yang akan dipakai untuk beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus dan tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dan semen yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan.
5. Bersifat kekal, artinya tidak hancur karena pengaruh cuaca yang bila dites memakai natrium sulfat, bagian yang hancur kurang dari 10%.
6. Harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam, yang bila dilakukan uji ayakan, koefisien modulus kehalusannya antara 2,3 - 3,1.

Selain syarat-syarat tersebut di atas, ada beberapa angka/koefisien agregat yang perlu diketahui dan sering dipakai

dalam perencanaan mutu beton. Beberapa persyaratan itu antara lain :

1. Bobot isi pasir.
2. Kadar zat kimia yang terkandung dalam pasir.

### Syarat-syarat agregat kasar

Sedang syarat-syarat agregat kasar adalah:

1. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron maksimal 1%
2. Agregat kasar yang akan dipakai untuk beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dan semen yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan.
3. Tidak boleh mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20% berat.
4. Kekerasan butir ditentukan dengan bejana Rudeloff dan dengan bejana Los Angeles. Dengan bejana Los Angeles, untuk beton mutu sampai dengan 20 MPa (beton kelas II) bagian hancur yang menembus ayakan 1,7 mm maksimum sebesar 40% - 50%.
5. Mempunyai nilai modulus kehalusan antara 6,0 - 7,1.

### PENGUNAAN PASIR LOKAL UNTUK PEMBUATAN BETON DAN ALTERNATIF PERBAIKANNYA

#### Penggunaan pasir lokal untuk pembuatan beton

Potensi alam tentang pasir di Karimunjawa sebetulnya sangat banyak dan secara kuantitas mampu melayani kebutu-

han proyek pem-bangunan di lokasi setempat. Pasir tersebut terletak di sepanjang pulau Karimunjawa berupa tambang-tambang pasir di kebun-kebun milik penduduk. Namun secara kualitas, pasir Karimunjawa tidak memenuhi syarat untuk beton struktur karena modulus halusanya 1,79. Hal ini telah diteliti oleh Subani (1993), di mana dalam penelitian tersebut, pasir ini dibuat beton dengan campuran 1:2:3, FAS 0,55 dan krikil dari Jepara didapat kuat tekan beton karakteristik sebesar 89,10 kg/cm<sup>2</sup>.

Deskripsi data tersebut di atas menunjukkan bahwa untuk menggunakannya sebagai bahan beton, pasir Karimunjawa perlu mendapat perbaikan mutu gradasinya terlebih dahulu, karena modulus halus pasir untuk beton menurut ASTM minimal 2,3. Untuk memperbaiki gradasi suatu pasir dapat dilakukan dengan berbagai cara. Menurut Murdock LJ dan KM Brook (1991), untuk mendapatkan pasir dengan gradasi yang cocok dapat dilakukan dengan cara memperbaiki gradasi dengan menambah pasir campuran yang cocok, atau mengambil bagian agregat yang kelebihan.

### **Substitusi Pasir Muntitan Dalam Pembuatan Beton Lokal di Karimunjawa**

Perbaikan mutu pasir dapat dilakukan dengan mencampur pasir lain. Sagel R, Kole P dan Gideon Kusuma (1997:165) mengatakan bahwa pasir cor biasanya terlalu kasar dengan gradasi masuk pada zone 1 dan kekurangan material yang lewat ayakan 0,3 mm, sedang pasir alamiah halus masuk pada zone 2 atau 3 biasanya hanya dipakai untuk produksi mortar dan plesteran. Dengan

mencampur pasir halus dengan pasir cor akan didapat pasir ideal. Lebih lanjut dikatakan bahwa pencampuran dua macam pasir merupakan hal yang masih jarang dilakukan di Indonesia.

Dalam penelitian yang penulis selenggarakan ini, dicoba meningkatkan mutu beton Karimunjawa dengan substitusi pasir Muntitan secara bertahap yaitu 0,20; 0,30; 0,40; dan 0,50 dari banyaknya pasir yang dibutuhkan dalam beton. Substitusi kurang dari 0,20 dianggap kurang efektif karena terlalu sedikit pasir substitutor sehingga kemungkinan pengaruhnya kurang terlihat. Sementara substitusi di atas 0,50 dianggap kurang efektif juga karena sudah terlalu banyak pasir substitusi sehingga tidak mencerminkan pemanfaatan bahan bangunan lokal. Sedang campuran yang ditinjau adalah campuran 1:1,5:2,5 dengan alasan bahwa perbandingan campuran ini adalah komposisi yang sering dipakai untuk pekerjaan sederhana beton struktur di Indonesia selain campuran 1:2:3 (Sagel R, Kole P dan Gideon Kusuma, 1997 :162). FAS yang dipakai 0,50 dengan alasan kalau FAS kecil akan mempersulit pengerjaan dan sebaliknya kalau FAS besar mengakibatkan kuat tekan beton yang dihasilkan menjadi rendah. FAS maksimal yang diijinkan adalah 0,55 (Sagel R, Kole P dan Gideon Kusuma, 1997:162).

Pada penelitian ini, pembuatan beton didasarkan atas pedoman-pedoman praktis karena hasil penelitian ini difokuskan untuk konstruksi beton yang banyak dikerjakan oleh kontraktor-kontraktor menengah, yaitu beton kelas II. Beton kelas II yaitu beton normal dengan mutu 10 MPa sampai 20 MPa. Para kontraktor

menengah pada saat krisis ekonomi ini memerlukan bantuan dari hasil-hasil penelitian tentang pembuatan beton yang memenuhi mutu yang disyaratkan dengan biaya yang murah. Oleh karena itu lah maka penelitian ini akan lebih mendekatkan kepada kondisi lapangan yaitu dengan memakai perbandingan volume campuran yang lazim digunakan oleh para kontraktor menengah atau masyarakat.

Pemilihan bahan substitusi dengan menggunakan pasir Muntilan didasarkan atas pertimbangan bahwa pasir dari daerah Jepara dan sekitarnya tidak ada yang baik dipakai untuk pembuatan beton. Pasir-pasir yang dipakai untuk bahan bangunan di Jepara dan Kudus banyak didatangkan dari Muntilan, Semarang, Blora dan Cepu dengan harga yang berimbang. Sedangkan pasir Muntilan adalah bahan bangunan yang telah luas pemakaiannya, dan distribusi perdagangannya telah sampai ke daerah Jepara, sehingga pengadaannya sampai ke Karimunjawa tidak ada masalah. Pasir ini telah dipakai untuk pembuatan beton struktur di Jawa Tengah. Modulus kehalusan pasir Muntilan menurut hasil penelitian penulis adalah 2,811.

### **Penggunaan Kricak Jepara Dalam Pembuatan Beton Lokal di Karimunjawa**

Alternatif lain yang akan dipakai untuk meningkatkan mutu beton Karimunjawa adalah penggunaan agregat kasar dari Jepara. Alternatif ini dipilih setelah melihat hasil uji tekan silinder beton pada penelitian tahap pertama yang menunjukkan bahwa kerusakan benda uji terjadi pada agregat kasar (kricak Karimunjawa).

Kricak dari Jepara telah dipakai secara luas pada pembuatan bangunan dan pemasarannya telah sampai Semarang dan sekitarnya. Selain itu jarak pengirimannya dekat dengan lokasi penelitian (Karimunjawa). Oleh karena itu kricak ini layak digunakan sebagai alternatif lain untuk meningkatkan mutu beton di Karimunjawa.

## **METODE PENELITIAN**

### **Populasi**

Populasi penelitian ini adalah pasir lokal Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Propinsi Jawa Tengah. Adapun sifat-sifat populasi yang perlu disampaikan di sini adalah:

1. Populasi bersifat tak terbatas yang terdapat di kebun-kebun penduduk di seluruh kepulauan Karimunjawa.
2. Populasi bersifat relatif homogen karena bentuk, ukuran butir dan sifat-sifat fisik lainnya dapat dikatakan sama.

Sifat-sifat populasi ini sangat perlu untuk penentuan teknik sampling.

### **Sampel dan Pengambilan Sampel**

Sampel adalah sebagian dari populasi, yang diambil dengan metode tertentu sehingga mereka memenuhi syarat sebagai wakil dari populasi. Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan cara-cara seperti yang diuraikan berikut ini:

1. Pengambilan sampel pasir dan kricak menggunakan *purposive sampling*. Dalam penelitian ini dipilih satu tempat pengambilan yang menurut pengamatan visual mutunya dapat mewakili populasi.

2. Pengambilan sampel di lokasi diambil dari pasir yang siap berangkat untuk dikirim. Hal ini sesuai dengan Murdock (1991:40).
3. Pereduksian sampel pasir maupun kricak untuk uji laboratorium menggunakan juga menggunakan pendapat Murdock (1991:41), yaitu cara quartering.

### Variabel Penelitian

Variabel-variabel penelitian pada tesis ini adalah:

1. Variabel bebas, yaitu :  
Besarnya substitusi terhadap pasir lokal yang dilakukan untuk kedua jenis pasir substitutor, yaitu berturut-turut 0,0 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 dan 1,-
2. Variabel terikat, yaitu :
  - a. Mutu beton, dinyatakan dengan kuat tekan benda uji silinder beton umur 28 hari.
  - b. Biaya pekerjaan beton yang dinyatakan dengan harga satuan beton tanpa tulangan dengan dasar perhitungan harga pasar yang berlaku pada saat penelitian.
3. Variabel kontrol, yaitu:
  - a. Faktor air semen (fas) ditentukan 0,5
  - b. Perbandingan campuran beton ditentukan sebesar 1pc : 1,5 pasir : 2,5 krikil
  - c. Bahan untuk pc ditentukan merk Gresik
  - d. Kricak ditentukan kricak lokal dari Karimunjawa (tahap I) dan kricak dari Jepara (tahap II)
  - e. Air dipakai dari dari Karimunjawa

### Metode pengumpulan data

Dalam pengumpulan data penelitian, penulis menggunakan:

1. Dokumentasi, yaitu pencatatan atas semua hal yang berhubungan dengan obyek penelitian, dilakukan ke instansi-instansi terkait.
2. Observasi, yaitu pengamatan dan pencatatan terhadap hal yang berhubungan dengan pembuatan beton dengan bahan bangunan lokal di Karimunjawa.
3. Tes, yaitu pengumpulan data dengan menggunakan instrumen tes yang standar. Instrumen yang digunakan adalah instrumen standar yang digunakan untuk uji bahan bangunan.

### Teknik Pengukuran Data

Teknik pengukuran data adalah:

1. Data dari dokumentasi dan observasi disusun dalam suatu bentuk yang sistematis baik melalui tabel maupun grafik.
2. Data dari tes diukur sesuai dengan skala pengukuran masing-masing instrumen.

### Instrumen Penelitian

Instrumen yang dipakai adalah instrumen yang telah distandarisasikan. Instrumen penelitian yang dipakai untuk mengukur variabel menggunakan instrumen standar yang dipakai untuk pengujian bahan bangunan beserta cara-caranya.

Data tentang karakteristik bahan bangunan lokal banyak menggunakan data sekunder yang berasal dari hasil-hasil

penelitian bidang teknologi bahan atau struktur bangunan. Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan karena belum ada data dari peneliti di bidang teknologi bahan dan struktur yang dapat dipakai untuk penelitian ini.

Beberapa instrumen yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perangkat tes kuat tekan silinder beton
2. Perangkat untuk perhitungan biaya beton menggunakan 3 metode: metode dari Analisa BOW, metode dari Aggarwal dan metode praktis yang dilakukan oleh suatu kontraktor di Jawa Tengah. Hasil dari beberapa metode tersebut kemudian dicari reratanya

### Teknik Analisis Data

Analisis data penelitian menggunakan analisis deskriptif, yaitu :

1. Mendeskriptifkan data yang berasal dari dokumentasi, yang disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik.
2. Mendeskripsikan variabel penelitian, yaitu hubungan antara variabel-variabel bebas dengan variabel terikat.

### JALANNYA PENELITIAN

#### Pengambilan sampel

Pengambilan sampel ke Karimunjawa dilakukan pada tanggal 3 s/d 6 Nopember 2001. Pasir diperoleh dari salah satu penjual pasir yaitu bapak Nur Fatoni dari desa Kemunjen, Kecamatan Karimunjawa dengan harga Rp. 14.000,- per m<sup>3</sup>. Kricak diperoleh dari bapak Suyoto desa Alang-alang, Kecamatan Karimunjawa. Harga pasaran kricak Karimunjawa ada-

lah Rp. 30.000,- per m<sup>3</sup>. Air diperoleh dari ibu Hajah Siswati di desa Karimunjawa, Kecamatan Karimunjawa, yang dengan pengamatan fisik cukup dapat dipakai untuk pembuatan beton. Kricak Jepara diambil dari leveransir di kota Jepara dengan harga Rp. 65.000,- per m<sup>3</sup>.

### Pemeriksaan bahan

Bahan-bahan beton harus diketahui karakteristiknya dahulu sebelum digunakan. Dalam hal belum ada data, maka bahan tersebut harus diuji dahulu. Pada penelitian ini beberapa karakteristik bahan telah diketahui dari penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu:

1. Pasir Karimunjawa, dengan modulus halus 1,79; bobot isi 1337,59; kadar lumpur 2,94% ; kadar hilang pijar 44,2% kadar bahan organik 43,37%.
2. Pasir Muntilan, dengan modulus halus 2,811; bobot isi 1554,3; kadar lumpur 2,94%; kadar hilang pijar 1,69%; kadar bahan organik, larutan NaOH 3% kuning.
3. Kricak Jepara, dengan modulus kehalusan 6,96 ; bobot isi 1319,92 gram.
4. Kricak Karimunjawa dengan modulus kehalusan 6,80 ; bagian yang pipih dan panjang sebesar 15,39%
5. Air yang dipakai dengan pengamatan fisik dapat dipakai untuk pembuatan beton karena jernih, rasanya segar (tidak payau) dan biasa dipakai untuk air minum.

### Pembuatan dan pengujian benda uji

Sesuai dengan rencana penelitian, maka tiap perlakuan dibuat tiga benda uji sehingga ada 36 benda uji. Pembuatan

benda uji mengikuti prosedur standar pembuatan yang berlaku. Benda uji dibuat dengan campuran 1:1,5:2,5 dengan FAS 0,5 serta kricak dari Karimunjawa (tahap 1) dan kricak Jepara (tahap 2). Agregat halus dibuat sebagian dari pasir Karimunjawa dan sebagian lain disubsidi oleh pasir Muntlan. Besarnya substitusi adalah 0%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 100%. Benda uji kemudian dirawat dengan cara direndam di dalam air sampai umur 28 hari.

Pengujian kuat tekan benda uji dilaksanakan di laboratorium Teknik Sipil UNNES. Hasilnya adalah kuat tekan rata-rata ( $f'_{cr}$ ). Dari hasil itu ( $f'_{cr}$ ) kemudian dapat dihitung kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f'_c$ ). Karena beton ini nantinya diasumsikan dibuat oleh kontraktor menengah yang telah mempunyai pengalaman dalam pembuatan dan pengendalian mutu beton, maka untuk menghitung besar kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f'_c$ ) nilai kuat tekan rata-rata ( $f'_{cr}$ ) dapat dikoreksi dengan nilai margin tertentu (Wuryati, 2001:56).

Pada penelitian ini, berdasar tabel-tabel yang terdapat dari beberapa sumber, peneliti menentukan besar nilai margin adalah 7 MPa. Dengan demikian maka besar  $f'_c = f'_{cr} - 7$  MPa. Semuanya hasil perhitungan dirangkum dalam Tabel 1.

### **Perhitungan Penggunaan Bahan Beton**

Dalam pembuatan beton, ada dua macam metode pencampuran bahan, yaitu metode perbandingan berat dan metode perbandingan volume. Pada metode perbandingan volume, bahan-bahan di-

takar sesuai dengan perbandingan volumena dan dicampur dengan air sesuai dengan FAS yang ditentukan, untuk membentuk adonan beton. Cara ini banyak dipakai untuk pekerjaan pekerjaan beton struktur sederhana yang memiliki kuat tekan sekitar 20 MPa. Kelebihan metode ini adalah praktis dan sesuai dengan penggunaannya di lapangan yaitu untuk konstruksi sederhana.

Pada penelitian ini dipakai metode perbandingan volume dengan beberapa alasan:

1. Sasaran penelitian ini adalah untuk konstruksi beton struktur menengah dengan kuat tekan sekitar 20 MPa sampai 25 MPa.
2. Bahan-bahan lokal di Karimunjawa (pasir dan kerikil) bermutu rendah sehingga diduga tidak dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan lebih dari 25 MPa.
3. Penggunaan metode perbandingan volume sangat sesuai dengan metode pencampuran beton sederhana yang telah lazim dilaksanakan oleh masyarakat. Dengan demikian penelitian ini memiliki validitas eksternal yang cukup tinggi.
4. Bila hasil penelitian ini memiliki nilai positif, akan disosialisasikan kepada masyarakat teknik dalam hal ini para kontraktor kecil dan menengah maupun kepada masyarakat luas di Karimunjawa melalui kegiatan pengabdian pada masyarakat, sehingga mereka dapat membuat beton secara efisien (dilihat dari mutu-biaya) di Karimunjawa.

### **Perhitungan Biaya**

Perhitungan biaya dilakukan sebelum bangunan tersebut dibuat, sehingga

sering disebut estimasi biaya. Menurut Aggarwal (1980:1), estimasi adalahantisipasi harga pekerjaan yang mungkin akan dikeluarkan dan selalu dikerjakan sebelum pekerjaan dimulai. Estimasi biaya dapat bersifat kasar dan teliti (Mukomoko, 1986:76). Peurifoy RL dan Oberlender GD (1989:2) menyebutnya dengan *Approximate Estimate* dan *Detailed Estimate*.

Perhitungan biaya bangunan sering menggunakan harga satuan pekerjaan, yaitu harga pada tiap satuan pekerjaan, misalnya untuk beton satuannya  $m^3$ , untuk lantai  $m^2$ , dan sebagainya. Perhitungan biaya pekerjaan beton dapat dibagi dalam biaya untuk bahan-bahan, upah buruh, biaya peralatan, biaya tak terduga, dan keuntungan.

Harga bahan adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk mendatangkan bahan/ material sampai ke lokasi pekerjaan. Untuk harga pasir di daerah Jepara, menurut daftar harga bahan bangunan yang diterbitkan oleh Pusat Informasi Bangunan Propinsi Jawa Tengah pada triwulan pertama tahun 2001 adalah hampir dua kali lipat harga pasir di daerah lain di Jawa Tengah. Oleh karena itu dengan didapatkannya hasil penelitian ini akan sangat membantu memecahkan masalah dalam pembuatan beton yang memenuhi syarat dengan harga yang lebih murah, yang akan dapat dipraktikkan oleh para kontraktor-kontraktor menengah yang mendapatkan proyek di Karimunjawa.

Biaya pembuatan beton dapat dihitung berdasarkan beberapa pendekatan. Dari beberapa literatur yang ada, dapat

disarikan beberapa pendekatan perhitungan biaya bangunan, yaitu:

1. Versi BOW, yang masih lazim digunakan di Indonesia untuk menghitung biaya bangunan dalam pelaksanaan pekerjaan kelas menengah.
2. Versi Aggarwal, yang ditulis oleh Aggarwal dalam buku *Civil Estimating, Costing and Valuation* terbitan Katson Publishing House tahun 1980.
3. Versi praktis dari salah satu kontraktor di Jawa Tengah, bersumber dari kontrak pelaksanaan pekerjaan jembatan di Jawa Tengah.

Dalam penelitian ini akan dipakai ketiga versi tersebut di atas, dan hasil perhitungan ketiga versi tersebut akan dirata-rata untuk menghasilkan harga rata-rata biaya beton di Karimunjawa. Perlu ditambahkan bahwa pada penelitian ini perhitungan didasarkan untuk beton tak bertulang dengan pertimbangan bahwa perhitungan pembesian dapat dihitung secara terpisah. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2

### **HUBUNGAN ANTARA KUAT TEKAN YANG DISYARATKAN ( $f_c'$ ) DENGAN BIAYA BETON PER $m^3$**

#### **Hubungan antara perbaikan gradasi pasir Karimunjawa dengan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ )**

Hubungan antara perbaikan gradasi pada pasir Karimunjawa (dengan pasir Muntilan) akan mengakibatkan meningkatnya kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ). Hal ini disebabkan karena pasir akan masuk dalam daerah/zone yang ideal untuk bahan beton. Dari hasil penelitian dapat disusun tabel hubungan

antara besar substitusi pasir Muntilan dengan besar kuat tekan yang disyaratkan, yang ditunjukkan dalam Tabel 1 berikut ini. Nampak bahwa makin besar substitusi pasir Muntilan akan makin besar mutu beton yang dihasilkan.

Tabel 1. Hubungan antara perbaikan gradasi pasir karimunjawa dengan mutu beton

| Besarnya Substitusi (%) | Kricak   |          |
|-------------------------|----------|----------|
|                         | Lokal    | Jepara   |
| 0 %                     | 8,4 MPa  | 10,4 MPa |
| 20 %                    | 9,0 MPa  | 12,0 MPa |
| 30 %                    | 9,5 MPa  | 15,7 MPa |
| 40 %                    | 12,4 MPa | 19,8 MPa |
| 50 %                    | 13,0 MPa | 23,0 MPa |
| 100 %                   | 14,1 MPa | 27,0 MPa |

### Hubungan antara perbaikan gradasi pasir Karimunjawa dengan biaya beton

Perbaikan gradasi pasir Karimunjawa dengan pasir Muntilan membawa konsekuensi akan bertambah banyaknya pasir Muntilan yang dipakai untuk membuat beton tiap  $m^3$ , sehingga akan makin mahal harga beton yang dihasilkan.

Pada Tabel 2 dapat dilihat hubungan antara perbaikan gradasi pasir Karimunjawa dengan biaya beton tiap  $m^3$ . Makin banyak substitusinya akan makin mahal biaya untuk membuat betonnya.

Tabel 2. Hubungan antara perbaikan gradasi pasir Karimunjawa dengan biaya beton tak bertulang tiap  $m^3$

| Besarnya Substitusi (%) | Kricak     |             |
|-------------------------|------------|-------------|
|                         | Lokal (Rp) | Jepara (Rp) |
| 0 %                     | 583.242    | 657.077     |
| 20 %                    | 595.559    | 669.395     |
| 30 %                    | 601.665    | 675.501     |
| 40 %                    | 609.327    | 683.179     |
| 50 %                    | 613.968    | 696.721     |
| 100 %                   | 644.830    | 718.666     |

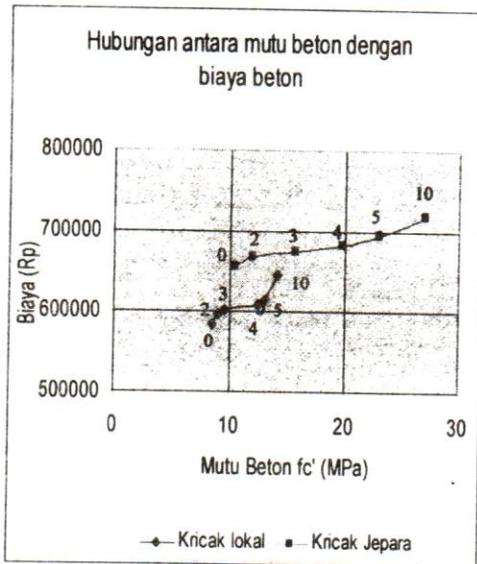
### Hubungan antara perbaikan gradasi pasir Karimunjawa dengan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ) dan biaya beton.

Hubungan didapat dengan menggabungkan Tabel 1 dan Tabel 2 sehingga dapat dibuat Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hubungan antara kuat tekan yang disyaratkan ( $f_c'$ ) dengan biaya beton

| Besarnya Substitusi | $f_c'$ (MPa) | Biaya (Rp) | Ket.               |
|---------------------|--------------|------------|--------------------|
| 0 %                 | 8,4          | 583.242    | Kricak Karimunjawa |
| 20 %                | 9,0          | 595.559    |                    |
| 30 %                | 9,5          | 601.665    |                    |
| 40 %                | 12,4         | 609.327    |                    |
| 50 %                | 13,0         | 613.968    |                    |
| 100 %               | 14,1         | 644.830    |                    |
| 0 %                 | 10,4         | 657.077    | Kricak Jepara      |
| 20 %                | 12,0         | 669.395    |                    |
| 30 %                | 15,7         | 675.501    |                    |
| 40 %                | 19,8         | 683.179    |                    |
| 50 %                | 23,0         | 696.721    |                    |
| 100 %               | 27,0         | 718.666    |                    |

Selanjutnya hubungan tersebut dapat digambarkan dalam grafik pada Gambar 1 berikut ini.



Keterangan:

- 0 = Substitusi pasir Muntilan 0 %
- 2 = Substitusi pasir Muntilan 20 %
- 3 = Substitusi pasir Muntilan 30 %
- 4 = Substitusi pasir muntilan 40 %
- 5 = Substitusi pasir Muntilan 50 %
- 10 = Substitusi pasir muntilan 100 %

Gambar 1. Hubungan antara mutu beton dan biaya beton pada beberapa alternatif perbaikan gradasi pasir lokal di Karimunjawa

Terlihat bahwa substitusi pasir Muntilan untuk perbaikan gradasi pasir lokal terbukti dapat menaikkan mutu beton yang dihasilkan. Makin besar substitusi akan makin besar mutu beton yang dihasilkan.

Namun makin besar substitusi akan makin besar biaya yang diperlukan karena

makin banyak pasir Muntilan yang dibutuhkan.

Namun penggunaan kricak lokal hanya akan menghasilkan mutu beton sampai maksimal 14,1 MPa. seperti terlihat dalam grafik pada Gambar 1. Sedang dengan menggunakan kricak Jepara, mutu beton yang dihasilkan dapat mencapai sampai 27 MPa.

Dalam grafik terlihat pula bahwa dalam mutu yang sama, penggunaan kricak lokal menghasilkan beton yang lebih murah, yang apabila dihitung sebesar 8,43%

### SIMPULAN

Akhirnya dapatlah diperoleh simpulan sebagai berikut.

1. Ada hubungan antara mutu beton dengan harga beton pada beberapa perbaikan modulus halus pasir lokal di Karimunjawa. Makin banyak substitusi (perbaikan) makin besar mutu dan biayanya.
2. Beton dengan bahan kricak lokal, perbaikan modulus halus pasir lokal dengan substitusi pasir Muntilan (0% - 100%) dapat menghasilkan kuat tekan yang disyaratkan ( $f_c'$ ) antara 8,4 MPa sampai 14,1 MPa dengan harga mulai Rp. 583.242,- sampai Rp. 644.830,-
3. Beton dengan bahan kricak Jepara dengan substitusi pasir Muntilan dapat menghasilkan  $f_c'$  antara 10,4 MPa sampai 27 MPa dengan harga dari Rp. 657.077,- sampai Rp. 718.666,-
4. Pada mutu beton ( $f_c'$ ) antara 8,4 MPa sampai 14,1 MPa, beton dengan bahan kricak lokal lebih ekonomis

dari beton dengan bahan kricak Jepara pada mutu yang sama.

## SARAN – SARAN

1. Pembuatan beton dengan kuat tekan yang disyaratkan ( $f_c'$ ) sebesar 14,1 MPa s/d 27 MPa di Karimunjawa, disarankan menggunakan kricak dari Jepara, PC Gresik, FAS 0,5, air lokal, dan perbandingan volume 1:1,5:2,5 dengan agregat halus yang terdiri dari pasir lokal dengan substitusi pasir Muntilan sebesar 30% s/d 100%.
2. Pembuatan beton dengan kuat tekan yang disyaratkan ( $f_c'$ ) sebesar 8,4 MPa s/d 14,1 MPa di Karimunjawa, disarankan memakai kricak lokal, PC Gresik FAS 0,5, dari pasir lokal dengan substitusi pasir Muntilan sebesar 0% s/d 100%. Hal ini disarankan karena lebih ekonomis (murah) sekitar 8,43% dari beton yang dibuat dari agregat kasar kricak Jepara dengan mutu yang sama.
3. Penelitian ini dilakukan dalam pendekatan Manajemen Konstruksi. Oleh karena itu masih perlu penelitian lanjutan terutama dari peminatan lain (struktur), sehingga akan didapat hasil yang lebih komprehensif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, Amarjit (1980). Civil Estimating, Costing and Valuation. Luthiana: Katson-Publishing House.
- Departemen PU (1989). Pedoman Beton (Draft Konsensus). Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Endroyo, Bambang (1994). Kualitas Beton yang Menggunakan Pasir Karimunjawa. Laporan Penelitian DPP/SPP. Semarang: IKIP Semarang.
- Endroyo, Bambang (2002). Hubungan Antara Mutu dan Harga Beton Dengan Perbaikan Modulus Halus Pasir Lokal di Kepulauan Karimunjawa, Tesis. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya.
- Mukomoko (1973). Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan. Jakarta: Kurnia Esa
- Murdock LJ dan KM Brook (1991). Bahan dan Praktek Beton. alih bahasa Srephanus Hindarko. Jakarta: Erlangga
- Peurifoy RL, GD Oberlender (1989). Estimating Construction Cost. Boston: Mcgraw-Hill.
- Sagel R, P Kole dan Gideon Kusuma (1997). Pedoman Pengerjaan Beton. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Subani, Agung (1993). Studi Eksperimen Kekuatan Beton yang Menggunakan Pasir Dari Daerah Karimunjawa. Skripsi. Semarang: FPTK IKIP Semarang.
- Wuryati, Samekto (2001). Teknologi Beton. Yogyakarta: Yayasan Kaniisius.
- Harian *Suara Merdeka*, 27-12-1994
- Harian sore *Wawasan*, 4-6-1999