

PERBANDINGAN MORTAR BERPASIR PANTAI DAN SUNGAI

Yusuf Wahyudi

Jurusan Sipil FT Universitas Muhammadiyah Malang
yusufunmuh@yahoo.com

ABSTRACT

The use of sand beach as building material is very rarely used because considering the possible damage toward the other building materials that caused by salt content in it. This research is aimed to provide an overview comparison of mortar with sand beach and Brantas River, and also the use of cement type *Ordinary Portland Cement (PC)* and *Portland Pozzoland Cement (PPC)*.

The result of this research showed that the average weight of sand beach is 1.7739 ton/m³, the average of dry density: 2.55, the average of SSD density: 2.63, the average of appearance density: 2.83, the average of absorption: 2.16%. The value of sand silt in Sendang Biru beach is 1.452%, while for Brantas River is 1.424%. The best compressive strength of mortar was showed by the mixing of 20% of pp Sendang Biru and 80% of ps Brantas River, that is 318,479 kg/cm², or about 28.5% bigger than mortar control (1pc cement: 3ps Brantas) that is 247,706 kg/cm². Furthermore, the compressive strength of pc mortar cement substituted by sand beach is decrease to 68%, 25%, and 22%, while for the mixing of pp Sendang Biru compared with ps Brantas 60%:40%, 80%:20%, and 100%:0%. The average compressive strength of pc cement mortar is higher than the average compressive strength of ppc cement mortar in 28 days. The compressive strength of mortar 1pc: 3 sand in the mix of 100% ps Brantas pc cement is 373.2 kg/cm². Furthermore, the compressive strength of mortar substituted with sand beach 20%, 40%, 60%, 80%, and 100% each is decreased to be 97.4%, 74.5%, 58.2%, 31.5%, and 22.8% from value control.

Keyword: characteristic, compressive strength, mortar, sand beach, Portland cement, pozzolan cement.

PENDAHULUAN

Karya tulis ini adalah bentuk publikasi dari kajian tentang penggunaan pasir pantai pada campuran mortar, dengan pembandingan mortar berbahan pasir sungai Brantas, serta pemakaian jenis semen *Ordinary Portland Cement (PC)* dan *Portland Pozzoland Cement (PPC)*. Selanjutnya artikel yang terpublikasikan

Melalui seminar nasional, bertujuan untuk memberikan informasi kepada masyarakat pengguna mortar tentang pemakaian pasir pantai dalam mortar dengan perekat semen PC dan PPC. Penulisan karya ini belum disertai uraian kerugian dan keuntungan yang diakibatkan pemakaian pasir pantai secara lengkap, tetapi sebagai langkah awal untuk memanfaatkan sumber daya pantai serta mengurangi pengalihan pasir sungai. Pemanfaatan material yang terdapat di permukaan, melalui bidang teknik sipil sangat diharapkan untuk kesejahteraan masyarakat

(Suhendro B., 2003), demikian juga pemanfaatan pasir pantai ini.

Bahan bangunan selalu saja diperlukan untuk pembangunan gedung atau sarana fisik lainnya. Pasir sebagai salah satu bahan bangunan yang sering dipakai. Permintaan masyarakat untuk memiliki tempat tinggal cukup tinggi, seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Penduduk di pesisir pantai telah lama menggunakan pasir pantai sebagai mortar atau spesi, beton, plasteran pada bangunan gapura, rumah tinggal, gudang, atau bangunan lainnya. Bangunan fisik tersebut dijumpai di sepanjang pantai utara Jawa Timur dari Muncar sampai Rembang di pantai utara Jawa Timur (Husaini, M. dan Dwi, M.R., 2004), dan di pesisir pulau Madura, serta pantai selatan Jawa Timur, seperti di Sukamade, Grajagan Banyuwangi, Watuulo Jember, Sendangbiru (Amalia, R., 2006), Kecamatan Popoh Kabupaten Tulungagung, Bandung Trenggalek, Pacitan, Kecamatan Parangtritis Kabupaten Bantul, dan beberapa daerah pesisir lainnya (Wahyudi, Y., 2006).



Gambar 1. Hamparan pasir pantai selatan di pantai Sendangbiru

Penambangan pasir di dasar sungai dilakukan untuk memenuhi permintaan masyarakat. Berbagai lokasi penambangan di sungai Konto di Kediri, atau di sungai Pasirian Lumajang, sungai Brantas Mojokerto, sungai Bengawan Solo di Bojonegoro, sungai Brosot di Bantul; Kemudian penambangan di gunung, seperti: Merapi di Magelang, gunung Semeru di Lumajang; Penambangan dari lahan terbuka, misalnya: Gununggangsir Pasuruan, Blabak Magelang. Aktifitas penambangan yang dilakukan terus menerus, tanpa memperhatikan aturan atau pertimbangan yang bijaksana, maka menimbulkan dampak yang merugikan. Kerugian dapat berakibat langsung, atau di masa depan, misalnya keseimbangan alam terganggu, longsor, dan berkurangnya kestabilan bangunan sipil di sepanjang aliran sungai.

Manusia dan lingkungannya berada dalam keadaan seimbang, maka keduanya berada dalam keadaan sehat. Tetapi karena sesuatu sebab sehingga keseimbangan terganggu atau mungkin tidak dapat tercapai, maka dapat menimbulkan dampak yang merugikan bagi kesehatan, atau sisi lainnya (Eddie, W.S., 2006). Pengolahan sumber daya alam yang memperhatikan keseimbangan lingkungan sangat dibutuhkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Salah satu alternatif untuk mengurangi dampak ketidakseimbangan alam yaitu menemukan bahan baru yang berfungsi sama dengan pasir, atau mencari lahan pasir baru misalnya di daerah pesisir atau pantai.

Mortar

Mortar atau spesi, atau adukan, menurut Murdock, R. (1980) adalah campuran yang tersusun atas semen, pasir, air, dalam waktu tertentu akan mengeras seperti batuan. Mortar berfungsi perekat diantara bata merah dalam pembuatan dinding di dalam rumah atau di luar rumah, perekat batu kali pada konstruksi fondasi, atau sebagai lapisan plasteran pada permukaan dinding bata, atau yang lain. Bahan mortar dapat juga ditambahkan bahan tambah untuk mempercepat pengerasan atau tujuan yang lain (Tjokrodinuljo, 1996). Ciri spesi yang baik yaitu murah, kuat atau tahan lama, mudah dikerjakan (diaduk, diangkat, dipasang, dan diratakan), merekat dengan baik dengan bata, batu, dan sebagainya, cepat kering atau keras, tahan terhadap rembesan air, dan tidak timbul retak-retak setelah dipasang (Trimulyono, 2004).

Semen

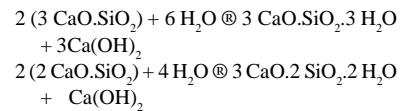
Bahan dasar semen ialah batu kapur dan tanah liat dari alam yang memiliki berbagai oksida. Semen adalah dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidraulik dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982). Pasta semen berfungsi sebagai perekat agregat dan mengisi ruang antar agregat agar menjadi massa yang kompak atau padat.

Tabel 1. Perkiraan komposisi oksida semen portland

Oksidasi	Jumlah (%)
CaO	60 - 67
SiO ₂	17 - 25
Al ₂ O ₃	3 - 8
Fe ₂ O ₃	0,5 - 6,0
MgO	0,1 - 4,0
Alkali (K ₂ O + Na ₂ O)	0,2 - 1,3
SO ₃	1 - 3

Sumber : Neville, 1981

Semen terdiri dari 4 senyawa pokok, yaitu : (a) trikalsium silikat (2 CaO.SiO₂) atau C₃S, (b) dikalsium silikat (2 CaO.SiO₂) atau C₂S, (c) trikalsium aluminat (3 CaO.Al₂O₃) atau C₃A, (d) tetrakalsium aluminoforit (4 CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃) atau C₄AF. Kalsium silikat bereaksi dengan air menghasilkan kalsium silikat hidrat (calcium silicate hydrate atau C-S-H) dan kalsium hidroksida. Reaksi unsur semen dan air membentuk kalsium silikat hidrat yang keras.



C-S-H padat berongga yang belum sempurna disebut tobermorite. Jumlah tobermorite gel 70% dari semen. Ca(OH)₂ bersifat basa kuat (pH=12,5), sehingga mencegah korosi baja tulangan dalam beton. Reaksi C₃A dengan air, diikuti dengan kenaikan kuat tekan pasta (*flash set*), hidrasi C₃A menghasilkan kalsium sulpho aluminat dan kalsium aluminat hidrat. Reaksi C₃A dengan gypsum (CaSO₄.2H₂O) menghasilkan kalsium sulfo aluminat (3CaO.Al₂O₃) berbentuk kristal jarum atau ettringate, reaksi tersebut akhirnya menghasilkan kalsium aluminat hidrat berbentuk kristal kubus.

Waktu pengikatan adukan mortar yang lunak menjadi motar yang keras, digolongkan menjadi dua bagian yaitu ikat awal (*initial time*) yaitu waktu dari pencampuran semen dan air sampai saat sifat plastis akan hilang, dan waktu ikatan akhir (*final setting time*) yaitu lama pasta menjadi massa yang keras (Tjokrodimulyo, K., 1996).

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis (SII 0013-81), yaitu : jenis I, semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti disyaratkan pada jenis-jenis lain. Jenis II, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen *portland* jenis III dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi. Semen jenis IV untuk campuran yang membutuhkan panas hidrasi yang rendah. Dan jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan tahan terhadap sulfat.

Berat jenis semen dari semen pada umumnya berkisar antara 3,10 sampai 3,30, berat jenis rata-rata digunakan 3,15, dan berat isi (berat satuan) semen sangat tergantung pada cara pengisian semen ke dalam takaran (Wuryati S dan Candra R, 2001).

Tabel 2. Spesifikasi teknis pengujian fisika semen portland

Jenis Pengujian	SNI 15-0302-94		ASTMC595-00a	
	PC	PPC	PC	PPC
Kehalusan :				
- Alat blaine (m ² /Kg)	>280	>280	>280	-
Waktu ikat : Vicat tes	> 45	> 45	> 45	> 45
- Awal (menit)	<375	<420	<370	<420
- Akhir (menit)				
Kekekalan:Autoclave tes	<	<	<	<
- Pemuai (%)	0.8	0.5	0.8	0.8
- Penyusutan (%)	-	<	-	<
		0.2		0.2
Kuat Tekan :				
- 3 hari (Kg/cm ²)	>125	>125	>122	>133
- 7 hari (Kg/cm ²)	>200	>200	>194	>204
- 28 hari (Kg/cm ²)	-	>250	-	>255
Ikatan Semu (<i>false set</i>)	>50	-	>50	-
- penetrasi akhir (%)				
Panas Hidrasi				
- 7 hari (cal/gr)	-	< 70	-	< 70
- 28 hari (cal/gr)	-	< 80	-	< 80

PC : *Portland Cement*, Semen *Portland*
 PPC : *Pozzolan Portland Cement*, Semen *Portland Pozzolan*

Sumber : Wuryati, S. dan Candra, R. (2001)

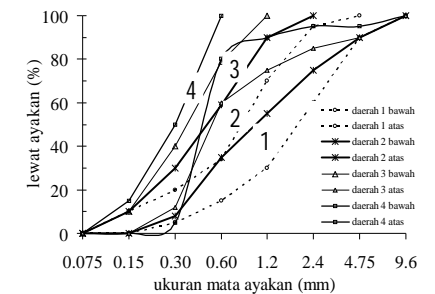
Semen *atau portland cement* (PC) untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus, dan *Portland Pozzolan Cement* (PPC) berfungsi untuk menghasilkan panas hidrasi lebih sedikit dari pada PC, dan tahan terhadap kloran. Semen PPC acapkali dipakai untuk bangunan pengairan, dan beton massa (Tjokrodimulyo, 1996). Collepardi, M. et. al. (1994) menyebutkan bahwa penggunaan pozzolan dalam semen mengurangi kekuatannya karena butiran pozzolan menaikkan faktor air semen. Pemakaian pozzolan dengan konsentrasi tinggi dalam campuran beton dan *superplastisizer* mampu meningkatkan kualitasnya, *setting time* lebih pendek; Sebelum usia beton 28 hari, kuat lentur lebih tinggi, kuat tarik tinggi, modulus elastisitas rendah, retak *shrinkage* lebih kecil, dibanding dengan beton dengan *silica fume* (Zhang, M.H. dan Malhotra, V.M., 1995).

Agregat

Agregat digolongkan menjadi : batu besar yang berdiameter lebih dari 40 mm, kerikil yang bergaris tengah butiran antara 5 mm sampai 40 mm, dan pasir untuk diameter antara 0.15 mm dan 5 mm. Agregat yang baik memiliki bentuk bulat atau mendekati kubus, bersih, keras, kuat, dan bergradasi heterogen, susunan kimia stabil, dan dalam hal-hal tertentu harus aus dan tahan cuaca (Murdock, L.J, 1980). Agregat berasal dari sumber daya alam yang telah mengalami pengcilan ukuran secara alamiah (misalnya kerikil), atau dengan cara memecah batu alam, atau menggali tanah, atau menambang di dasar sungai, atau dari tepi laut. Pasir galian, diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir galian biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam, tetapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara dicuci. Pasir sungai yang berbutir lebih kecil dan berbentuk bulat, akibat gesekan. Pasir pantai berasal dari gerusan atau gesekan batuan di laut. Butiran lebih halus daripada pasir sungai, bentuk bulat karena gesekan, mengandung garam. Garam mengikat air dari udara sehingga butiran pasir agak basah, dan mengembang bila sudah menjadi mortar bangunan (Tjokrodimulyo, K, 1996).

Kelayakan agregat endapan atau deposit berhubungan dengan sejarah geologi dari daerah penambangan agregat. Proses geologis berpengaruh pada pembentukan lokasi deposit, bentuk, ukuran, jenis,

kondisi batuan, gradasi butiran, kebulatan, dan derajat infirmitasnya. Faktor tersebut berpengaruh pada karakteristik butiran seperti kekuatan hancur butiran atau ketahanan terhadap gesekan atau benturan, kekuatan ikatan antara butiran dengan perekat pasta semen, porositas, dan nilai penyerapan air. Nilai porositas serta penyerapan air terbentuk, karena pengaruh ketahanan butiran agregat terhadap proses pembekuan material pembentuknya saat musim dingin, atau panas, dan agresi larutan kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Murdock L.J., 1980).



Gambar 2. Pemetaan daerah gradasi pasir

Agregat halus adalah agregat lolos saringan diameter 0,15 mm - 4,80 mm. British Standard (BS 1881) menyebutkan bahwa distribusi butiran agregat halus dibagi menjadi 4 daerah gradasi seperti dalam gambar di bawah, dari kiri daerah berbutir sangat kecil atau halus, daerah 3 untuk butiran agak halus, daerah 2 butiran sedang, dan paling kanan daerah 4 yaitu pasir kasar. Jika ukuran sama atau seragam, maka volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran bervariasi menghasilkan volume pori yang lebih kecil. Butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori menjadi sedikit, dengan kata lain kemampuan massa tinggi. Pasir sebagai bahan pengisi dalam adukan berfungsi untuk mengurangi penyusutan, butiran yang cukup keras dan gradasi yang bervariasi, menghasilkan spesi yang tahan pengaruh cuaca serta tahan juga pengaruh lain (Supriadi, 1986).

PBI 1971 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971) dan PUBLI 1982 (Peraturan Bahan Bangunan Indonesia 1982) pasal 3.3 mendefinisikan bahwa pasir berasal dari batuan. Persyaratan pasir sesuai standar tersebut yakni berbutir tajam dan memiliki kekerasan

yang baik, tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 50 % yang ditentukan terhadap berat keringnya, apabila kadar lumpur melampaui 5 % maka harus dicuci, tidak boleh mengandung bahan-bahan organik, terdiri dari butiran-butiran beraneka ragam besarnya, pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui (PBI 1971).

METODELOGI PENELITIAN

Pasir pantai sebagai bahan pengganti (*replacement*) sebagian pasir sungai sampai dengan semuanya dalam spesi. Pasir pantai diambil dari pantai Sendangbiru di wilayah Kabupaten Malang sisi selatan Propinsi Jawa Timur. Titik pengambilan dilakukan berjarak 25 m dari garis tepi air laut. Selanjutnya dimasukkan ke dalam kantong plastik.

Pemeriksaan karakteristik pasir dilakukan tanpa mencuci pasir. Demikian juga halnya untuk campuran mortar segar. Harapan penulis perilaku pemakaian pasir di masyarakat tepi pantai yaitu pasir didiamkan dapat digambarkan, walaupun tidak sempurna. Pemeriksaan yang dilakukan seperti :1) analisis gradasi butiran dengan saringan yang tersusun pada mesin penggetar. 2) berat isi pasir terdiri atas berat isi lepas yaitu perbandingan berat pasir dalam tempat dengan volumenya, berat isi padat dengan pematatan tusukan, berat isi padat dengan pematatan getaran. berat jenis, 3) berat jenis, 4) penyerapan air. Nilai yang tertera diperoleh dari rata-rata 3 kali pengujian.

Komposisi campuran mortar dalam perbandingan berat 1 semen : 3 pasir, dengan faktor air semen 0,5. Jenis semen yang dipakai yaitu jenis PC dan PPC, selanjutnya persentase pasir pantai yang

menggantikan pasir sungai Brantas meningkat. Komposisi pasir terdiri atas : 1) 100% pasir pantai (pp) dan 0% pasir sungai (ps), 2) 80% pp dan 20% ps, 3) 60% pp dan 40% ps, 4) 50% pp dan 50% ps, 5) 40% pp dan 60% ps, 6) 20% pp dan 80% ps, dan 7) 0% pp dan 100% ps.

Jumlah komposisi mortar bersemen PC sebanyak 7 macam dan 7 campuran lagi bersemen PPC dengan kandungan pasir pantai Sendangbiru, sehingga jumlah keseluruhan campuran $2 \times 7 = 14$ jenis campuran mortar. Pengujian setiap jenis campuran mortar dilakukan pada 20 buah kubus uji. Pengujian tekan mortar dilakukan pada umur spesimen 14 hari dan 28 hari. Jumlah kubus uji $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ sebesar $14 \times 20 \times 2 = 560$ kubus.

Pencampuran bahan dilakukan dengan *mixing machine*. Tahap awal yaitu pencampuran kering, berikutnya dilakukan penambahan air, dan pencampuran agar homogen pada tahap akhir. Berat dari setiap campuran mortar 5 kg menggunakan semen (sm) jenis PC atau PPC 1,991 kg, pasir pantai 3,009 kg (untuk 100% pp : 0% ps), air 925,815 kg, untuk campuran semen PC : pasir pantai 80% dan pasir sungai 20% = 2.047 kg : 2.3624 kg : 0.5906 kg, untuk campuran semen PPC : pasir pantai 80% dan pasir sungai 20% = 2.045 kg : 2.364 kg : 0.591 kg, dan campuran semen PC : pasir sungai 100% = 1.986 kg : 3.014 kg, untuk campuran semen PPC : pasir sungai 100% = 2.002 kg : 2.998 kg.

Mortar segar dari mesin campur dituangkan ke dalam cetakan baja. Setelah 24 jam dalam cetakan benda uji dilepas dari cetakan. Mortar berbentuk kubus $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ direndam dalam air, tanpa memperhitungkan nilai keasaman air selama 28 hari. Kemudian dikeringkan selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian tekan. Pengujian kuat tekan pada spesimen kubus mortar dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari.



Gambar 3. Cetakan kubus $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$

Pemeriksaan kualitas jenis mortar dilakukan dengan memberikan beban merata di atas kubus, nilai beban saat kubus mulai retak dibagi dengan luasan ~~tampangkubus~~ ~~adalah~~ ~~nilai~~ ~~kuat~~ ~~tekan~~ ~~mortar~~ (*ASTM Standart C 39 – 93a*). Nilai rata-rata kuat tekan mortar diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai hasil uji tekan dan dibagi dengan jumlah spesimen. Selanjutnya nilai rata-rata dituang dalam gambar kurva.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Semen

Hasil pemeriksaan semen merek Semen Gresik yang dibeli di toko bahan bangunan di Landungsari Malang, menyatakan bahwa berat jenis sebesar 3.166, kehalusan butiran semen : 90,8 %, uji konsistensi semen : 24,5 %, dan nilai pengikatan semen awal : 135 menit serta akhir 170 menit. Nilai-nilai tersebut sesuai dengan standar SNI 15-0302-94, dan ASTM C 595-00a. Semen dalam kondisi baik dan dapat digunakan dalam campuran mortar.

Hasil pengujian pada semen jenis PPC menunjukkan berat jenis semen merek Semen Gresik jenis PPC sebesar 3.153, kehalusan semen yaitu 92,74 %, konsistensi semen sebesar 26 %, dan pengikatan semen awal 150 menit serta akhir 210 menit. Waktu ikatan awal dan ikat akhir semen jenis PPC lebih lama daripada PC. Pemeriksaan sifat fisik semen PPC menunjukkan bahwa semen yang digunakan dalam kondisi baik dan layak digunakan dalam campuran mortar.

Pasir pantai

Pengamatan di lapangan menunjukkan jumlah pasir cukup banyak. Luas pantai Sendangbiru, kira-kira sejauh 170 m dari garis laut saat surut ke arah daratan, sepanjang pantai 850 m, dan dengan pengaliran dalaman 1,72 m terkandung butiran pasir.

Pengamatan dengan penglihatan mata menunjukkan bahwa besar butiran pp lebih kecil daripada ps. Hasil pengamatan yang mungkin kurang valid dengan genggam jari-jari tangan, ternyata pasir sungai memiliki nilai ketajaman atau kekasaran permukaan butiran yang lebih besar daripada pasir pantai. Mestinya kekasaran butiran agregat halus dapat diukur, sebagaimana kekasaran butiran kelereng

kaca yang dinyatakan dalam putaran/menit drum pada mesin Los Angeles (Nurwidayati, R. dalam Besari M.S., 2007).

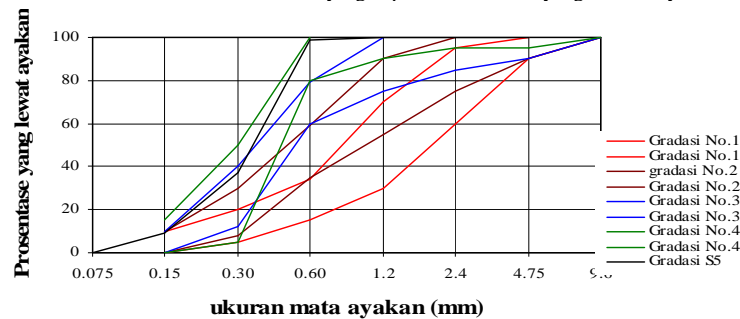
Hasil pemeriksaan berat jenis kering pp Sendangbiru menunjukkan nilai $2,63 \text{ kg/m}^3$ saat kondisi *saturated surface dry* (ssd), dan Nilai berat jenis pada kondisi kering sebesar $2,55 \text{ kg/m}^3$. Pengujian berat jenis kering ps Brantas menunjukkan hasil sebesar $2,57 \text{ kg/m}^3$, dan $2,65 \text{ kg/m}^3$ untuk nilai berat jenis kondisi ssd. Kedua nilai ini hampir tidak berbeda, keduanya sesuai dengan persyaratan berat jenis agregat normal yaitu antara 2,5 – 2,7 (Tjokrodinulyo, 1996).

Nilai penyerapan pp sebesar 2,16 %, sedangkan nilai penyerapan ps adalah 2,89 %. Nilai penyerapan ps lebih besar 0,63 daripada pp, beda ini disebabkan oleh kondisi geologis dan proses terjadinya butiran pasir (Murdock L.J., 1980).

Berat isi rata-rata pasir pantai Sendangbiru adalah $1,4695 \text{ ton/m}^3$, beberapa hasil lain yaitu nilai berat isi lepas : $1,4101 \text{ ton/m}^3$, berat isi padat dengan penusukan : $1,4713 \text{ ton/m}^3$, dan berat isi padat dengan dilakukan pengoyangan : $1,5271 \text{ ton/m}^3$. Berat isi rata-rata pasir sungai Brantas adalah $1,7739 \text{ ton/m}^3$, lebih besar daripada pp. Demikian juga nilai-nilai lainnya, seperti berat isi lepas sebesar $1,7229 \text{ ton/m}^3$, berat isi padat dengan penusukan sebesar $1,7912 \text{ ton/m}^3$, dan dengan pengoyangan nilai berat isi yaitu $1,8077 \text{ ton/m}^3$. Nilai berat isi ps Brantas lebih besar daripada pp. Nilai berat isi ps Brantas lebih besar daripada pp. Nilai tersebut menggambarkan bahwa kepadatan dalam tabung uji yang berisi ps Brantas lebih tinggi daripada pp Sendangbiru. Kepadatan lebih tinggi dapat disebabkan oleh gradasi butir ps yang beranekaragam, sedangkan gradasi pp seragam, terbukti hasil gradasi pp Sendangbiru yang tertahan pada ayakan nomer 50 (0,3mm) berjumlah 61,95%, lebih banyak daripada ps Brantas.

Nilai kandungan lumpur pasir pantai Sendangbiru sebesar 1,452 %, dan ps Brantas sebesar 1,424 %, nilai tersebut telah memenuhi yang disyaratkan dalam PBBI (Pasal 3.3 ayat 3), yaitu kandungan lumpur pada agregat halus harus lebih kecil dari 5 %, sehingga pasir pantai tidak perlu dicuci. Jika nilai keduanya dibandingkan, maka nilai pp Sendangbiru lebih kecil daripada ps Brantas. Jadi butiran pp lebih bersih dibanding butiran ps Brantas, tampaknya siraman air laut secara terus menerus mampu membersihkan butiran dari debu serta menepikannya di pantai.

Hasil pemeriksaan gradasi pasir menunjukkan bahwa butiran berdiameter kecil diantara 0,075 mm – 1,2 mm, atau berbutir lembut. Persentase butiran yang tertahan pada ayakan nomer 50 (0,3mm) berjumlah 61,95%. Nilai tersebut adalah nilai terbesar daripada persentase butiran yang tertahan ayakan nomor lain.



Gambar 4. Hasil Analisis Gradasi Pasir Pantai Sendang Biru

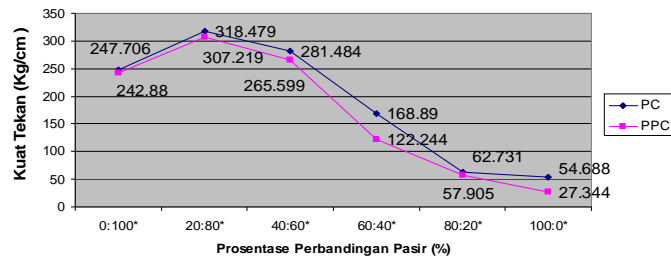
Nilai konsistensi mortar dengan perbandingan 1pc : 3 pasir, ditunjukkan pada Tabel 2. berikut ini. Nilai yang tertera tampak tidak banyak berbeda banyak, dan memang nilai yang menggambarkan kecacakan masing-masing campuran tersebut diharapkan sama.

Tabel 3. Nilai konsistensi mortar dengan 1pc:3pasir pantai yang disubstitusi oleh pasir sungai Brantas

pasir (%)	Jenis pantaisungai	Jenis semen	$a = \frac{\bar{D}}{D} \times 100 \%$	
			\bar{D} (mm)	(mm)
100	0	PC	113.5	112.9
		PPC	113.6	113.0
80	20	PC	114.6	114.0
		PPC	114.8	114.2
60	40	PC	114.3	113.7
		PPC	114.5	113.9
40	60	PC	114	113.4
		PPC	114.2	113.6
20	80	PC	113.7	113.1
		PPC	113.9	113.3
0	100	PC	114.7	114.1
		PPC	114.9	114.3

Kuat tekan

Kuat tekan mortar semen PC dan PPC umur 14 hari



Gambar 5. Nilai kuat tekan mortar pada umur 14 hari.

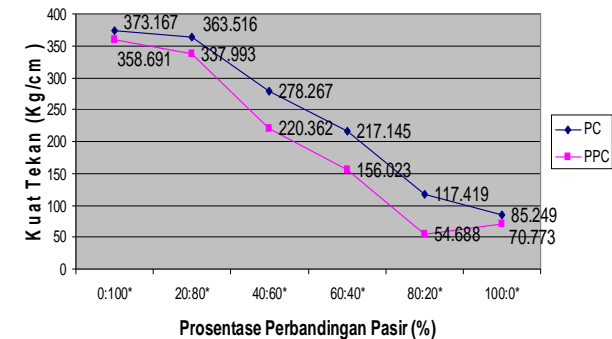
Gambar di atas menunjukkan nilai kuat tekan mortar pada umur 14 hari. Nilai kualitas mortar dengan semen jenis pc lebih tinggi daripada mortar bersemen jenis ppc. Pada campuran 100% pp Sendangbiru nilai tekan mortar bersemen pc hampir sama dengan dengan ps Brantas, hal ini menunjukkan bahwa kinerja semen pc yang tidak memiliki unsur pozzolan lebih baik daripada semen ppc yang mengandung pozzolan. Kinerja mortar berpasir sungai sampai dengan 60% dan 40% lainnya disubstitusi pasir pantai masih menunjukkan kualitas yang lebih baik daripada kontrol.

Kinerja tekan mortar terbaik ditunjukkan oleh campuran 20% pp Sendangbiru dan 80% ps Brantas, yaitu 318,479 Kg/cm², atau berkisar 28,5% lebih besar daripada mortar kontrol (1semen pc: 3ps Brantas) sebesar 247,706 Kg/cm². Demikian pula pada campuran 40% pp Sendangbiru dan 60% ps Brantas, yaitu 281,5 Kg/cm², atau berkisar 13,6% lebih besar daripada mortar kontrol. Selanjutnya kuat tekan mortar bersemen pc bersubstitusi pasir pantai menurun

menjadi, 68%, 25%, dan 22%, pada campuran pp Sendangbiru: ps Brantas 60%:40%, 80%:20%, dan 100%:0%.

Salah satu penyebab adalah kalsium silikat yang bereaksi dengan air menghasilkan kalsium silikat hidrat (*calcium silicate hydrate* atau C-S-H) dan kalsium hidroksida belum optimal, sehingga sifat CSH keras belum tercapai. Kandungan unsur kalsium silikat dalam semen pc berbeda dengan jenis ppc, sehingga jumlah kalsium silikat hidrat yang menyebabkan kerasnya mortar berbeda. Kekerasan yang berbeda akan menunjukkan kuat tekan yang berbeda pula. Penyebab lain adalah faktor gradasi yang terbentuk dalam masing-masing komposisi. Pada persentase 20% pp dan 80% ps membentuk formasi yang lebih padat dibanding dengan formasi lainnya, sehingga memunculkan kualitas tekan yang tinggi.

Kuat Tekan Mortar PC dan PPC umur 28 hari



Gambar 6. Nilai kuat tekan mortar pada umur 28 hari

Nilai kuat tekan rata-rata mortar dengan semen jenis pc lebih tinggi daripada mortar bersemen jenis ppc, pada umur 28 hari. Sebagai kontrol adalah nilai tekan mortar pada campuran 100% ps Brantas bersemen pc sebesar 373,2 kg/cm². Kuat tekan campuran mortar 1pc:3pasir, dengan pasir pantai yang mensubstitusi pasir sungai lebih rendah daripada nilai kontrol. Nilai kuat tekan mortar substitusi pasir pantai menjadi 97,4%, 74,5%, 58,2%, 31,5%, dan 22,8% dari kontrol.

Penurunan disebabkan karena massa specimen yang kurang pada, sebagaimana dinyatakan oleh Neville (1981), serta Tjokrodinuljo (1996) bahwa faktor kepadatan spesimen yang dibentuk oleh susunan gradasi agregat sangat berpengaruh pada kualitas mortar, hampir 70% kekuatan benda uji didukung oleh kualitas agregat. Kepadatan kubus yang tersusun agregat pasir sungai lebih kompak karena gradasi pasir sungai kompak, butiran saling mengisi ruang antara butiran. Sedangkan pada kubus bergregat pasir pantai yang bergradasi seragam memiliki rongga yang lebih banyak daripada kubus berpasir sungai.

Kuat lentur mortar bersemen ppc, komposisi 1pc:3pasir, dengan pasir pantai yang mensubstitusi pasir sungai lebih rendah daripada nilai kontrol. Nilai kuat tekan mortar bersemen ppc berpasir sungai Brantas 363,5 kg/cm². Selanjutnya kuat tekan mortar berpasir sungai yang disubstitusi dengan pasir pantai sebanyak 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%, masing-masing turun menjadi 94,2%, 61,5%, 43,5%, 15,5%, dan 19,7% dari nilai kuat tekan mortar bersemen ppc, 363,5 kg/cm².

Kinerja semen pc yang tidak memiliki unsur pozzolan lebih baik daripada semen ppc yang mengandung pozzolan. Penyebab penurunan tersebut sama dengan kasus pada umur 14 hari yaitu kalsium silikat yang bereaksi dengan air menghasilkan kalsium silikat hidrat (*calcium silicate hydrate* atau C-S-H) dan kalsium hidroksida tidak optimal. Kandungan C₃S dan C₂S pada semen jenis pc lebih tinggi daripada jenis ppc, sehingga jumlah kalsium silikat hidrat yang menyebabkan kerasnya mortar berbeda. Kekerasan yang berbeda akan menunjukkan kuat tekan yang berbeda pula. Penyebab lain adalah faktor gradasi yang terbentuk dalam masing-masing komposisi. Pada persentase 20% pp dan 80% ps dan seterusnya membentuk formasi yang kurang padat dibanding dengan formasi mortar kontrol, sehingga memunculkan kualitas tekan yang kurang daripada kuat tekan kontrol.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kuat tekan rata-rata mortar dengan 1 semen PC : 3 pasir sungai lebih tinggi daripada mortar dengan 1 semen PPC : 3 pasir sungai, demikian juga pada mortar berpasir pantai.
2. Pemakaian pasir pantai untuk bahan bangunan seperti mortar dapat dilakukan dengan komposisi 1 semen PC : 3 pasir yang tersusun atas 20% pasir pantai dan 80% pasir sungai, Kuat tekan rata-rata mortar tersebut umur 14 hari lebih tinggi 1,7% daripada mortar dengan pasir sungai. Kuat tekan tersebut menurun menjadi 82% pada umur 28 hari.
3. Berat jenis pasir pantai lebih tinggi daripada pasir sungai, tetapi berdiameter lebih kecil daripada pasir sungai.

4. Kandungan kotoran pada butiran pasir pantai di bawah 5% standar PUBI, namun demikian pemakaiannya sebagai bahan bangunan perlu dikaji lebih lanjut.
5. Penyerapan air, berat jenis, kadar lumpur, ukuran diameter, kekasaran permukaan, kadar air semen, jenis semen, dan berpengaruh pada kuat tekan mortar, selain itu diperhatikan juga kandungan unsur kimia dalam butiran pasir.

SARAN

1. Nilai asam atau basa pada pasta semen jenis *portland* maupun *pozzolan portland* sebaiknya diukur.
2. Derajat garam pada pasir pantai sebaiknya diukur, sehingga mendapatkan nilai yang sama pada setiap campuran.
3. Nilai asam atau basa pada campuran mortar sebaiknya diukur.
4. Perlu diperhatikan laju angin, yang memungkinkan membawa debu atau kotoran.
5. Lokasi pengambilan sebaiknya dekat air laut, agar mendapatkan butiran pasir yang relatif tidak berdebu.
6. Penelitian lebih lanjut diharapkan untuk menyempurnakan hasil penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia Rizki, 2006, *Pemanfaatan penggunaan pasir pantai Malang Selatan (Sendangbiru) pada pencampuran mortar*, Skripsi tidak dipublikasikan, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang.
- Anonimous, 1982, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia* (PUBBI 1982), Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Bandung
- Anonimous, ASTM Designation C157 – 75. *Standard Test. Method for Length Change of Hardenend Cement. Mortar and Concrete*, ASTM Standard, part 14 : 1976, p 111

Besari, Muhammad Sahari, 2007, Review Some Physical and Mechanical Parameters of Concrete, *Proceeding of International Conference on Material Development in The Construction Industri* on November 21, 2007, Four Season Hotel Jakarta

Colleparadi, M., S. Monosi, P. Piccioli, 1994, The Influence of Pozzolanic Materials on The Mechanical Stability of Aluminous Cement, *Cement and Concrete Research*, Vol. 25. NO. 5, pp. 961-968.

Dwi, M.R, 2004, *Pemanfaatan Pasir Pantai Utara Jawa Timur Sebagai Spesi*, Skripsi Tidak Dipublikasikan, Surabaya : Jurusan Sipil FT UNESA

Husaini M. dan Dwi, M.R, 2004, *Profil Pasir Pantai Lamongan dan Gresik*, Laporan Penelitian, Tidak Dipublikasikan Surabaya : Lembaga Penelitian UNESA

Murdock L.J dan Brook K.M., 1980, alih bahasa Hindarko Stepanus, *Bahan dan Praktek Beton*, Jakarta : Erlangga

Neville, A.M, 1981, *Properties of Concrete*, Longman Scientific and Technical, New York

Nurwidayati, R., 1998, *Pengaruh Kekasaran Permukaan Agregat Kasar pada Beton dengan Sistem Grouting*, Tesis Magister Tidak Dipublikasikan, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Bandung.

Suhendro, Bambang, 2003, *Pengembangan Teknik Sipil-Struktur Masa Depan dan Kaitannya dengan Bidang-bidang Lain*, Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Supribadi, I Ketut, 1996, *Ilmu Bangunan Gedung*, Bandung : ARMICO

Suprpto, 2002, *Kuat tekan mortar beragregat pecahan kerang*, Laporan Penelitian tidak dipublikasikan, Surabaya : Lembaga Penelitian UNESA

Tim Penyusun Departemen Pekerjaan Umum, 1990, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Spesi Normal SKSNI 1 – 15 – 1990 – 03*, Bandung : Yayasan LPMB

Tjokrodinuljo, Kardiono. (1996), *Teknologi Beton*, Yogyakarta : Nafiri

Trimulyono, Ir, MT. (2004), *Teknologi Beton*, Yogyakarta : Andy

Zhang, M.H. dan V.M. Malhotra, 1995, Characteristics of a Thermally Activated Alumino-Silicate Pozzolanic Material and its Use in Concerete, *Cement and Concrete Research*, Vol. 25. No. 8. pp. 1713-1725.

Wahyudi, Yusuf, 2000, *Ketahanan Mortar dan Beton dengan Abu Sekam Serangan Chlorida*, Tesis Magister, Tidak Dipublikasikan, Universitas Gadjah Mada

Wahyudi, Yusuf, 2006, Pasir Pantai sebagai bahan Pengisi Spesi? *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Malang 9 Desember 2006*. Malang : UMM press

Wuryati, S. dan Candra, R., 2001, *Beton dan Karakteristiknya*, Bandung

http://www.menlh.go.id/i/art/pdf_1038897326.pdf
Wijanto Sigit Eddie, 2006, *Limbah B3 dan Kesehatan*