



**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI EKSTRAK DAUN TEH
(*Camelia assamica*) TERHADAP LAJU KOROSI PIPA BAJA
KARBON A53 PADA MEDIA AIR LAUT**

SKRIPSI

Oleh:

Ega Devara Nurmaya Putra

101910101089

PROGRAM STUDI SRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2014



**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI EKSTRAK DAUN TEH
(*Camelia assamica*) TERHADAP LAJU KOROSI PIPA BAJA
KARBON A53 PADA MEDIA AIR LAUT**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Ega Devara Nurmaya Putra

101910101089

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim...

Syukur Alhamdulillah atas segala rahmat dan RidhoMu Ya Allah.

Shalawat dan Salam selalu tercurahkan untuk Nabi Muhammmad SAW.

Skripsi ini semoga dapat menjadi akhir yang indah dan awal yang lebih baik bagi langkah saya di masa depan.

Skripsi ini Saya Persembahkan Kepada:

Ayah (Sri Kus Haryomo) dan Ibu (Nuryaningsih). Terimakasih untuk do'a, cinta, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, keikhlasan, bimbingan, didikan, nasehat, teladan, perjuangan dan atas segala yang telah diberikan dengan tulus ikhlas kepada saya hingga saya bisa meraih semua ini.

Kakak (Abi Mantrana N.P.), kakak (Marselina N.P.), adik (Cinintya N.P.), adik (Astira N.P.), adik (Melianta Verda N.P.) dan adik (Ezra Farel N.P.) tersayang. Hidup memang penuh dengan tantangan, tetapi itu bukanlah hambatan untuk terus maju. Terimakasih buat do'a, bantuan dan semangat yang selalu kalian kirimkan buat saya.

Kakek-Nenek, dan Semua Keluarga Besar saya.

Bapak-bapak Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah meluangkan waktu, pikiran dan kesabarannya.

Almamater Tercinta, Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Jember.

MOTTO

Motivation is the fuel, necessary to keep the human engine running.¹

(Zig Ziglar)

¹ <http://www.goodreads.com/quotes/tag/engineering>

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Ega Devara Nurmaya Putra**

NIM : **101910101089**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Daun Teh (*Camelia assamica*) terhadap Laju Korosi Pipa Baja Karbon A53 pada Media Air Laut” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2014
Yang menyatakan,

Ega Devara Nurmaya Putra
NIM. 101910101089

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI EKSTRAK DAUN TEH
(*Camelia assamica*) TERHADAP LAJU KOROSI PIPA BAJA
KARBON A53 PADA MEDIA AIR LAUT**

Oleh:

Ega Devara Nurmaya Putra

101910101089

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Sumarji, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Ahmad Syuhri, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Daun Teh (*Camelia assamica*) terhadap Laju Korosi Pipa Baja Karbon A53 pada Media Air Laut” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Kamis, 2 Oktober 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Sumarji, S.T., M.T.
NIP. 19680202 199702 1 001

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.
NIP. 19670123 199702 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP. 19681205 199702 1 002

Ir. FX. Kristianta, M.Eng
NIP. 19650120 200112 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

PENGARUH VARIASI KONSENTRASI EKSTRAK DAUN TEH (*Camelia assamica*) TERHADAP LAJU KOROSI PIPA BAJA KARBON A53 PADA MEDIA AIR LAUT. Ega Devara Nurmaya Putra, 101910101089; 2014; halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Korosi adalah penurunan mutu suatu logam akibat dari reaksi kimia atau elektrokimia yang spontan dengan lingkungannya, sebagai upaya untuk mencapai kesetimbangan. Secara spesifik, korosi logam adalah interaksi kimia fisis antara logam dan medium yang mengakibatkan penurunan sifat-sifat pada logam. Sejauh ini penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana. Inhibitor korosi merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam medium untuk mencegah atau menurunkan laju korosi logam dengan lingkungannya. Banyak inhibitor yang berasal dari bahan sintetik tetapi, banyak diantaranya yang bersifat toksik baik terhadap manusia maupun lingkungan. Pemilihan bahan alam sebagai inhibitor korosi merupakan salah satu alternatif yang dapat dikembangkan karena biaya yang relatif murah serta ramah lingkungan. Bahan alam yang dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor adalah bahan yang mengandung atom N, O, P, S, dan senyawa-senyawa yang memiliki pasangan elektron bebas pada atom penyusunnya. Salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai inhibitor alami adalah kafein, yaitu senyawa yang banyak terdapat didalam kopi, dan daun teh.

Pembuatan spesimen uji dilakukan di Laboratorium Desain dan Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember. Untuk pembuatan larutan inhibitor dilakukan di Laboratorium Biologi, Fakultas Farmasi Universitas Jember. Sedangkan pengamatan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Biomedik, Fakultas Farmasi Universitas Jember. Waktu pelaksanaan penelitian mulai bulan Mei sampai dengan bulan September 2014. Variabel yang digunakan adalah variasi

konsentrasi ekstrak daun teh dengan persentase 0%, 10%, 12%, 14%, dan 60%. Sedangkan parameter yang diamati adalah *weight loss*, struktur makro dan struktur mikro.

Dari hasil analisa berupa grafik pada penelitian ini diketahui bahwa, laju korosi rata-rata pada konsentrasi 0% adalah 1,4836 mdd, 10% adalah 0,3413 mdd, 12% adalah 0,5743 mdd, 14% adalah 0,5999 mdd, dan 16% adalah 0,8040 mdd. Dengan efisiensi inhibitor terbesar yaitu setelah perendaman selama 25 hari pada konsentrasi 10% adalah 90,33%, 12% adalah 87,65%, 14% adalah 85,57%, dan 16% adalah 73,04%. Sehingga variasi konsentrasi ekstrak daun teh berpengaruh terhadap laju korosi pipa baja karbon A53.

Sedangkan untuk pengamatan struktur makro dan mikro terdapat bentuk bercak kehitaman. Bercak kehitaman ini kemungkinan adalah endapan dari senyawa kompleks $\{\text{Fe}(\text{NH}_3)_6\}^{2+}$. Senyawa inilah yang nantinya akan membentuk *filming corrosion inhibitor* yang akan melindungi permukaan pipa baja karbon A53 terhadap serangan korosi.

SUMMARY

THE EFFECT OF CONCENTRATION VARIATION OF TEA LEAF EXTRACT (*Camelia assamica*) ON THE CORROSION RATE OF A53 CARBON STEEL PIPE ON SEA WATER MEDIUM. Ega Devara Nurmaya Putra; 101910101089; 2014; page; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Corrosion is a deterioration of metal quality caused by chemical or electrochemical reaction with its environment spontaneously, in an attempt to reach equilibrium. Specifically, metal corrosion is a physical chemical interaction between metal and medium that caused a physical decrease of metal. So far, the use of inhibitor becomes one of the most effective ways to prevent corrosion. The process is quite simple and it also low costs. Corrosion inhibitor is a material added into a medium to prevent or lowering the corrosion rate of metal with its environment. There are many inhibitors made from synthetic but some of them are toxic even for human and environment. The selection of natural materials as corrosion inhibitor becomes one out of many alternative ways which can be developed since it is environmentally friendly and cheap. The natural materials that can be used as inhibitor is a material contained of atom N, O, P, S, and some compounds which have pairs of free electron on the constituent atoms. One of the compounds that can be used as a natural inhibitor is caffeine, a compound that is widely available in coffee, and tea leaves.

The preparation of test specimens was conducted at the Laboratory of Materials Design and Test Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember. Meanwhile, the manufacturing of the inhibitor solution was conducted at the Laboratory of Biology, Faculty of Pharmacy, University of Jember. Further, the microstructure observation was conducted in Biomedical Laboratory, Faculty of Pharmacy, University of Jember. The time

realization this study is from May to September 2014. The variables used is a concentration variation of tea leaf extract with percentage of 0 %, 10 %, 12% , 14% , and 60% , while the parameters measured are *weight loss*, macro structure and micro-structure.

From the results of graphic analysis in this research known that, the average of corrosion rate in the concentration of 0 % is 1.4836 mdd, 10 % is 0.3413 mdd, 12 % is 0.5743 mdd, 14 % is 0.5999 mdd, and 16 % is 0.8040 mdd. The largest inhibitor efficiency after immersion for 25 days in the concentration of 10 % is 90.33 %, 12 % is 87.65 %, 14 % is 85.57 %, and 16 % is 73.04 %. So the tea leaf extract concentration variations affect the corrosion rate of a53 carbon steel pipe.

For the observation of macro and micro structure contained of black flecks. This possibility is this blackish is a deposition of complex compounds $\{Fe (NH_3)_6\}^{2+}$. These compounds will be forming a *filming corrosion inhibitor* that will protect the surface of A53 carbon steel pipes against the corrosion attack.

PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Daun Teh (Camelia assamica) terhadap Laju Korosi Pipa Baja Karbon A53 pada Media Air Laut*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Sumarji, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan kritik dalam penulisan skripsi ini.
3. Ibunda Nuryaningsih dan Ayahanda Sri Kus Haryomo terimakasih atas do'a dan kasih sayangnya selama ini.
4. Kakakku Abi Mantrana N.P. sebagai penguji terbesar saya dalam penulisan skripsi ini dan Marselina N.P.
5. Adekku Cinintya N.P., Astira N.P., Melianta Verda N.P. dan Ezra Farel N.P.
6. Keluarga besar dari ayah saya yang telah mensupport dari segi materi, do'a, dan motivasinya.
7. Windy Melya Permatasari sebagai pendamping, penyemangat dan pemotivasi yang mudah-mudahan menjadi calon pendamping hidup saya kelak.

8. Teman-teman kontrakan dan teman-teman yang telah membantu dalam penelitian skripsi ini “Yoghi, Wahadi, Dadang, Ferdy, Danny, Marta, Arif NF, Teddy, Woro, Memed, Arif pak bos, Luki”
9. Semua teman-teman Teknik Mesin, khususnya Teknik Mesin 2010 (Mech-X) “*Solidarity Forever*”

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ii |
| HALAMAN MOTTO | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN | v |
| HALAMAN PENGESAHAN | vi |
| RINGKASAN | vii |
| SUMMARY | ix |
| PRAKATA | xi |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR TABEL | xix |
| DAFTAR LAMPIRAN | xx |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat | 3 |
| 1.4.1 Tujuan | 3 |
| 1.4.2 Manfaat..... | 4 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Prinsip Dasar Korosi | 5 |
| 2.2 Laju Korosi | 7 |
| 2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi | 9 |
| 2.4 Jenis-jenis Korosi | 12 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5 Pengendalian Korosi | 16 |
| 2.6 Baja Karbon..... | 17 |
| 2.7 Lingkungan Air Laut | 18 |
| 2.8 Teh | 21 |
| 2.9 Inhibitor | 24 |
| 2.9.1 Pengertian | 24 |
| 2.9.2 Mekanisme Kerja Inhibitor Korosi..... | 24 |
| 2.10 Beberapa Masalah dalam Penggunaan Inhibitor | 25 |
| 2.11 Penelitian Sebelumnya | 27 |
| 2.12 Hipotesa..... | 29 |
| BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN..... | 30 |
| 3.1 Waktu dan Tempat | 30 |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian | 30 |
| 3.2.1 Alat | 30 |
| 3.2.2 Bahan | 30 |
| 3.3 Diagram Alir Proses..... | 31 |
| 3.4 Prosedur Penelitian | 32 |
| 3.5 Pelaksanaan Penelitian | 33 |
| 3.5.1 Pembuatan Spesimen Uji..... | 33 |
| 3.5.2 Persiapan Media Pengkorosian..... | 34 |
| 3.5.3 Pengkorosian Material..... | 36 |
| 3.5.4 Pengambilan dan Pembersihan Material | 36 |
| 3.5.5 Pengamatan Struktur Makro..... | 36 |
| 3.5.6 Pengamatan Struktur Mikro | 37 |
| 3.6 Analisis Data | 38 |
| 3.6.1 Analisis dengan Metode Gravimetri..... | 38 |
| 3.6.2 Pengambilan Data..... | 39 |
| 3.6.3 Pengolahan Data..... | 40 |
| 3.7 Matriks Penelitian | 41 |

| | |
|---|-----------|
| BAB 4. HASIL DAN PENELITIAN | 42 |
| 4.1 Data Hasil Penelitian..... | 42 |
| 4.1.1 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 0% | 42 |
| 4.1.2 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 10% | 43 |
| 4.1.3 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 12% | 44 |
| 4.1.4 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 14% | 45 |
| 4.1.5 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 16% | 46 |
| 4.2 Analisis Laju Korosi | 48 |
| 4.2.1 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 0% | 48 |
| 4.2.2 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 10% | 49 |
| 4.2.3 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 12% | 50 |
| 4.2.4 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 14% | 52 |
| 4.2.5 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 16% | 54 |
| 4.2.6 Analisis Laju Korosi pada Berbagai Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh..... | 55 |
| 4.3 Mekanisme Inhibitor..... | 57 |
| 4.4 Analisis Efisiensi Inhibitor Ekstrak Daun Teh..... | 58 |
| 4.5 Analisis Struktur Makro | 60 |
| 4.6 Analisis Struktur Mikro | 64 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN..... | 69 |
| 5.1 Kesimpulan | 69 |
| 5.2 Saran..... | 70 |
| DAFTAR PUSTAKA | 71 |
| LAMPIRAN..... | 73 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Sel Korosi..... | 7 |
| 2.2 Diagram Pourbaix Fe | 11 |
| 2.3 Korosi merata | 12 |
| 2.4 Korosi galvanis | 13 |
| 2.5 Korosi sumuran | 13 |
| 2.6 Korosi erosi | 14 |
| 2.7 Korosi regangan | 14 |
| 2.8 Korosi celah | 15 |
| 2.9 Korosi batas butir | 16 |
| 2.10 Korosi selektif | 16 |
| 2.11 Pengaruh kandungan NaCl terhadap laju korosi besi | 19 |
| 2.12 Grafik pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi baja ST 37 dalam larutan HCl 3% dan NaCl 3% dengan dan tanpa penambahan inhibitor ekstrak daun teh pada perendaman selama empat hari | 28 |
| 2.13 Grafik pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibisi korosi baja ST 37 dalam medium korosif HCl 3% dan NaCl 3% pada perendaman selama empat hari..... | 29 |
| 3.1 Penampang Spesimen Uji | 34 |
| 4.1 Pengaruh inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 0% terhadap laju korosi..... | 48 |
| 4.2 Pengaruh inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 10% terhadap laju korosi..... | 49 |

| | |
|--|----|
| 4.3 Pengaruh inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 12% terhadap laju korosi..... | 51 |
| 4.4 Pengaruh inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 14% terhadap laju korosi..... | 52 |
| 4.5 Pengaruh inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 16% terhadap laju korosi..... | 54 |
| 4.6 Pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh terhadap laju korosi..... | 56 |
| 4.7 Struktur molekul kafein..... | 58 |
| 4.8 Grafik efisiensi ekstrak daun teh terhadap waktu | 59 |
| 4.9 Foto permukaan pipa baja karbon A53 sebelum dilakukan perendaman ekstrak daun teh | 61 |
| 4.10 Foto makro pipa baja karbon A53 setelah direndam ekstrak daun teh 0% selama 35 hari | 61 |
| 4.11 Foto makro pipa baja karbon A53 setelah direndam ekstrak daun teh 10% selama 35 hari | 62 |
| 4.12 Foto makro pipa baja karbon A53 setelah direndam ekstrak daun teh 12% selama 35 hari | 62 |
| 4.13 Foto makro pipa baja karbon A53 setelah direndam ekstrak daun teh selama 35 hari 14% | 63 |
| 4.14 Foto makro pipa baja karbon A53 setelah direndam ekstrak daun teh selama 35 hari 16% | 63 |
| 4.15 Foto mikro perbesaran 200X sebelum dilakukan perendaman ekstrak daun teh | 64 |
| 4.16 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak daun teh selama 35 hari pada konsentrasi 0% | 65 |

| | |
|--|----|
| 4.17 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak daun teh selama 35 hari pada konsentrasi 10% | 65 |
| 4.18 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak daun teh selama 35 hari pada konsentrasi 12% | 66 |
| 4.19 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak daun teh selama 35 hari pada konsentrasi 14% | 67 |
| 4.20 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak daun teh selama 35 hari pada konsentrasi 16% | 67 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Komposisi inhibitor dengan berbagai variasi..... | 27 |
| 3.1 Komposisi persentase larutan inhibitor..... | 35 |
| 3.2 Tabel pengambilan data | 39 |
| 4.1 Daya inhibisi ekstrak daun teh | 59 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| A. Tabel pengambilan data..... | 73 |
| A.1 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak daun teh 0%..... | 73 |
| A.2 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak daun teh 10%..... | 74 |
| A.3 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak daun teh 12%..... | 75 |
| A.4 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak daun teh 14%..... | 76 |
| A.5 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak daun teh 16%..... | 77 |
| A.6 Perhitungan laju korosi..... | 78 |
| B. Tabel rata-rata laju korosi dan efisiensi inhibitor..... | 79 |
| B.1 Tabel data pembuatan grafik..... | 79 |
| B.2 Tabel efisiensi inhibitor..... | 81 |
| B.3 Perhitungan efisiensi inhibitor..... | 82 |
| C. Komposisi kimia pada daun teh varietas assamica menurut PTPN Gunung Gambir, Jatiroto..... | 83 |
| D. Alat penelitian..... | 84 |
| E. Bahan penelitian..... | 86 |
| F. Sertifikat pipa baja karbon A53..... | 88 |
| G. Struktur makro..... | 89 |
| G.1 Foto makro untuk waktu perendaman 5 hari..... | 89 |
| G.2 Foto makro untuk waktu perendaman 10 hari..... | 90 |
| G.3 Foto makro untuk waktu perendaman 15 hari..... | 91 |
| G.4 Foto makro untuk waktu perendaman 20 hari..... | 92 |
| G.5 Foto makro untuk waktu perendaman 25 hari..... | 93 |
| G.6 Foto makro untuk waktu perendaman 30 hari..... | 94 |
| G.7 Foto makro untuk waktu perendaman 35 hari..... | 95 |

| | |
|---|----|
| H. Foto struktur mikro..... | 96 |
| H.1 Foto mikro sebelum proses perendaman..... | 96 |
| H.2 Foto mikro setelah perendaman selama 35 hari..... | 96 |