

PEMANFAATAN SABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN FERRO CEMENT PADA LAMBUNG KAPAL KAYU DIBAWAH GARIS AIR DENGAN ANALISA DISAIN EKEPERIMENTAL FAKTORIAL UNTUK KAPAL-KAPAL KAYU TRADISIONAL DI DAERAH MALUKU

Helly Lainsamputty*, Heidy Ririmasse**

Abstract

Quality of the ferro cement layer is the main priority to protection the surface of hull ship under the water line from damage. The application of factorial experimental design method can solve this problem with be used the coconut bark fruit as the material additional in to mix up the ferro cement it self. This research uses Factorial Experimental Design method with three main factors : three levels sand material treatment (factor A), two levels of drying process (factor B), and five levels of material matching of sand, cement and additional material of coconut bark fruit as factor C. Statistical test in this study uses multivariate ANOVA test and combines with Student-Newman-Keuls (S-N-K) test to determine the divergence of the three factors correspond to compression strength of the paving block. The research shows that, the value of the ferro cement layer's average compression strength is : 470.82 KN more than the value of the ferro cement layer's average compression strength that had be made by traditional worker at the wood ship.

Keywords; *Ferro cement, hull ship under.*

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Belum efektifnya penggunaan lapisan ferro cement untuk melindungi kulit lambung kapal di bawah garis air pada kapal-kapal kayu tradisional di Maluku salah satunya dikarenakan rendahnya pengetahuan tentang sifat dan komposisi material campuran ferro cement serta perlakuannya dari para pembuat lapisan ferro cement itu sendiri.

Dari pengamatan yang ada selama ini oleh pengrajin kapal tradisional, berkembang prinsip bahwa semakin tebal lapisan ferro cement maka kulit lambung kapal tersebut akan semakin tahan terhadap gangguan binatang laut serta tumbukan benda-benda keras yang merusak kulit lambung kapal tersebut.

Padahal tanpa disadari bahwa lapisan ferro cement yang terlalu tebal akan mempengaruhi daya muat kapal yang dengan sendirinya turut juga mempengaruhi kecepatan operasi kapal.

Dengan telah adanya pemanfaatan terhadap sabut kelapa pada campuran beton bangunan tahan gempa, maka penelitian ini mencoba untuk menjawab akan permasalahan yang terjadi pada pembuatan lapisan ferro cement pada kapal-kapal kayu tradisional di Maluku dengan mencoba memasukan sabut kelapa sebagai bahan agregat pada campuran tersebut, yang pada dasarnya adalah merupakan campuran beton juga.

Untuk itu maka pada penelitian ini peneliti mencoba untuk menjawab akan permasalahan tersebut dalam bentuk penelitian ;“ Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Ferro Cement Pada Lambung Kapal Kayu Dibawah Garis Air Dengan Analisa Desain Eksperimental Faktorial Untuk Kapal-Kapal Kayu Tradisionil Di Daerah Maluku

2. Perumusan Masalah

Pemanfaatan sabut kelapa sebagai bahan ferro cement diduga karena sebagai baha agregat tambahan sabut kelapa dapat menghasilkan campuran ferro cement yang lebih efektif dan efisien ditinjau dari sisi Techno-Economics. Untuk itu maka perlu dilakukan perumusan terhadap beberapa hal yang terjait dengan pemanfaatan sabut kelapa sebagai bahan agregat pada campuran ferro cement.

penelitian ini dilakukan untuk menganalisa : faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap peningkatan kualitas kekuatan tekan pembuatan lapisan ferro cement pada kulit lambung kapal dibawah garis air, se jauh mana pemanfaatan sabut Kelapa sebagai bahan agregat dalam peningkatan kualitas kekuatan tekan pembuatan lapisan ferro cement pada kulit lambung kapal dibawah garis air, sejauh mana pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap kualitas lapisan ferro cement, sejauh mana keoptimalan produk dengan biaya pembuatan lapisan ferro cement.

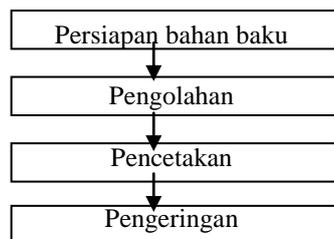
* *Helly Lainsamputty, Dosen Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Unpatti Ambon.*

** *Heidy Ririmase, Dosen Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Unpatti Ambon*

II. KAJIAN PUSTAKA

1. Proses Pembuatan Spesimen Lapisan Ferro Cement Desain Eksperimental

Secara umum proses pembuatan spesimen dalam desain eksperimental yang dilakukan untuk pembuatan lapisan ferro cement mulai dari proses awal sampai menjadi produk spesimen siap uji tergambar dalam diagram berikut ini :



Gambar 1. Proses Pembuatan Spesimen Uji

2. Pengolahan sabut kelapa sebagai bahan agregat pada campuran ferro cement

Untuk dipergunakan sebagai campuran agregat maka sabut kelapa tersebut pertama-tama direndam sampai beberapa hari lamanya hingga dapat dipisahkan antara serat sabut kelapa yang nantinya akan dipergunakan terhadap limbah lain bawaan sabut kelapa tersebut. Hal ini perlakuannya sama terhadap pembuatan keset dari sabut kelapa. Lamanya proses perendaman $\pm 1 - 2$ minggu untuk mendapatkan serat sabut kelapa yang bersih. Setelah itu sabut diranjang atau ditumbuk halus dan selanjutnya siap untuk dijadikan bahan agregat pada eksperimen ini.

3. Perencanaan Eksperimental

Dalam perencanaan eksperimen ada tiga tahap langkah perencanaan yang dilakukan yakni :

- a. Perumusan eksperimen, didalamnya memuat tentang pendefinisian masalah pemilihan variabel tak bebas, pemilihan variabel bebas, pemilihan level dan variabel bebas kemudian penentuan kombinasi dari level variabel bebas.
- b. Perencanaan, hal ini dilakukan untuk membuat eksperimen dapat berlaku valid dengan cara mengurangi, mencegah atau bila mungkin menghilangkan sama sekali kesalahan yang terjadi dalam eksperimen, karena hal ini disebabkan hasil eksperimen tidak hanya dipengaruhi oleh perlakuan, tetapi juga dipengaruhi oleh berbagai pengaruh luar yang cenderung menutupi pengaruh perlakuan. Dimana pada tahap ini langkah-langkah yang dilakukan adalah :
 - Replikasi (Pengulangan) untuk memperoleh "satuan pengukuran"

untuk menetapkan tarif significant dari perbedaan-perbedaan yang diamati serta menghasilkan taksiran yang lebih akurat akibat kekeiruan eksperimen

- Randomisasi eksperimen untuk memperkecil korelasi antara pengamatan karena adanya kemungkinan variabel yang tidak terkontrol dalam eksperimen.
 - Model matematis yang bertujuan untuk menyelidiki keterkaitan antar seluruh faktor yang terjadi dimana model tersebut dibuat sesuai dengan bentuk perencanaan eksperimen yang digunakan sehingga mendekati kenyataan dari objek penelitian.
 - Hipotesis yang disesuaikan dengan tujuan penelitian.
- c. Analisa data, analisa ini merupakan tahap akhir dari suatu desain eksperimen dimana di dalamnya memuat pengumpulan dan pengolahan data, perhitungan dan penyajian statistik serta interpretasi hasil eksperimen.

4. Desain Eksperimental Faktorial (A x B x C).

Jika ingin menyelidiki secara bersama efek atau pengaruh dari beberapa faktor yang berlainan, misalnya pengertian jenis pasir atau kerikil terhadap kekuatan beton, dalam hal ini tiap perlakuan merupakan interaksi dari pasir maupun kerikil. Jika semua atau hampir semua interaksi taraf tiap faktor kita perhatikan maka eksperimen yang terjadi disebut eksperimen faktorial. Apabila tiap faktor mempunyai beberapa level, maka interaksi tertentu dari level tersebut merupakan interaksi perlakuan

Eksperimen faktorial dinyatakan dengan perkalian level dari tiap faktor yang akan diuji, misalnya eksperimen faktorial 3×2 , ini berarti dalam eksperimen terdapat 2 buah faktor dimana sebuah faktor mempunyai 3 level dan yang lainnya mempunyai 2 level sehingga akan diperlukan 6 kombinasi eksperimen yang berbeda.

Dalam penelitian ini digunakan eksperimen faktorial $3 \times 2 \times 5$, artinya terdapat 3 faktor yaitu A, B, dan C, dimana faktor A mempunyai 3 level, faktor B mempunyai 2 level dan faktor C mempunyai 3 level.

4.1 Model Anova Desain Eksperimental Faktorial A x B x C (3 x 2 x 5)

Model yang sesuai dengan desain eksperimental yang digunakan secara acak sempurna untuk tiap kombinasi perlakuan dengan 5 replikasi adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Rancangan Bentuk dan Desain Eksperimen Faktorial AxBxC (3x2x5) dengan 5x Replikasi

Dimana faktor-faktor tersebut adalah :

- 1. Faktor A (Perlakuan pasir)**
 1. Taraf 1 = pasir asli tanpa perlakuan
 2. Taraf 2 = pasir yang sudah diayak
 3. Taraf 3 = pasir yang sudah diayak lalu dicuci bersih
- 2. Faktor B (Proses Pengeringan)**
 1. Taraf 1= Pengeringan dengan tidak mengalami kontak langsung dengan sinar matahari
 2. Taraf 2 = Pengeringan alami dengan langsung mengalami kontak sinar matahari
- 3. Faktor C (Komposisi bahan baku)**

Faktor ini diambil sebanyak 5 taraf yang sifatnya acak sebab diantara beberapa komposisi yang ada cuma diambil 5 macam yang dianggap sudah mewakili sampel penelitian yaitu :

Perbandingan antara (Semen : Pasir : Sabut kelapa)

 1. Taraf 1 = (1 : 1,5 : 1,5)
 2. Taraf 2 = (1 : 2 : 2)
 3. Taraf 3 = (1 : 2,5 : 2,5)

4. Taraf 4 = (1 : 3 : 3)
 5. Taraf 5 = (1 : 3,5 : 3,5)
- Dimana model matematis untuk faktorial 3 x 2 x 5 dengan 5 replikasi adalah :

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + C_k + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \epsilon_{l(ijk)}$$

Dengan : I = 1,2,3
 J = 1,2
 K = 1,2,3,4,5
 L = 1,2,3,4,5

Y_{ijkl} = Variabel respon hasil observasi ke-1 yang terjadi karena pengaruh bersama taraf ke-I faktor A, taraf ke-j faktor B, dan taraf ke-K faktor C

μ = Rata-rata yang sebenarnya
 A_i = Efek rata-rata ke-I faktor A

B_j = Efek rata-rata faktor ke-j faktor B.
 C_k = Efek rata-rata faktor ke-k faktor C
 AB_{ij} = Efek interaksi antara taraf ke-I faktor A dan taraf ke-j faktor B

AC_{ik} = Efek interaksi antara taraf ke-I faktor A dan taraf ke-k faktor C

BC_{jk} = Efek interaksi antara taraf ke-I faktor B dan taraf ke-k faktor C

ABC_{ijk} = Efek terhadap variabel respon yang disebabkan oleh interaksi antara taraf ke-i faktor A , taraf ke-j faktor B dan taraf ke-k faktor C

ϵ_{ijk} = Efek unit eksperimen ke-I dikarenakan karena kombinasi perlakuan (ijk)

Komposisi i	A1		A2		A3	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2
C1	Y ₁₁₁₁	Y ₁₂₁₁	Y ₂₁₁₁	Y ₂₂₁₁	Y ₃₁₁₁	Y ₃₂₁₁
	Y ₁₁₁₂	Y ₁₂₁₂	Y ₂₁₁₂	Y ₂₂₁₂	Y ₃₁₁₂	Y ₃₂₁₂
	Y ₁₁₁₃	Y ₁₂₁₃	Y ₂₁₁₃	Y ₂₂₁₃	Y ₃₁₁₃	Y ₃₂₁₃
	Y ₁₁₁₄	Y ₁₂₁₄	Y ₂₁₁₄	Y ₂₂₁₄	Y ₃₁₁₄	Y ₃₂₁₄
	Y ₁₁₁₅	Y ₁₂₁₅	Y ₂₁₁₅	Y ₂₂₁₅	Y ₃₁₁₅	Y ₃₂₁₅
Jumlah	Y ₁₁₁	Y ₁₂₁	Y ₂₁₁	Y ₂₂₁	Y ₃₁₁	Y ₃₂₁
C2	Y ₁₁₂₁	Y ₁₂₂₁	Y ₂₁₂₁	Y ₂₂₂₁	Y ₃₁₂₁	Y ₃₂₂₁
	Y ₁₁₂₂	Y ₁₂₂₂	Y ₂₁₂₂	Y ₂₂₂₂	Y ₃₁₂₂	Y ₃₂₂₂
	Y ₁₁₂₃	Y ₁₂₂₃	Y ₂₁₂₃	Y ₂₂₂₃	Y ₃₁₂₃	Y ₃₂₂₃
	Y ₁₁₂₄	Y ₁₂₂₄	Y ₂₁₂₄	Y ₂₂₂₄	Y ₃₁₂₄	Y ₃₂₂₄
	Y ₁₁₂₅	Y ₁₂₂₅	Y ₂₁₂₅	Y ₂₂₂₅	Y ₃₁₂₅	Y ₃₂₂₅
Jumlah	Y ₁₁₂	Y ₁₂₂	Y ₂₁₂	Y ₂₂₂	Y ₃₁₂	Y ₃₂₂
C3	Y ₁₁₃₁	Y ₁₂₃₁	Y ₂₁₃₁	Y ₂₂₃₁	Y ₃₁₃₁	Y ₃₂₃₁
	Y ₁₁₃₂	Y ₁₂₃₂	Y ₂₁₃₂	Y ₂₂₃₂	Y ₃₁₃₂	Y ₃₂₃₂
	Y ₁₁₃₃	Y ₁₂₃₃	Y ₂₁₃₃	Y ₂₂₃₃	Y ₃₁₃₃	Y ₃₂₃₃
	Y ₁₁₃₄	Y ₁₂₃₄	Y ₂₁₃₄	Y ₂₂₃₄	Y ₃₁₃₄	Y ₃₂₃₄
	Y ₁₁₃₅	Y ₁₂₃₅	Y ₂₁₃₅	Y ₂₂₃₅	Y ₃₁₃₅	Y ₃₂₃₅
Jumlah	Y ₁₁₃	Y ₁₂₃	Y ₂₁₃	Y ₂₂₃	Y ₃₁₃	Y ₃₂₃
C4	Y ₁₁₄₁	Y ₁₂₄₁	Y ₂₁₄₁	Y ₂₂₄₁	Y ₃₁₄₁	Y ₃₂₄₁
	Y ₁₁₄₂	Y ₁₂₄₂	Y ₂₁₄₂	Y ₂₂₄₂	Y ₃₁₄₂	Y ₃₂₄₂
	Y ₁₁₄₃	Y ₁₂₄₃	Y ₂₁₄₃	Y ₂₂₄₃	Y ₃₁₄₃	Y ₃₂₄₃
	Y ₁₁₄₄	Y ₁₂₄₄	Y ₂₁₄₄	Y ₂₂₄₄	Y ₃₁₄₄	Y ₃₂₄₄
	Y ₁₁₄₅	Y ₁₂₄₅	Y ₂₁₄₅	Y ₂₂₄₅	Y ₃₁₄₅	Y ₃₂₄₅
Jumlah	Y ₁₁₄	Y ₁₂₄	Y ₂₁₄	Y ₂₂₄	Y ₃₁₄	Y ₃₂₄
C5	Y ₁₁₅₁	Y ₁₂₅₁	Y ₂₁₅₁	Y ₂₂₅₁	Y ₃₁₅₁	Y ₃₂₅₁
	Y ₁₁₅₂	Y ₁₂₅₂	Y ₂₁₅₂	Y ₂₂₅₂	Y ₃₁₅₂	Y ₃₂₅₂
	Y ₁₁₅₃	Y ₁₂₅₃	Y ₂₁₅₃	Y ₂₂₅₃	Y ₃₁₅₃	Y ₃₂₅₃
	Y ₁₁₅₄	Y ₁₂₅₄	Y ₂₁₅₄	Y ₂₂₅₄	Y ₃₁₅₄	Y ₃₂₅₄
	Y ₁₁₅₅	Y ₁₂₅₅	Y ₂₁₅₅	Y ₂₂₅₅	Y ₃₁₅₅	Y ₃₂₅₅
Jumlah	Y ₁₁₅	Y ₁₂₅	Y ₂₁₅	Y ₂₂₅	Y ₃₁₅	Y ₃₂₅

III. METODOLOGI PENELITIAN

1. Type Penelitian

Dari permasalahan yang ada maka type penelitian ini adalah penelitian eksperimental, dimana pembahasan dilakukan dengan menganalisa dan menyimpulkan hasil eksperimen yang dilakukan

2. Perumusan Hipotesis

Pada penelitian ini dilakukan perumusan hipotesis beserta dengan hipotesis tandingannya yang akan diuji kebenarannya. Hipotesis nol yang akan diuji dapat dijabarkan sebagai berikut : Tidak ada perbedaan signifikan terhadap kuat tekan dengan berbagai perlakuan terhadap pasir ; Tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap kuat tekan dengan berbagai perlakuan terhadap proses pengeringan ; Tidak ada perbedaan yang significant terhadap kuat tekan yang dihasilkan dengan berbagai komposisi bahan baku ;Tidak ada perbedaan yang significant terhadap kuat tekan dari interaksi antara ketiga faktor tersebut.

3. Rancang Bangun Eksperimen

Dalam penelitian ini juga ditentukan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap permasalahan. Variabel tersebut adalah : Variabel tak bebas (dependent variabel) berupa kekuatan tekan, Kehalusan permukaan, Keseragaman tebal dan Variabel bebas (independent variabel) berupa : bahan baku, komposisi bahan baku, Kombinasi perlakuan

Pengambilan Sampel.

Berdasarkan data jumlah kapal rakyat tradisional dengan lapisan ferro cement yang ada maka telah dilakukan pengambilan sampel secara proposional yaitu dengan rumus : (Steven K. Thompson. 1992)

$$n = \frac{1}{\frac{1}{n_0} + \frac{1}{N}}$$

$$\text{dimana } n_0 = \frac{Z^2 \cdot P \cdot (1 - P)}{d^2} = 384,16$$

dengan : Tingkat kepercayaan 0,95 sehingga

$$\alpha = 0,05$$

D ; merupakan tingkat kesalahan minimum, diharapkan sebesar 0,05

Z ; merupakan nilai koefisien standart $\alpha/2$ yaitu sama dengan -1,96 untuk 0,025 (tabel distribusi normal)

N ; merupakan jumlah populasi penelitian, 7 kapal Sementara P dapat diperoleh dari hasil survey sebelumnya. Jika tidak ada maka nilai P dapat diasumsikan 0,5

Pengolahan Data

Data mentah yang telah diperoleh dan dikumpulkan dari hasil eksperimen, kemudian diolah agar menjadi data yang siap untuk digunakan. Pengolahan data dilakukan dengan desain eksperimen faktorial A x B x C .

Analisa dan Pembahasan

Dalam tahap ini dilakukan perhitungan terhadap hasil pengolahan data. Perhitungan yang dilakukan dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu : Perhitungan eksperimen untuk menguji apakah hipotesis diterima atau ditolak, Perhitungan untuk menentukan kombinasi bahan baku untuk menghasilkan nilai performance kualitas lapisan ferro cement yang mempunyai nilai tertinggi untuk tiap level, Perhitungan analisa biaya untuk menentukan atau memilih kombinasi faktor yang optimal serta menguntungkan bagi pembuatan lapisan ferro cement.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi mutu kekuatan tekan lapisan ferro cement misalnya komposisi campuran material dan juga faktor material yang dipakai.

Adapun faktor-faktor dalam penelitian ini terdiri dari tiga faktor yaitu :

1. Faktor A (Perlakuan pasir)

1. Taraf 1 = pasir asli tanpa perlakuan
2. Taraf 2 = pasir yang sudah diayak
3. Taraf 3 = pasir yang sudah diayak lalu dicuci bersih

2. Faktor B (Proses Pengerinan)

1. Taraf 1 = Pengerinan dengan tidak mengalami kontak langsung dengan sinar matahari
2. Taraf 2 = Pengerinan alami dengan langsung mengalami kontak sinar matahari

3. Faktor C (Komposisi bahan baku)

Faktor ini diambil sebanyak 5 taraf yang sifatnya acak sebab diantara beberapa komposisi yang ada cuma diambil 5 macam yang dianggap sudah mewakili sampel penelitian yaitu :

Perbandingan antara (Semen : Pasir : Sabut kelapa)

1. Taraf 1 = (1 : 1,5 : 1,5)
2. Taraf 2 = (1 : 2 : 2)
3. Taraf 3 = (1 : 2,5 : 2,5)
4. Taraf 4 = (1 : 3 : 3)
5. Taraf 5 = (1 : 3,5 : 3,5)

Dari hasil uji tekan terhadap spesimen eksperimen diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 2. Daftar Hasil Uji Kuat Tekan Spesimen

Komposisi	A1		A2		A3	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2
C1 (1:1,5:1,5)	510,2	505,1	510,3	504,9	515,2	510,4
	509,5	504,7	509,6	503,9	514,9	510,2
	511,4	504,1	510,1	506,1	515,6	509,9
	510,1	505,3	510,9	505,6	515,2	510,7
	509,7	506,1	509,9	504,9	514,6	508,9
Jumlah	2.550,9	2.525,3	2.550,8	2.525,4	2.575,5	2.550,1
C2	470,5	460,7	471,2	461,8	475,6	470,1
	471,7	461,2	470,8	460,9	475,9	471,2
	470,1	461,4	469,3	459,8	476,2	469,9
	469,9	460,8	469,9	459,5	475,8	469,4
	471,9	460,4	471,1	460,2	474,9	470,8
Jumlah	2.354,1	2.304,5	2.352,3	2.302,2	2.378,4	2.351,4
C3	350,7	340,7	350,8	341,6	355,7	345,8
	351,2	340,1	351,7	340,9	356,2	346,3
	350,7	339,9	351,9	339,9	354,9	345,1
	351,9	339,2	352,1	340,2	355,1	343,9
	349,3	341,5	349,1	340,9	356,6	345,7
Jumlah	1.753,8	1.701,4	1.755,6	1.703,5	1.778,5	1.726,8
C4	250,8	240,8	250,1	241,7	255,6	250,1
	250,2	240,2	250,9	242,1	256,4	251,5
	249,4	239,7	249,7	240,3	254,9	251,9
	249,8	239,1	251,2	240,7	256,7	250,7
	249,9	240,5	251,8	239,9	255,7	249,1
Jumlah	1.250,1	1.200,3	1.253,7	1.204,7	1.279,3	1.254,1
C5	150,6	130,6	151,9	131,9	155,7	145,1
	150,1	130,3	150,1	132,4	156,3	145,2
	149,9	129,6	151,1	129,7	155,1	146,9
	151,2	128,9	150,7	129,5	155,6	146,3
	150,5	131,8	151,8	130,6	154,2	145,7
Jumlah	752,3	651,2	755,6	654,1	777,9	729,2

Tabel 3. Model Daftar A x B x C Hasil Eksperimen

	A ₁		A ₂		A ₃	
	B ₁	B ₂	B ₁	B ₂	B ₁	B ₂
C ₁	2.550,9	2.525,3	2.550,8	2.520,4	2.573,5	2.548,2
C ₂	2.354,1	2.304,5	2.350,3	2.301,2	2.375,3	2.359,6
C ₃	1.753,8	1.701,4	1.752,6	1.702,4	1.774,5	1.725,8
C ₄	1.250,1	1.200,3	1.249,7	1.203,8	1.275,2	1.253,2
C ₅	752,3	651,2	753,6	653,1	773,6	727,3

Tabel 4. Model A x B Hasil Eksperimen

	A ₁	A ₂	A ₃
B ₁	8660,1	8664,8	8788,5
B ₂	8382,5	8385,9	8611,6

Tabel 5. Model Daftar A x C Hasil Eksperimen

	A ₁	A ₂	A ₃
C ₁	5.075,8	5.076,1	5.125,6
C ₂	4.657,9	4.654,5	4.729,8
C ₃	3.455,2	3.459,1	3.505,3
C ₄	2.450,4	2.458,4	2.533,4
C ₅	1.403,5	1.409,7	1.507,1

Tabel 6. Model Daftar B x C Hasil Eksperimen

	B ₁	B ₂
C ₁	7677,2	7600,8
C ₂	7084,8	6958,1
C ₃	5287,9	5131,7
C ₄	3783,1	3659,1
C ₅	2285,8	2034,5

Selanjutnya Jumlah kuadrat-kuadrat yang diperlukan dihitung dengan menggunakan ANOVA hasil olahan SPSS. 9,0 untuk desain ini, dengan satuan-satuan yang telah disebutkan di atas adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Daftar ANOVA Desain Eksperimen Faktorial 3 x 2 x 5 dengan 5 kali replikasi tiap sel desain acak sempurna

Sumber variasi	Derajat Kebebasan (dk)	Jumlah kuadrat-kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F
Rata-rata Perlakuan :	1	17683726,73	17683726,73	
A	2	1638,095	819,047	49,265
B	1	3597,581	3597,581	25,562
C	4	2757597,323	689399,331	4860,661
AB	2	133,136	67,068	4,318
AC	8	133,001	16,625	1,070
BC	4	562,952	140,738	9,062
ABC	8	124,245	15,531	23,961
Kekeliruan	120	77,780	0,648	
Jumlah	150	20447591,84	-	-

Dari tabel distribusi F pada dengan $\alpha = 0,05$ diperoleh harga F_{kritis} untuk masing-masing perlakuan yang hasilnya dapat disimpulkan

1. Ho₁ : Ditolak untuk faktor A, artinya terdapat perbedaan yang significant diantara level-level

dari faktor A itu sendiri terhadap kekuatan tekan lapisan ferro cement yang dihasilkan, sehingga untuk mengetahui level mana dari faktor tersebut yang lebih bermakna atau yang paling optimal maka perlu dilakukan uji S-N-K

2. Ho₂ : Ditolak untuk faktor B, artinya terdapat perbedaan yang significant diantara level-levelnya. Untuk faktor B ini Uji S-N-K tidak perlu sebab cuma ada dua level/taf, sehingga sudah dapat dipastikan berbeda.
3. Ho₃ : Ditolak untuk faktor C, artinya terdapat perbedaan yang significant diantara level-level dari faktor C terhadap kekuatan tekan lapisan ferro cement yang dihasilkan. Karena Ho₃ ditolak, maka untuk mengetahui level mana dari faktor tersebut perlu dilakukan uji S-N-K
4. Ho₄ : Diterima untuk interaksi faktor A dan B, artinya tidak terdapat perbedaan yang significant.
5. Ho₅ : Diterima untuk interaksi faktor A dan C, artinya tidak terdapat perbedaan yang significant.
6. Ho₆ : Ditolak artinya terdapat perbedaan yang significant antara faktor B dan C. Sehingga perlu dilakukan uji S-N-K
7. Ho₇ : Ditolak artinya terdapat perbedaan yang significant antara faktor A, B dan C. Sehingga perlu dilakukan uji S-N-K

A. Uji S-N-K Untuk Faktor A (Perlakuan terhadap pasir)

Dari tabel hasil olahan SPSS 9,0 untuk nilai mean perlakuan terhadap pasir, maka setelah disusun menurut langkah 1 S-N-K diperoleh data sebagai berikut :

NO.	Faktor A	N	Rata-rata Kuat tekan
1	A1 Pasir murni	50	340,653
2	A2 Pasir ayak	50	341,158
3	A3 Pasir ayak dan cuci	50	348,024

Dari hasil uji S-N-K untuk faktor A menyatakan bahwa hasil perbandingan A₃ Vs A₁ dan A₃ Vs A₂ adalah berbeda secara nyata, sedangkan A₂ Vs A₁ memberikan hasil yang tidak nyata atau tidak berbeda, hal ini dibuktikan oleh nilai pembandingnya lebih besar dari pada selisih rata-ratanya.

B. Uji S-N-K Untuk Faktor B (Proses Pengeringan).

Pada faktor ini hanya terdapat 2 level maka tidak dilakukan uji S-N-K karena sudah jelas perbedaan antara B1 dan B2

C. Uji S-N- Untuk Faktor C (Komposisi Bahan Baku)

NO.	Faktor C (semen, pasir, sabut kelapa)	N	Rata-rata Kuat tekan
1	C5 (1 : 3,5 : 3,5)	30	144,01
2	C4 (1 : 3 : 3)	30	248,07
3	C3 (1 : 2,5 : 2,5)	30	347,32
4	C2 (1 : 2 : 2)	30	468,09
5	C1 (1 : 1,5 : 1,5)	30	509,27

Dari tabel hasil olahan SPSS 9,0 untuk nilai mean komposisi bahan baku, maka setelah disusun menurut langkah 1 S-N-K diperoleh data Sebagai berikut :

Dari hasil uji S-N-K untuk faktor C, menyatakan bahwa perbandingan antara semua taraf dari faktor C memperlihatkan hasil yang semua berbeda. Hal ini dibuktikan oleh nilai pembandingnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan nilai selisih rata-ratanya, sehingga untuk faktor C semua levelnya perlu diperhitungkan.

D. Uji S-N-K Untuk Interaksi Faktor B dan C.

Dari tabel hasil olahan SPSS 9,0 untuk nilai mean komposisi bahan baku, maka setelah disusun menurut langkah 1 S-N-K diperoleh data Sebagai berikut :

NO.	Interaksi Faktor B dan C	N	Rata-rata Kuat tekan
1	B2C5	15	135,63
2	B1C5	15	152,38
3	B2C4	15	243,94
4	B1C4	15	252,2
5	B2C3	15	242,11
6	B1C3	15	352,52
7	B2C2	15	463,87
8	B1C2	15	472,32
9	B2C1	15	506,72
10	B1C1	15	511,81

Dari hasil uji S-N-K untuk interaksi antara faktor B dan C, menyatakan bahwa perbandingan antara semua taraf dari faktor C memperlihatkan hasil yang semuanya berbeda, hal ini dibuktikan oleh nilai pembandingnya jauh lebih kecil dibanding dengan nilai selisih rata-ratanya sehingga untuk faktor B dan C semua interaksi antara levelnya perlu diperhitungkan.

E. Uji S-N-K Untuk Interaksi Antara Faktor A, B dan C

Dari tabel hasil olahan SPSS 9,0 untuk nilai mean komposisi bahan baku, maka setelah disusun menurut langkah 1 S-N-K diperoleh data Sebagai berikut :

NO.	Interaksi Faktor B dan C	N	Rata-rata Kuat tekan
1	A1B2C5	5	130,24
2	A2B2C5	5	130,82
3	A3B2C5	5	145,84
4	A1B1C5	5	150,46
5	A2B1C5	5	151,12
6	A3B1C5	5	155,58
7	A1B2C4	5	240,06
8	A2B2C4	5	240,94
9	A1B1C4	5	250,02
10	A2B1C4	5	250,74
11	A3B2C4	5	250,82
12	A3B1C4	5	255,86
13	A1B2C3	5	340,28
14	A2B2C3	5	340,70
15	A3B2C3	5	345,36
16	A1B1C3	5	350,76
17	A2B1C3	5	351,12
18	A3B1C3	5	355,70
19	A2B1C2	5	460,44
20	A1B2C2	5	460,90
21	A3B2C2	5	470,28
22	A2B1C2	5	470,46
23	A1B1C2	5	470,82
24	A3B1C2	5	475,68
25	A1B2C1	5	505,06
26	A2B2C1	5	508,08
27	A3B2C1	5	510,02
28	A2B1C1	5	510,16
29	A1B1C1	5	510,18
30	A3B1C1	5	515,10

F. Perhitungan Biaya Material

Perhitungan biaya material sangat penting sebab dengan mengetahui biaya material keseluruhan maka didapat biaya produksi per M^3 yang dikonversikan dari ukuran spesimen desain eksperimen tersebut.

Dalam penelitian ini digunakan ember 20 liter ($0,02 m^3$) sebagai alat ukur material sehingga :

$$1 m^3 \text{ material} = 1/0,02 = 50 \text{ ember}$$

Adapun biaya yang timbul sebagai berikut :

a. Harga Pasir

$$1 m^3 \text{ Rp. } 120.000,- \text{ Harga } 1 \text{ ember pasir} = \text{Rp. } 120.000,- / 50 \text{ ember} = 2.400,- / \text{ ember}$$

b. Harga Sabut Kelapa.

Sabut kelapa karena di tempat penelitian merupakan limbah buang maka diperoleh secara cuma-cuma.

c. Harga semen

$$\text{Harga semen Tonasa satu sak } 50 \text{ Kg } (0,04 m^3) \text{ adalah Rp. } 30.000,- ; 1 \text{ sak semen} = 0,04 m^3 / 0,02 m^3 = 2 \text{ ember} ; \text{ sehingga } 1 \text{ ember} = \text{Rp. } 30.000,- / 2 \text{ ember} = \text{Rp. } 15.000,-$$

d. Pengayakan Pasir (A_2)

Harga borongan = Rp. 15.000,- / m^3 ; Dalam 1 ember = Rp. 15.000,- / 50 = Rp. 300,-

e. Pengayakan dan Pencucian Pasir

$$\text{Harga borongan} = \text{Rp. } 20.000,- / m^3 ; \text{ Dalam } 1 \text{ ember} = \text{Rp. } 20.000,- / 50 = \text{Rp. } 2.000,-$$

f. Buruh

Biaya buruh dihitung nantinya dihitung kondisi riil maka biaya ini sudah termasuk dalam biaya

borong pelapisan ferro cement pada lambung kapal dengan standar biaya $1 \text{ m}^2 = \text{Rp. } 30.000,-$ untuk pengerjaannya tanpa bahan.

g. Kawat ram

Kawat ram diameter 0,2 mm ukuran $1 \text{ m}^2 = 15.000,-$; dalam penelitian dipergunakan 4 buah sehingga biaya yang dikeluarkan yaitu Rp. 60.000,-. Dimana untuk 1 spesimen uji digunakan kawat ram ukuran $15 \times 10 = 150 \text{ cm}^2$. Berarti untuk 1 spesimen uji membutuhkan kawat ram dengan biaya = $(15.000 \times 150) / 10.000 = \text{Rp. } 225,-$

h. Paku

Paku yang digunakan yaitu ukuran 3 Cm = Rp. 5.000,- / Kg. dengan 1 spesimen uji menggunakan 12 buah paku.

Dari hasil perhitungan biaya di atas maka dapat dihitung biaya produksi dari masing masing komposisi bahan pada spesimen uji kemudian nantinya diaktualisasikan terhadap luasan per m^2 biaya memproduksinya. Sehingga untuk kondisi riilnya biaya tersebut tinggal dikalikan dengan besarnya luasan dalam m^2 dari lambung kapal yang akan dilapisi lapisan ferro cement.

Selanjutnya dapat dihitung biaya dari setiap spesimen uji dengan komposisi bahannya masing-masing sebagai berikut :

a. $C_1 = 1 : 1,5 : 1,5 = (0,02 + 0,03 + 0,03) \text{ m}^3 / 0,0006 = 133 \text{ spesimen}$

Biaya untuk C1 = Rp. (15.000 + 3.600 + tanpa biaya sabut kelapa + tanpa biaya kawat Ram + tanpa biaya paku) = Rp. 18.600,- / 133 spesimen

b. $C_2 = 1 : 2 : 2 = (0,02 + 0,04 + 0,04) \text{ m}^3 / 0,0006 = 166 \text{ spesimen}$

Biaya untuk C2 = Rp. (15.000 + 4.800 + tanpa biaya sabut kelapa + tanpa biaya kawat Ram + tanpa biaya paku) = Rp. 19.800,- / 166 spesimen

c. $C_3 = 1 : 2,5 : 2,5 = (0,02 + 0,05 + 0,05) \text{ m}^3 / 0,0006 = 200 \text{ spesimen}$

Biaya untuk C3 = Rp. (15.000 + 6.000 + tanpa biaya sabut kelapa + tanpa biaya kawat Ram + tanpa biaya paku) = Rp. 21.800,- / 200 spesimen

d. $C_4 = 1 : 3 : 3 = (0,02 + 0,06 + 0,06) \text{ m}^3 / 0,0006 = 233 \text{ spesimen}$

Biaya untuk C1 = Rp. (15.000 + 7.200 + tanpa biaya sabut kelapa + tanpa biaya kawat Ram + tanpa biaya paku) = Rp. 22.200,- / 233 spesimen

e. $C_5 = 1 : 3,5 : 3,5 = (0,02 + 0,07 + 0,07) \text{ m}^3 / 0,0006 = 266 \text{ spesimen}$

Biaya untuk C5 = Rp. (15.000 + 8.400 + tanpa biaya sabut kelapa + tanpa biaya kawat Ram + tanpa biaya paku) = Rp. 23.400,- / 266 spesimen

Dari harga-harga tersebut tinggal dibawakan dalam kondisi riil pengerjaan dalam hitungan biaya per m^2 . Hal ini dapat dilakukan dengan jalan

mengkonversikan jumlah spesimen kedalam luasan yang dapat dibentuk olehnya dari masing-masing komposisi kemudian luasan itu dikonversikan kedalam m^2 pekerjaan untuk memperoleh besarnya biaya pengerjaannya.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Kerena hasil desai eksperimen ini mempunyai kekuatan tekan khusus untuk mutu yang terbaik (kelas A) mempunyai kekuatan tekan diatas kekuatan tekan lapisan ferro cement pada kapal rakyat yang dibuat secara tradisionil, maka kualita lapisan ferro cement tersebut memenuhi persyaratan untuk dikembangkan lebih lanjut.
2. Penggunaan material sabut kelapa sebagai agregat tambahan untuk campuran lapisan ferro cement, sangat berpengaruh secara significant terhadap kualitas kekuatan tekan lapisan ferro cement yang dihasilkan.
3. Perlakuan terhadap pasir memperlihatkan bahwa antara pasir alami (A1) dengan pasir yang sudah diayak (A2) tidak memberikan perbedaan setelah diayak lalu dicuci (A3), perlakuan tersebut memberikan kekuatan tekan yang lebih besar dibandingkan dengan A1 dan A2
4. Proses pengeringan terhadap lapisan ferro cement memperlihatkan bahwa antara tidak langsung bersentuhan dengan sinar matahari (B1) dengan langsung bersentuhan matahari (B2) memberikan perbedaan yang significant.
5. Hasil uji ANOVA dan uji hipotesa menyimpulkan bahwa interaksi antara faktor perlakuan pasir dengan proses pengeringan tidak memberikan perbedaan yang significant terhadap kuat tekan yang dihasilkan.
6. Hasil uji ANOVA dan uji hipotesa menyimpulkan bahwa interaksi antara faktor perlakuan pasir dengan komposisi material tidak memberikan perbedaan yang significant terhadap kuat tekan yang dihasilkan.
7. Untuk interaksi antara faktor B dan C memberikan perbedaan yang significant terhadap kekuatan tekan lapisan ferro cement yang dihasilkan.
8. Terdapat perbedaan yang significant diantara interaksi faktor A, B dan C. Dari uji S-N-K disimpulkan bahwa efek bersama dari ketiga faktor utama tersebut pada campuran lapisan ferro cement, secara nyata berpengaruh terhadap kualitas kekuatan tekan lapisan ferro cement, tetapi tidak semua interaksi tersebut yang memberikan hasil dengan kualitas yang berbeda
9. Dengan disain eksperimental yang dilakukan dapat direkomendasikan 2 hal dengan hasil desain diatas kekuatan tekan lapisan ferro cement hasil pekerjaan secara tradisionil yaitu Komposisi dan interaksi untuk kualitas terbaik

yakni C2A1B1 dengan rata-rata kuat tekan 470,82 (KN), untuk C2A1B2 dengan rata-rata kuat tekan 460,90 (KN)

B. Saran

1. Kiranya dari hasil penelitian pemanfaatan sabut kelapa sebagai lapisan ferro cement ini dapat ditindak lanjuti oleh peneliti-peneliti lainnya seperti : pengujian terhadap kekuatan tekan pada semua sumbu, pengujian terhadap kehausan serta pengujian terhadap keasaman untuk melihat cacat permukaan.
2. Penelitian ini juga diharapkan dapat dikembangkan untuk melihat bagaimana pengaruh sabut kelapa sebagai bahan agregat pada campuran ferro cement apabila seratnya dibiarkan dalam keadaan memanjang (tidak di rajang/tumbuk halus)

Daftar Pustaka

1. ASTM C-150, **Standard Specification for Portland Cement, American Society for Testing and Material**, 1992
2. Departemen Pekerjaan Umum, **Tanah dan Batu-batuan, Dirjen Bina Marga**, Jakarta, 1977.
3. Depertemen Perindustrian, Dewan Standarisasi Nasional Indonesia tentang Bata Beton (Paving Blok), **Balai Penelitian dan Pengembangan Industri** 1996
4. Gaspersz, Vincent, **Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan**. Penerbit Tarsito, Bandung, 1991.
5. Hines, WH & Montgomery D.C, **Probabilitas dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Managemen**, Erlangga, Jakarta, 1991
6. Montgomery, Douglas C, **Pengantar Pengendaliian Kualitas Statistik**, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 1990.
7. Sudjana, **Desain and Analisis Eksperimen**, Peneribit Tarsito, Bandung, 1991.
8. Supranto J, **Statistik Teori dan Aplikasi**, edisi kelima, jilid 2, Erlangga, 1994
9. Suryabrata, Sumadi, **Metodologi Penelitian**, Penerbit Rajawali Press, Jakarta, 1983
10. Yinosumarto, S, Percobaan : **Perancangan, Analisis dan Interpretasinya**, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1993