

POTENSI GONDORUKEM SEBAGAI COATING BAJA TULANGAN BETON UNTUK PROTEKSI TERHADAP KOROSI PADA LINGKUNGAN BASAH

Rudi Hartono

*Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Khairun Ternate
rudi.hartono2107@gmail.com*

ABSTRACT

In this study using pine resin processing residue or Gondorukem which is experimental as coating on concrete reinforcement steel, which utilize characteristic of gondorukem that is: hydrophobic, adhesion promoter and viscosity promoter. The experiments were conducted using 2 types of gondorukem quality; quality T (nancy or brownish color, lowest quality impurity content) and quality U (clear yellowish color, highest quality). Gondorukem method was dissolved with 99% solvent Xylene solution with ratio 1: 1, the solution was used as coating where the sample coating procedure by soaking the sample in gondorukem solution for 10 seconds, treatment with 1 -3 times the layer. The sample that has been done coating then soaked in fresh water for 60 days, observed every 10 days to see the corrosion reaction that occurred. The concluded gondorukem quality U can be used as coating on concrete reinforcement steel while purity at lower quality gondorukem T produce coating which are of low quality so they can not be used as concrete reinforcement coatings in wet environments.

Keywords : *corrosion, gondorukem, hidrofobic, coating*

ABSTRAK

Pada penelitian ini menggunakan residu pengolahan getah pinus atau Gondorukem yang di pakai sebagai coating pada baja tulangan beton, dimana memanfaatkan karakteristik gondorukem yaitu: hidrofobik, adhesion promoter dan viscosity promoter. Percobaan dilakukan menggunakan 2 jenis mutu gondorukem ; mutu T (warna nancy atau kecoklatan, kandungan pengotor banyak mutu paling rendah) dan mutu U (warna bening kekuningan, mutu paling tinggi). Metode penelitian yaitu Gondorukem dilarutkan dengan larutan solvent Xylene 99% dengan perbandingan 1:1, larutan tersebut digunakan sebagai coating dimana prosedur pelapisan sampel dengan merendam sampel pada larutan gondorukem selama 10 detik, perlakuan dengan 1 -3 kali lapisan. Sampel yang telah dilakukan coating kemudian direndam dalam air tawar selama 60 hari, dilakukan pengamatan setiap 10 hari untuk melihat reaksi korosi yang terjadi. Jadi dapat disimpulkan gondorukem mutu U dapat digunakan sebagai coating pada baja tulangan beton sedangkan kemurnian pada gondorukem mutu T yang lebih rendah menghasilkan coating yang mutunya rendah sehingga tidak dapat digunakan sebagai coating baja tulangan beton pada lingkungan basah.

Kata Kunci: korosi, gondorukem, hidrofobik, coating.

PENDAHULUAN

Gondorukem adalah produk residu dari proses penyulingan getah hasil sadapan dari batang pohon *Pinus Merkussi* untuk menghasilkan minyak terpentin. Gondorukem secara fisik berupa padatan berwarna kuning kecoklatan sedangkan minyak terpentin berwarna bening. Penyerapan kapasitas gondorukem didalam dalam negeri masih terbatas, yaitu hanya 10 ribu ton pertahun dari kapasitas produksi 80 ribu ton pertahun, sisanya 70 ribu ton diekspor keluar negeri, yaitu Asia (Singapura, Taiwan dan India), Amerika Serikat dan Eropa (kememperin, 2015). Menurut Fachroji (2009), produksi gondorukem Indonesia adalah nomor 3 dunia setelah Cina dan Brasil, sekitar 6 % produksi gondorukem dunia. Menurut Riwayati (2005) pada penyulingan getah P.Merkussi akan menghasilkan produk Gondorukem 70-80% dan minyak terpentin 15-25 %. Selama ini yang banyak memanfaatkan gondorukem adalah industri: perekat, batik, kertas, sabun, lilin, vernish, tinta cetak dan peralatan kosmetik, sedangkan minyak terpentin banyak digunakan pada industri: parfum, obat-obatan dan desinfektan.

Nilai manfaat utama dari gondorukem adalah senyawa berupa gugus karboksil yaitu asam abietic dan asam pimaric sebesar 80-90 %, sisanya bahan netral. Menurut Wiyono (2010), gondorukem dapat digunakan sebagai taktifier atau pemacu pelekatan (adhesion promoter) dan pemacu kekentalan (viscosity promoter), pada gondorukem kandungan asam abietic yang memiliki sifat hidrofilik yang tidak stabil sehingga mudah teroksidasi pada pemanasan dan kandungan asam pimaric yang stabil dan bersifat hidrofobik atau menahan air.

Pemanfaatan gondorukem mulai di kembangkan dengan penelitian-penelitian terapan antara lain: digunakan sebagai bahan tambahan dalam Asphalt-Concrete Binder-Course terhadap nilai marshal dan durabilitas (Rianung, 2007) dan selanjutnya penelitian pemanfaatan gondorukem dilanjutkan dalam perkerasan asphalt porus (Idral, 2016), dan penelitian-penelitian riset dan pengembangan yaitu pada proses dan pengelolaan gondorukem.

Penelitian ini adalah jenis riset terapan pengembangan produk gondorukem sebagai bahan coating baja tulangan beton menahan laju korosi yang terjadi ketika dalam lingkungan lembab. Masalah korosi merupakan masalah yang penting bagi negara-negara yang kondisi geografisnya dikelilingi laut dengan garis pantai yang panjang dan beriklim tropis basah seperti Indonesia. Kerugian biaya akibat korosi sangat besar karena dapat merusak konstruksi, prasarana transportasi, pencemaran, kontaminasi, berhentinya mesin industri, kebakaran, ledakan yang memakan korban jiwa dan berhentinya pembangkit tenaga (power plant) sehingga menimbulkan dampak yang besar pada bidang ekonomi. Bahkan telah tercatat di Negara USA, dimana korosi dan pengendaliannya menghabiskan sampai 5 % GNP pada tahun 1975. Melihat kondisi geografis Indonesia yang beriklim basah dengan tingkat kelembaban yang tinggi maka dampak korosi di Indonesia adalah masalah yang penting, maka perlu melakukan upaya-upaya pengendalian korosi sehingga dapat mengurangi kerugian-kerugian akibat korosi. Korosi tidak dapat dihentikan karena merupakan proses alami, teta[pi korosi dapat dikendalikan.

Kandungan Gondorukem

Menurut Wiyono (2010), kandungan asam pada gondorukem terdiri dari 90-80% senyawa asam yang secara garis besar dapat dipisah dalam dua kelompok yaitu: tipe abietic (asam abietic, levopinaric neoabietic, dehydroabietic, dan tetrahydroabietic) dan tipe pimaric (asam dextropimaric, isodextropimaric). Asam abietic mudah terisomeri oleh panas dan mudah teroksidasi oleh oksigen. Sedangkan asam pimaric lebih stabil sehingga tidak berubah selama proses pengolahan. Menurut Khadafi et al (2014), Kandungan asam abietic memiliki sifat hidrofilik yang tidak stabil sehingga mudah teroksidasi pada pemanasan dan kandungan asam pimaric yang bersifat hidrofobik atau menahan air. Gondorukem dapat digunakan sebagai taktifier, pemacu pelekatan (adhesion promoter) dan pemacu kekentalan (viscosity promoter) (Wiyono, 2010).

Berikut adalah standar mutu klasifikasi gondorukem menurut SNI 7636:2010

Tabel.1 Spesifikasi Persyaratan Mutu Gondorukem

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan Mutu			
			Mutu U	Mutu P	Mutu D	Mutu T
1.	Metode : Lovibond	-	X	WW	WG	N
	Gardner	-	≤ 6	≤ 7	≤ 8	≤ 9
2.	Titik Lunak	°C	≥ 78	≥ 78	≥ 76	≥ 74
3.	Kotoran	%	≤	≤	≤	≤
4.	Abu	%	0.05	0.05	0.07	0.10
5.	Bagian menguap	%	≤	≤	≤	≤
		0.02	0.04	0.05	0.06	
			≤ 2	≤ 2	≤ 2.5	≤ 3

Sumber: SNI 7363:2011

Korosi dan Masalah

Masalah korosi diketahui sangat merugikan, dimana korosi dapat menimbulkan kerusakan konstruksi, transportasi, power plant, kontaminasi berbahaya, kebakaran dan ledakan. Akibat korosi secara umum adalah dapat membahayakan keselamatan jiwa manusia dan kerugian ekonomi yang cukup besar karena terhentinya aktivitas ekonomi. Telah tercatat bahwa kerusakan-kerusakan akibat korosi membutuhkan biaya ekonomi yang sangat besar, seperti di negara Amerika Serikat, ketika pada tahun 1975 mengeluarkan biaya sampai \$82 juta atau sekitar 4.9% GNP untuk menangani korosi.

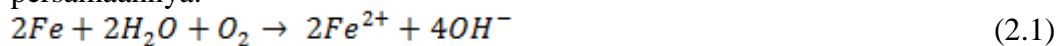
Korosi pada Baja Tulangan Beton

Branko (2015) dan Robeger (2008) bahwa karakteristik korosi pada baja tulangan beton adalah jenis korosi yang tidak mudah diamati sehingga baru diketahui saat baja sudah mengalami korosi dalam tingkat yang sangat parah. Ketika korosi mencapai kondisi yang parah maka akan menyebabkan keretakan pada beton dan sehingga kekuatan beton akan jauh turun sehingga menyebabkan kegagalan atau kerusakan, hal ini sangat merugikan secara materi dan sering kali menimbulkan korban jiwa akibat runtuhnya konstruksi. Korosi pada baja tulangan beton inisiasi dimulai ketika ada rembesan air masuk dalam beton dan kondisi

aerasi yaitu oksigen didalam beton yang sedikit, ini menimbulkan aerasi sel yang berbeda dengan diluar dan terjadilah korosi sehingga terjadilah perbedaan potensial pada oksigen yang membuat oksigen membutuhkan ion negatif dan baja melepaskan elektron menjadi ion Fe^{2+} . Pengendalian korosi pada baja tulangan beton dilakukan dengan pelapisan permukaan atau *coating*, cara ini telah dilakukan sejak tahun 1970 menggunakan bahan material efoxy-coating dan material logam lain misalnya logam zinc pada baja, kemudian berkembang dengan metode elektrokimia atau dikenal juga sebagai *proteksi katodik*. Perkembangan penelitian pada proteksi baja terhadap korosi berlanjut pada penggunaan bahan-bahan yang bersifat inhibitor dan bersifat ramah lingkungan.

Reaksi Kimia Korosi

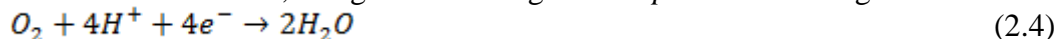
Dalam proses korosi terjadi melalui reaksi yang memungkinkan terjadi mekanisme alami yang spontan dari oksidasi logam. Reaksi korosi pada baja karbon maka logam baja akan terurai menjadi bentuk oksidanya berikut persamaannya:



Reaksi korosi (persamaan 2.1) dapat diuraikan menjadi dua bagian yaitu: reaksi anodik dan reaksi katodik :



Pada larutan asam, oksigen akan mengalami *depolarisasi* sebagai:



METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimental ditujukan agar pengaruh perubahan kondisi lingkungan dapat diminimalkan, dilakukan ruangan yang dengan suhu kamar. Jenis penelitian adalah pengembangan dari teori dan penelitian yang sebelumnya. Gondorukem didalam penelitian Khadafi (2014) dan Wiyono (2010) menyebutkan bahwa gondorukem memiliki kandungan asam abietic bersifat hidofilik dan asam pimaric bersifat hidtofobik atau menahan air. Penelitian ini membahas gondorukem dengan kandungan asam pimaric digunakan sebagai coating pada baja tulangan beton pada lingkungan yang basah atau lembab.

Variabel penelitian yang diteliti sebagai berikut :

1. Variabel bebas : ketebalan coating gondorukem pada baja dan waktu
2. Variabel kontrol : kondisi baja tanpa perlakuan coating

Jumlah sampel yang diambil ditentukan dari variabel yang diteliti , dimana ditentukan:

- mutu gondorukem : mutu T dan mutu U,
- tebal coating (pencelupan pada gondorukem terlarut yaitu : 1kali, 2kali, dan 3 kali
- lama pengamatan.

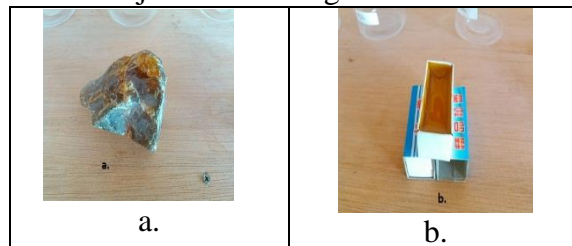
Jumlah parameter bebas (N_p)= variasi mutu x variasi tebal lapisan x jumlah replika dimana replika ditetapkan 5 kali, maka: $N_p = (2 \times 3) \times 5 = 30$ sample. Jumlah Parameter control (N_c) :5 sample (sample tanpa perlakuan coating). Maka total jumlah sampel percobaan keseluruhan adalah: $N_{total} = N_p + N_c$, $N_{total} = 30 + 5 = 35$, dapat dilihat secara detailnya pada Tabel berikut:

Tabel 2. Rancangan Variabel Percobaan dan Pengkodean

Ketebalan pelapisan gondorukem	Mutu gondorukem (SNI 7636 2011).	Lama pengamatan (hari)
1. 1x pencelupan (kode a1)	1. Mutu T (b1)	Interval 10 hari selama 60 hari
2. 2x pencelupan (kode a2)	2. Mutu U (b2)	
3. 3x pencelupan (kode a3)		

A. Bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian :

- 1) Sample Gondorukem (standar SNI 7636:2011), jenis mutu kualitas gondorukem yang ditentukan yaitu mutu T atau warna kecoklatan (Nancy) dan mutu U atau warna jernih kekuningan



Gambar 1. a. gondorukem mutu T dan b. gondorukem mutu U.

- 2) Baja tulangan beton standar SNI AISI 1020

Tabel 3. Komposisi Baja Tulangan beton SNI ukuran 7 mm

C (Carbon)	Mn (Mangan)	P (Posfor)	S (sulfur)
0.18-0.33 %	0.30-0.60 %	max 0.040%	max 0.050 %

- 3) Bahan polesh menggunakan kertas gosok ukuran kekasaran grid 300, 600, 1000 sebagai alat pembersih scale permukaan sampel percobaan secara mekanikal
- 4) Larutan pickling H_2SO_4 kadar 10% sebagai alat pembersih karat dan scale sampel percobaan secara kimiawi
- 5) Cawan plastik sebagai media air untuk perendaman baja coating
- 6) Timbangan digital ketelitian 0,01 gram
- 7) Gelas ukur
- 8) Cawan penghalus dan mortar
- 9) Larutan solvent: xylene 99%
- 10) Kamera dan kaca pembesar

B. Tahap persiapan permukaan sample :

- 1) Pembersihan permukaan dengan mekanikal untuk menghilangkan kotoran berupa scale dan karat menempel, melalui 3 tahap, yaitu memulai dengan menggunakan kertas gosok bertahap dari kekasaran mulai 300, 600 dan 1000.
- 2) Pembersihan permukaan dengan kimiawi, proses pembersihan secara kimiawi merupakan proses pembersihan pengotor yang menempel pada permukaan spesimen dengan menggunakan bahan-bahan kimia. Proses pembersihan ini meliputi: proses pickling bertujuan untuk menghilangkan karat yang tersisa pada permukaan sample dengan dicelupkan ke dalam larutan H₂SO₄ (asam sulfat) dengan konsentrasi 10% selama 15 – 20 menit
- 3) Proses coating sample

Spesimen sample yang sudah siap dengan kondisi permukaan yang telah bebas dari kotoran dan karat dilakukan coating dengan menggunakan larutan gondorukem dengan pelarut yaitu:

1. Menyiapkan larutan gondorukem mutu T dan U dengan larutan solvent berupa dengan perbandingan 1:1. yaitu: gondorukem di haluskan dengan cawan keramik dan mortar. Gondorukem yang sudah halus ditimbang beratnya kemudian ditambahkan larutan xylene (xytol) dengan berat yang sama. Selanjutnya diaduk aduk sampai gondorukem terlarut semua.
2. Proses pelapisan sample sebagai berikut pelapisan dengan variasi tebal: 1 lapisan, 2 lapisan dan 3 lapisan dengan replika 5 kali. Proses coating dengan sample dicelupkan pada larutan gondorukem selama 10 detik dan di angkat dikeringkan selama 6 jam dalam temperatur kamar. Proses ini di ulang untuk pelapisan kedua dan ketiga.



Gambar2. Sampel Baja Tulangan beton yang telah melalui proses coating.

Prosedur Percobaan

Untuk mengetahui ketahanan coating terhadap air maka sampel yang telah dicoating dilakukan pengujian dengan perendaman pada air hujan, diambil air hujan dimana air hujan mempunyai sifat elektrolit.

Prosedur pengujiannya sebagai berikut :

- a) Sample yang telah dicoating selanjutnya dimasukan pada media air tawar/hujan pada setiap cawan plastik, setiap sample percobaan di masukan pada setiap cawan dan diberi kode sample, maka dibutuhkan 35 cawan.
- b) Dilakukan Pengambilan data dengan proses pengamatan terhadap sample, yaitu kondisi coating dan korosi yang terjadi pada setiap sample
- c) Dibandingkan dengan variabel control , dicatat dengan interval waktu tiap 10 hari.

Analisa dengan metode visual/pengamatan untuk mengamati kondisi kerusakan yang terjadi pada permukaan coating sample dengan bantuan photographi, yaitu:

- kerusakan pada permukaan coating sample
- korosi pada permukaan sample dan prosentasenya

Pengujian menggunakan standar pengujian korosi yang diambil dari standar ASTM G1 (weight loss) dimana dihitung laju kecepatan korosi pada sample parameter kontrol yaitu:

$$\text{Corrosion rate (Laju korosi)} = \frac{KW}{ATD}$$

K= konstanta (ipy) , 3.45×10^3

T= waktu (jam)

A= area (cm^2)

W= berat yang hilang (gram)

D= densitas gr/cm^3 , baja 1020 densitasnya adalah 7.86 gram/cm^3

(R.Baboian Ed, NACE International 2002, p.105)

Pengujian melihat kecenderungan dan analisa kesesuaian data dengan metode statistik yaitu uji reliabilitas dan uji validitas.

PEMBAHASAN

Hasil Coating Gondorukem Mutu T

Pelapisan dengan gondorukem mutu T1 kali pelapisan pada dari 10 hari dan 20 hari belum terdapat korosi tetapi terjadi perubahan warna gondorukem menjadi abu-abu, pada 30 hari terdapat korosi 2-3 mm dan korosi bertambah luas dan memanjang sehingga saat mencapai 60 hari hampir mencapai 20-30% permukaan sampel terjadi korosi. Untuk coating dengan 2 kali pelapisan menunjukkan hasil yang lebih baik dimana mulai terjadi korosi pada 40 hari dengan ukuran masih < 1 mm masih berupa nodul-nodul dan saat mencapai 60 hari berkembang menjadi ukuran yang lebih besar mencapai diagonal 3-5 mm. Untuk coating dengan 3 kali pelapisan menunjukkan hasil yang lebih baik, korosi terdapat pada 2 sampel a3r1 dan a3r3 dengan diagonal 2-5 mm, ketiga sampel lainnya tidak terdapat korosi semua sampel.

Gondorukem mutu T menghasilkan lapisan coating dengan 1 kali pelapisan memungkinkan air bisa masuk dalam porinya, perubahan warna coating menjadi abu-abu adalah karena air telah meresap dalam gondorukem tetapi dengan pelapisan 2 kali dan 3 kali menghasilkan ketahanan terhadap korosi yang lebih baik.

Hasil Coating Gondorukem Mutu U

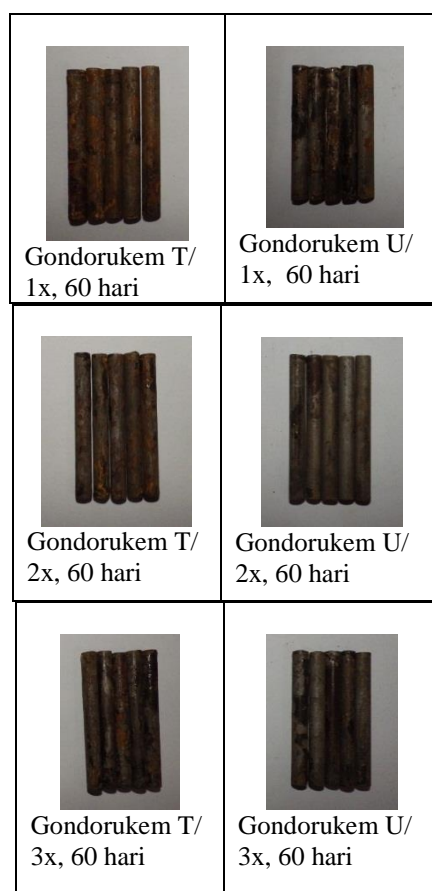
Pelapisan dengan gondorukem mutu U 1 kali pelapisan menunjukkan bahwa coating masih belum dapat memproteksi baja terhadap korosi sehingga saat mencapai waktu 40 hari mulai terjadi korosi berupa nodul dengan ukuran

diameter 1-2 mm, tetapi ketika ketebalan coating menjadi 2 kali pelapisan dan 3 kali pelapisan sudah tidak terjadi korosi lagi sampai perendaman 60 hari.

Perbandingan Coating Gondorukem Mutu T dan Gondorukem Mutu U

Proses pelapisan gondorukem dengan solvent Xylene, merupakan larutan dari derivatif minyak bumi yang bersifat nonpolar, sehingga menghasilkan campuran yang tidak mengandung air. Hasil pelapisan gondorukem mutu U menghasilkan coating yang lebih baik jika dibandingkan dengan gondorukem mutu T dalam ketahanan terhadap korosi.

Hasil yang lebih baik pada gondorukem mutu U, disebabkan oleh kandungan pengotor yang lebih rendah sehingga lapisan coating lebih homogen.



Gambar 5 Perbandingan Kondisi Coating dengan pada Gondorukem Mutu T dan Gondorukem Mutu U setelah 60 hari

Analisa Data Statistik Sampel Percobaan

Analisis data menggunakan metode analisa univariete untuk melihat deskripsi normalitas sampel, dengan bantuan software SPSS, hasil olahan data dalam bentuk tabel dibawah ini menunjukkan bahwa sampel berdistribusi normal dengan skewness mendekati 0 .


```
DESCRIPTIVES VARIABLES=Beratsampelawal  
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX SEMEAN KURTOSIS SKEWNESS.
```

→ Descriptives

	N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Berat sampel awal	30	16.68	16.88	16.7747	.01028	.05631	.030	.427	-1.005	.833
Valid N (listwise)	30									

KESIMPULAN

Gondorukem merupakan produk yang dapat digunakan sebagai coating baja tulangan beton, dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan coating gondorukem mampu melindungi baja dari korosi saat direndam dalam lingkungan air tawar. Hasil pelapisan gondorukem mutu U pada sampel dengan 2 kali pelapisan, ketebalan coating 0,028 mm menunjukkan coating dapat menahan terjadinya korosi pada sampel, tetapi gondorukem mutu T hasilnya masih kurang baik karena masih terjadi korosi, hal ini karena tingkat pengotor atau kemurnian gondorukem mutu T adalah paling rendah.

Pinus Merkussi sebagai penghasil getah yang menghasilkan gondorukem dan terpentin, merupakan satu-satunya tanaman pinus asli Indonesia, dan tersebar di Pulau Jawa, Sumatera dan Sulawesi. Pengelolaan Pinus tersebut memiliki potensi untuk dikembangkan sangat baik, Pengelolaan Pinus Merkussi menghasilkan manfaat yang besar bagi konservasi alam dengan mempertimbangkan Pinus dapat tumbuh pada lahan yang kurang subur, dan memiliki kemiringan dengan curah hujan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- David M Richardson, 1998, *Ecology and Biogeografi of Pinus*, United Kingdom at the university press, Cambridge. UK.
- Singh et al, 2015, "Gingko Biloba Fruit Extract as an Eco-friendly Corrosion Inhibitor for J55 Steel in CO₂ saturated 3.5% NaCl Solution", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, Elsevier, page 219-228, 2015.
- Branko N.Popov, 2015, *Corrosion Engineering: Principles and Solved Problems*, University of South California,301 Main Streeth, Department Chemical Engineering Sweringen Engineering Center, Columbia SC 29208, Elsevier.
- H. Wang et al, 2016, "A natural extract of tobacco rob as scale and corrosion inhibitor in artificial seawater", *Journal of Desalination*, Elsevier, page 198-207, 2016.
- Joseph R Davis,2000, *Corrosion: Understanding The Basic*, ASM International Material Park, Ohio, USA.
- Okeniyi et al, 2015, "Investigating Prospects of *Phylantus Muellierianus* as Eco-friendly/Sustainable Material for Reducing Concrete Reinforcement Steel

- corrosion in Industrial/microbial Environment”, *Journal of Energy procedia*, Elsevier, Page 1274-1281, 2015.
- Pierre R Robeger, 2008, *Corrosion Engineering: Principles and Pratices*, McGraw-Hill, New York, USA.
- Robert Baboian et al , 2005, “Corrosion Standart and Tests: Application and Interpretation”, ASTM International, West Conshohocken, USA.
- Varvara et al 2015, “Biomolecules as a sustainable protection against corrosion of reinforced carbon steel in concrete”, *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, page 666-671, 2015.
- Clive Gray et al, 2007, *Pengantar Evaluasi Proyek Edisi kedua*, Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Khadafi et al, 2014, “Pengolahan Gondorukem Menjadi Bahan Pendarihan Sebagai Aditif pada Pembuatan Kertas, *Jurnal Selulosa Vol.4 hal.17-24 Bandung*.
- Munasir et al, 2009, “Studi Perilaku Baja SPHT dalam Medium Air Laut “, *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Penerapan MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 2009*.
- Lenny et al, 2013, “Potensi Karbon Tersimpan dan Penyerapan Karbondioksida Hutan Pinus Merkussi di HPT Batualu” *Dinas Kehutanan dan Perkebunan Tana Toraja dan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, 2013*
- Samsul Bahri, 2007, “Penghambatan Korosi Baja Beton dalam Larutan Garam dan Asam dengan menggunakan campuran senyawa Butilamina dan Oktilamina”, *Jurnal Gradien Vol. 3 Universitas Bengkulu, hal. 231-236, 2007*
- I Riwayati, 2005, “Pengaruh Jumlah Adsorben Karbon Aktif dan Waktu Proses Bleaching pada Pengolahan Gondorukem”, *Momentum Vol 2, Semarang, hal 9-14, 2005*.
- Wibowo, 2007, “Pengaruh korosi pada Baja Tulangan Beton Terhadap Kuat Geser Balok Bertulang Beton”, *Media Teknik Sipil UNS, Surakarta. Hal. 21-30,2*