

PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR ASAM ASKORBAT
(VITAMIN C) DALAM LARUTAN NATRIUM KLORIDA
(NaCl) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA HQ 7210 PASCA
PELAPISAN *CHROM*



SKRIPSI

Oleh:

SHOLEH DARMAWAN

K 2502054

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2007**

PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR ASAM ASKORBAT
(VITAMIN C) DALAM LARUTAN NATRIUM KLORIDA (NaCl)
TERHADAP LAJU KOROSI BAJA HQ 7210 PASCA PELAPISAN
CHROM

SKRIPSI

Oleh:

SHOLEH DARMAWAN
K 2502054

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Pendidikan
Di Program Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Pendidikan Teknik Dan Kejuruan

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2007**

PERSETUJUAN

Skripsi ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Persetujuan Pembimbing

Pembimbing I

Drs. Yadiono, M.T.
NIP. 130 786 665

Pembimbing II

Drs. Ranto, M.T.
131 596 201

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan menurut sepengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis mengacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Surakarta, Juli 2007

Penulis

Sholeh Darmawan
NIM. K2502054

PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Program Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik dan Kejuruan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta dan diterima untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan.

Pada Hari :.....

Tanggal :.....

Tim Penguji Skripsi

Nama Terang

Tanda Tangan

Ketua : Drs. Karno, S.T. (.....)

Sekretaris : Drs. C. Sudibyoy, M.T. (.....)

Anggota I : Drs. Yadiono, M.T. (.....)

Anggota II : Drs. Ranto, M.T. (.....)

Disahkan oleh

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Sebelas Maret Surakarta

Dekan,

Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M.Pd.
NIP. 131 658 563

ABSTRAK

Sholeh Darmawan, PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR ASAM ASKORBAT (VITAMIN C) DALAM LARUTAN NATRIUM KLOORIDA TERHADAP LAJU KOROSI BAJA HQ 7210 PASCA PELAPISAN CHROM. Skripsi, Surakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta, Juli, 2007.

Tujuan penelitian untuk: (1) Mengetahui pengaruh konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja karbon rendah HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. (2) Mengetahui pengaruh konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom*. (3) Mengetahui interaksi antara konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) dan konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom*.

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Gemilang Chrom untuk pelapisan benda uji, Laboratorium pusat MIPA sub lab Kimia Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta untuk pengujian korosi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan desain faktorial 3x3 dan jenis penelitian yang digunakan adalah jenis kuantitatif. Populasi dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah HQ 7210 yang telah di *chrom*. Sampel diambil dengan teknik "random sampling". Sampel dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah HQ 7210 yang telah dilapisi *chrom* dengan dimensi panjang 30 mm dan diameter 20 mm. Jumlah sampel dalam penelitian ini ada 27 buah. Data didapat dari penghitungan laju korosi dalam mm/tahun dengan cara menghitung selisih berat kemudian dimasukkan dalam rumus. Jumlah data penelitian diperoleh dengan melakukan tiga kali pengulangan pada setiap perlakuan, sehingga data yang diperoleh sebanyak 27 data. Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis variasi dua jalan dan uji komparasi ganda pasca anava dengan menghitung rerata sel, yang sebelumnya dilakukan uji prasyarat yaitu uji normalitas dan uji homogenitas.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: (1) Makin tinggi konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) dalam larutan Natrium Klorida maka laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* makin rendah. Hal ini ditunjukkan pada hasil uji analisis data yang menyatakan bahwa $F_{obs} = 134,65$ lebih besar dari $F_{tabel} = 6,01$ ($F_{obs} > F_{tabel}$) pada taraf signifikansi 1 %. (2) Makin tinggi konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) maka laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom* makin tinggi. Hal ini ditunjukkan pada hasil uji analisis data yang menyatakan bahwa $F_{obs} = 717,03$ lebih besar dari $F_{tabel} = 6,01$ ($F_{obs} > F_{tabel}$) pada taraf signifikansi 1%. (3) Ada interaksi antara variasi konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) dan konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom*. Hal ini ditunjukkan pada hasil uji analisis data yang menyatakan bahwa $F_{obs} = 9,57$ lebih besar dari $F_{tabel} = 4,58$ ($F_{obs} > F_{tabel}$) pada taraf signifikansi 1 %. Laju korosi akan menurun pada penambahan Asam Askorbat (vitamin C) yang meningkat, tetapi sebaliknya laju korosi akan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl).

M O T T O

Jika mendengar, saya lupa. Jika melihat, saya ingat. Jika melakukan, saya mengerti.

(Confusius)

Ketika pintu satu tertutup, pintu lain akan terbuka; namun terkadang kita melihat dan menyesali pintu tertutup tersebut terlalu lama hingga kita tidak melihat pintu lain yang telah terbuka.

(Alexander Graham Bell)

PERSEMBAHAN

*Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT
Karya ini kupersembahkan untuk:
Ibu dan Bapak tercinta,
Adik-adikku,
Cahaya Bintangku,
Alm. Sumianto,
BRAHMAHARDHIKA MAPALA FKIP UNS,
Seluruh Guru dan Pengajar di Indonesia,
Mahasiswa PTM angkatan 2002,
Almamater,*

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan pada Tuhan YME atas segala rahmat dan hidayah-Nya kepada seluruh umat dan alam semesta.

Skripsi ini adalah dalam rangka melengkapi syarat menyelesaikan Program Pendidikan Strata Satu (S1) Program Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penulisan ini tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik yang secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Ketua Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Ketua Program Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Bapak Drs. Yadiono, M.T, selaku Pembimbing I yang telah membantu dan membimbing dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak Drs. Ranto HS, M.T, selaku Pembimbing II yang telah membantu dan membimbing dalam penulisan skripsi ini.
6. Ketua Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah mengizinkan dan membantu penulis untuk melakukan penelitian.
7. Pimpinan PT. Gemilang Chroom yang telah mengizinkan dan membantu penulis untuk melakukan penelitian.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas segala bantuan dan motivasi sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

DAFTAR ISI

Surakarta, Juli 2007

Penulis

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN ABSTRAK.....	vi
HALAMAN MOTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Pembatasan Masalah	3
D. Perumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4

BAB II. LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka	6
B. Penelitian yang Relevan	15
C. Kerangka Pemikiran	16
D. Hipotesis Penelitian.....	19

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian	20
B. Metode Penelitian.....	20
C. Populasi dan Sampel	20
D. Teknik Pengumpulan Data	21
E. Teknik Analisis Data	27
BAB IV. HASIL PENELITIAN	
A. Deskripsi Data.....	34
B. Uji Prasyarat Analisis.....	37
C. Pengujian Hipotesis	39
E. Pembahasan Hasil Penelitian	43
BAB V. SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN	
A. Kesimpulan	47
B. Implikasi.....	48
C. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Potensial Elektroda Beberapa Bahan	9
Tabel 2. Desain Eksperimen Faktorial AXB	21
Tabel 3. Harga-harga yang Perlu untuk Uji <i>Bartlett</i>	26
Tabel 4. Rangkuman Anava Dua Jalan	29
Tabel 5. Hasil Pengukuran Laju Korosi Spesimen Uji	32
Tabel 6. Rerata Perhitungan Laju Korosi Spesimen Uji	33
Tabel 7. Hasil Perhitungan Uji <i>Lilliefors</i>	35
Tabel 8. Rangkuman Hasil Uji <i>Bartlett</i>	36
Tabel 9. Rangkuman Hasil Uji F untuk Anava Dua Jalan	37
Tabel 10. Hasil Komparasi Ratan Antar Baris.....	38
Tabel 11. Hasil Komparasi Ratan Antar Kolom.....	39
Tabel 12. Hasil Komparasi Rataan Antar Sel Pada Kolom Yang Sama..	39
Tabel 13. Hasil Komparasi Rataan Antar Sel Pada Baris Yang Sama	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Sel Korosi Basah Sederhana.....	7
Gambar 2. Hubungan Antara Konsentrasi Larutan NaCl Dengan Laju Korosi.	14
Gambar 3. Hubungan Asam Askorbat Dengan Laju Korosi.....	14
Gambar 4. Paradigma Penelitian.....	16
Gambar 5. Spesimen Uji.....	19
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 7. Perendaman Spesimen.....	24
Gambar 8. Grafik Laju Korosi Spesimen Uji.....	35
Gambar 9. Histogram Laju Korosi Spesimen Uji.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Data Hasil Perhitungan Laju Korosi Spesimen Uji.....	63
Lampiran 2. Uji Normalitas	65
Lampiran 3. Uji Homogenitas.....	71
Lampiran 4. Uji Analisis Varians Dua Jalan.....	75
Lampiran 5. Uji Pasca Anava (<i>Metode Scheffe</i>)	79
Lampiran 6. Tabel-tabel Statistika	89
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian.....	97
Lampiran 8. Perijinan.....	101

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Dewasa ini sains dan teknologi akan mengalami perkembangan yang sangat pesat. Pembangunan-pembangunan industri akan mendominasi lahan di dunia. Hal ini akan berdampak pada pemakaian logam dalam dunia industri. Logam juga akan mengalami penurunan daya guna yang dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar pada manusia. Salah satu faktor penyebabnya adalah terjadinya korosi pada logam tersebut.

Trethewey. K.R. & Chamberlain, J (1991:64) menyatakan bahwa “korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrolit terhadap lingkungannya. Proses korosi terjadi pada lingkungan sekitar yang dapat berupa lingkungan asam, udara, embun, air tawar, air laut, air hujan dan tanah merupakan akibat dari reaksi kimia yang juga diakibatkan oleh proses elektrokimia”.

Peralatan-peralatan berat dalam dunia industri, mesin-mesin besar, pipa saluran (minyak, gas dan air) yang berada diluar akan cepat rusak karena hujan, kabut dan pengembunan yang relatif tinggi yang membawa bahan-bahan pengoksidasi yang menyebabkan korosi, merupakan salah satu faktor yang mempercepat korosi pada peralatan itu.

Berbagai usaha dan upaya banyak dilakukan untuk mengendalikan maupun mengatasi kerusakan material yang rusak akibat dari korosi, agar laju korosi yang terjadi dapat ditekan serendah mungkin maupun agar logam tidak rusak sebelum waktunya. Korosi yang mungkin terjadi pada lingkungan adalah korosi galvanis, korosi batas butir, korosi celah dan korosi semuran.

Biaya-biaya yang besar yang dikeluarkan oleh pengusaha dibidang industri digunakan untuk melindungi material dari serangan korosi dengan penggantian alat yang rusak akibat korosi, perawatan peralatan, pengecatan material, maupun pelapisan logam. Dengan melihat berapa besar biaya yang dikeluarkan untuk membiayai kerusakan yang diakibatkan oleh korosi maka korosi harus dicegah

sedini mungkin. Pelapisan logam, pemberian inhibitor, perubahan temperatur lingkungan adalah merupakan berbagai upaya yang dapat dilakukan untuk bisa menekan laju korosi.

Seperti yang sudah dikemukakan di atas pelapisan logam semakin banyak digunakan untuk mengurangi laju korosi. Pelapisan yang sering digunakan oleh masyarakat adalah pelapisan dengan menggunakan *chrom*. Karena *chrom* memiliki karakteristik yang dapat melindungi benda, tahan noda dan dapat menahan laju korosi.

Salah satu material yang digunakan adalah baja karbon HQ 7210. Berdasarkan DIN 15CrNi6 dan AISI/SAE/ASTM 3115 dari TA Steel PT. Tira Andalan Steel : baja karbon HQ 7210 merupakan baja karbon rendah dengan komposisi karbon (C) 0,14 % - 0,19 %, Mangan (Mn) 0,4 % - 0,6 %, Chrom (Cr) 1,4 % - 1,7 % dan Nikel (Ni) 1,4 % - 1,7 %. Baja ini sangat mudah didapat, harganya murah dan banyak dipakai untuk pembuatan komponen mesin atau alat, misalnya rantai kendaraan bermotor, mata bor maupun obeng. Para pemakai baja karbon rendah di daerah pantai seringkali dirugikan yang disebabkan karena logam mengalami korosi oleh air yang mengandung garam.

Proses korosi ini tidak hanya disebabkan oleh air laut yang mengandung garam yang berkontak langsung dengan logam tetapi juga disebabkan oleh udara di sekitar pantai yang mengandung butiran garam yang menyerang logam-logam yang tidak berkontak langsung dengan air laut, di mana air laut merupakan air garam dalam bentuk Natrium Klorida (NaCl) dengan konsentrasi rata-rata 3,5%.

Salah satu cara untuk mengurangi laju korosi di lingkungan elektrolit adalah dengan menambahkan inhibitor. Inhibitor merupakan zat kimia yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan yang korosif, dapat memperlambat atau mengurangi laju korosi. Ada beberapa jenis inhibitor yang dapat ditambahkan dalam lingkungan yang korosif yaitu : inhibitor pemasif, inhibitor katodik, inhibitor organik dan juga inhibitor penyebab pengendapan.

Inhibitor terdiri dari atom ganda yang dapat teradsorpsi ke permukaan logam sehingga menghalangi palarutan anodik logam dan membentuk oksida di

permukaan logam. Oksida yang terbentuk di atas permukaan logam akan memperkuat selaput tipis oksida logam. Selaput oksida pelindung akan terbentuk pada permukaan logam yang berkontak dengan udara pada temperatur kamar.

Soejono Tjitro, Juliana Anggoro, Adrian Ateng A., Gatut Phengkusaksomo, 2000:62 : membuktikan bahwa Asam Askorbat (vitamin C) mempunyai peranan penting sebagai inhibitor tembaga dalam media air (aquades) yang mengandung natrium klorida sulfat.

Dari uraian singkat di atas maka asam askorbat dapat difungsikan sebagai inhibitor larutan yang korosif sehingga akan mengurangi laju korosi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dengan judul: **“Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat (Vitamin C) dalam Larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom*”**

Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang dapat mempengaruhi laju korosi baja HQ 7210, yaitu :

1. Larutan Natrium Klorida.
2. Jenis bahan yakni baja HQ 7210.
3. Konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat (vitamin C).
4. Jenis bahan pelapis yakni *chrom*.

Pembatasan Masalah

Agar penelitian tidak menyimpang dari permasalahan di atas, maka permasalahan hanya dibatasi oleh laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* yang dipengaruhi oleh :

1. Konsentrasi Larutan Natrium Klorida.
2. Konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C).

Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Adakah pengaruh konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca Pelapisan *Chrom*?
2. Adakah pengaruh konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom*?
3. Adakah interaksi antara konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) dan konsentrasi Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom*?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap penurunan laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom*.
2. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom*.
3. Untuk mengetahui pengaruh interaksi antara konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) dan konsentrasi Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom*.

Manfaat Penelitian

1. Manfaat Praktis

Manfaat praktis yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- a. Memberi sumbangan bagi dunia industri terutama yang berada di sekitar pantai yang menggunakan logam sebagai bahan baku tentang pengaruh konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom* guna meminimalkan laju korosi.

- b. Dapat memberikan masukan kepada para teknisi logam dalam melakukan pengendalian terhadap laju korosi.

2. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- a. Membangkitkan minat mahasiswa untuk melanjutkan penelitian tentang laju korosi suatu bahan.
- b. Sebagai bahan pustaka di lingkungan Universitas Sebelas Maret Surakarta.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Pengertian Korosi

Korosi adalah penurunan mutu logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya (K.R Trethewey dan J. Chamberlain, 1991:25). Logam kebanyakan ditemukan di alam bebas dalam keadaan sudah tergabung secara kimia yang disebut bijih. Bijih ini bisa berupa oksida, sulfat, karbonat atau bahkan senyawa lain yang lebih kompleks. Untuk memisahkan logam dari bijihnya perlu dilakukan pemanasan dengan temperatur kurang lebih 6000°C, karena bijih ini berada dalam keadaan energi paling rendah. Logam yang telah terbebas dari komponen lain akan kembali tergabung dengan komponen yang telah dipisahkan dengan pemanasan. Hal ini disebabkan karena logam yang mempunyai energi tinggi akan cenderung kembali ke keadaan semula yakni logam dengan energi rendah. Sehingga proses korosi pada logam dapat diartikan sebagai proses kembalinya produk logam ke kondisi awalnya. Korosi pada logam sering disebut juga dengan karat.

Dari pengertian korosi di atas maka perlu ditekankan bahwa :

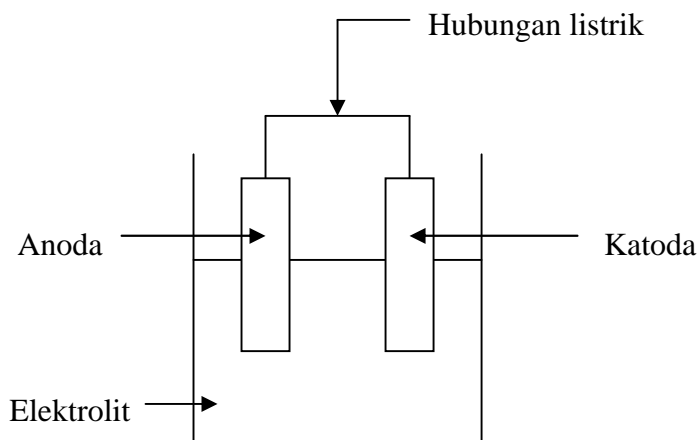
- a. Korosi berkaitan dengan logam.
- b. Penurunan mutu pada logam atau korosi adalah proses yang tidak dikehendaki oleh produsen maupun konsumen.
- c. Penurunan mutu logam tidak hanya melibatkan reaksi kimia maupun juga reaksi elektrokimia, yakni antara bahan-bahan yang bersangkutan terjadi perpindahan elektron.
- d. Lingkungan adalah sebutan untuk semua unsur di sekitar logam terkorosi saat reaksi sedang berlangsung.

2. Syarat Terjadinya Korosi Pada Logam

Ada empat komponen utama yang menjadi syarat korosi pada suatu logam dapat berlangsung. Keempat komponen tersebut adalah anoda, katoda, elektrolit dan hubungan listrik. Penghilangan salah satu komponen akan menghentikan proses korosi.

Pada dasarnya korosi bisa terjadi karena adanya perbedaan potensial listrik antara anoda dan katoda. Jika anoda dan katoda terjadi kontak maka akan menyebabkan mengalirnya arus listrik dari anoda ke katoda. Sehingga bagian logam yang bertindak sebagai anoda akan teroksidasi menjadi ion logam yang terhidrasi. Semakin besar arus yang terjadi akan semakin banyak logam anoda yang menjadi ion sehingga logam anode ini akan kehilangan masa (terkorosi).

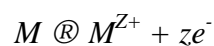
Proses korosi secara umum dapat digambarkan dalam bentuk sel elektrokimia berikut ini :



Gambar.1 Sel Korosi Basah Sederhana (KR. Trotheway dan J.Chamberlain :1991)

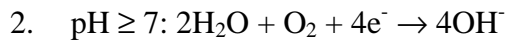
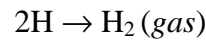
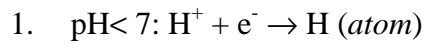
a. Anoda

Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron-elektron dari atom logam netral untuk membentuk ion-ion yang bersangkutan. ion-ion ini mungkin tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi membentuk hasil korosi yang tidak larut atau yang biasa disebut dengan reaksi anoda. Reaksi korosi suatu logam dapat dinyatakan dengan persamaan :



b. Katoda

Pada katoda biasanya tidak mengalami korosi. Terjadi dua reaksi penting dan umum yang mungkin terjadi pada katoda yang tergantung pada pH larutan.



ket : M = atom logam dalam struktur padat

z = harga valensi

e = elektron

pH = tingkat keasaman

H^+ = ion hidrogen

H = hidrogen

H_2O = air

OH^- = ion hidroksil

Reaksi katode yang lain juga mungkin terjadi dengan persyaratan yaitu bahwa reaksi harus mengambil elektron-elektron yang dihasilkan oleh proses anoda dan perubahan energinya harus cukup besar.

c. Elektrolit

Elektrolit merupakan larutan yang dapat menghantarkan listrik yang berupa larutan asam, larutan basa atau larutan garam. Larutan elektrolit mempunyai peranan penting dalam korosi logam karena larutan ini menjadi perantara kontak listrik dengan anoda dan katoda.

d. Hubungan Listrik

Anoda dan katoda harus ada hubungan kontak listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir.

Pada gambar di atas korosi bisa terjadi pada anoda jika antara anoda dan katoda terdapat selisih energi bebas. Selisih energi bebas merupakan perwujudan dari potensial listrik. Potensial listrik menggerakkan arus listrik yang berupa elektron-elektron yang dihasilkan oleh reaksi oksidasi logam

anoda. Semakin besar arus listrik yang mengalir semakin banyak logam anoda yang menjadi ion maka korosi juga akan semakin besar.

Berikut ini adalah daftar potensial elektroda untuk beberapa jenis bahan.

Tabel 1. Potensial Elektroda Beberapa Bahan

Reaksi Elektroda	E° (volt)
$\text{Au}^{+} + e^{-} = \text{Au}$	+1,68
$\text{Pt}^{2+} + 2e^{-} = \text{Pt}$	+1,20
$\text{Hg}^{2+} + 2e^{-} = \text{Hg}$	+0,85
$\text{Ag}^{+} + e^{-} = \text{Ag}$	+0,80
$\text{Cu}^{2+} + 2e^{-} = \text{Cu}$	+0,34
$2\text{H}^{+} + 2e^{-} = \text{H}_2$	0,00
$\text{Pb}^{2+} + 2e^{-} = \text{Pb}$	-0,13
$\text{Sn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Sn}$	-0,14
$\text{Ni}^{2+} + 2e^{-} = \text{Ni}$	-0,25
$\text{Cd}^{2+} + 2e^{-} = \text{Cd}$	-0,40
$\text{Fe}^{2+} + 2e^{-} = \text{Fe}$	-0,44
$\text{Cr}^{3+} + 3e^{-} = \text{Cr}$	-0,71
$\text{Zn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Zn}$	-0,76
$\text{Al}^{3+} + 3e^{-} = \text{Al}$	-1,67
$\text{Mg}^{2+} + 2e^{-} = \text{Mg}$	-2,34
$\text{Na}^{+} + e^{-} = \text{Na}$	-2,71
$\text{Ca}^{2+} + 2e^{-} = \text{Ca}$	-2,87
$\text{K}^{+} + e^{-} = \text{K}$	-2,92

(Sumber : KR. Trethewey dan J. Chamberlain, 1991 :70)

3. Laju Korosi

Laju korosi adalah banyaknya material yang hilang (teroksidasi) tiap satuan waktu. Satuan laju korosi adalah mm per tahun (SI). Laju korosi dalam

kondisi tertentu dapat meningkat dan dalam kondisi yang lain dapat menjadi lambat.

Laju korosi tiap bahan berbeda-beda tergantung pada kondisi lingkungan dan jenis bahannya. Laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$CPR = 87,6 \frac{W}{DAT}$$

ket :

CPR : *Corrosion Penetration Rate* (laju korosi) dalam mm per tahun

W : pengurangan berat dalam mili gram.

87,6 : merupakan tetapan dari rumus

D : densitas atau rapatan bahan dalam gr/cm^3

A : luas permukaan bahan dalam cm^2

T : lamanya korosi berlangsung dalam jam

4. Klasifikasi Baja Karbon

Suhardi (1996:6) menyatakan bahwa baja karbon adalah paduan antara Fe dengan C dengan kadar C sampai 2 %. Sifat-sifat baja karbon pada dasarnya tergantung dari kadar C yang dikandungnya. Setiap baja, termasuk baja karbon sebenarnya adalah merupakan paduan multikomponen, yang artinya disamping mengandung Fe juga mengandung unsur-unsur lain yang antara lain : Mn, Si, S, P dan unsur lainnya yang dapat mempengaruhi sifat mekanisnya.

Dalam beberapa hal selain unsur-unsur tersebut terdapat pula unsur tertentu lainnya sebagai *alloying element* (unsur paduan). Adanya unsur-unsur paduan tersebut terjadi karena beberapa hal, baik itu sukarnya unsur-unsur tersebut dipisahkan atau dihilangkan pada proses pembuatan baja seperti unsur pospor (P) dan sulfur (S) atau disebabkan masunya unsur itu ke dalam baja pada waktu proses deoksidasi dan desulfurisasi seperti unsur silisium (Si) dan mangan (Mg), selain itu memang ada yang disengaja dimasukkan sebagai *Alloying element*.

Berdasarkan tingkatan banyaknya kadar karbon, baja karbon digolongkan menjadi tiga tingkatan, yaitu :

a. Baja Karbon Rendah

Adalah baja yang mengandung karbon dibawah 0,3 %. Baja karbon rendah dalam perdagangan dibuat dalam bentuk plat, profil, batangan untuk keperluan tempa, pekerjaan mesin dan lain-lain.

b. Baja Karbon Sedang

Adalah baja yang mengandung karbon antara 0,3 – 0,8 %. Didalam perdagangan biasanya digunakan sebagai alat perkakas, baut, poros engkol, roda gigi, pegas dan lain-lain.

c. Baja Karbon Tinggi

Adalah baja yang mengandung karbon diatas 0,8 %. Baja karbon ini banyak digunakan untuk keperluan pembuatan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi atau dalam penggunaannya akan menerima dan mengalami panas, misalnya landasan, palu, gergaji, bor, pahat, kikir dan sebagainya.

5. Karakteristik Baja HQ 7210

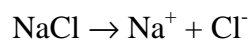
Baja HQ 7210 adalah salah satu dari sekian banyak jenis baja yang dijual di pasaran. Harganya yang murah dan mudah didapat, mudah untuk dibentuk juga memiliki ketahanan terhadap abrasi serta kekuatan mekanik dengan kualitas yang baik menyebabkan penggunaannya meningkat sebagai alat bantu dalam kehidupan manusia. Berdasarkan DIN 15CrNi6 dan AISI/SAE/ASTM 3115, baja ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut : karbon (C) 0,14 % - 0,19 %, Mangan (Mn) 0,4 % - 0,6 %, Chrom (Cr) 1,4 % - 1,7 % dan Nikel (Ni) 1,4 % - 1,7 %.

6. Larutan Natrium Klorida (NaCl)

Natrium Klorida atau garam dapur merupakan salah satu garam yang didalam air akan membenruk larutan elektrolit kuat. Natrium Klorida yang berbentuk kristal akan mengalami pelarutan yang disertai dengan penurunan suhu.

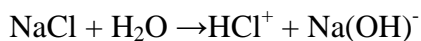
Kristal NaCl yang dilarutkan dalam air akan menjadi partikel-partikel kecil dan akan ditarik oleh molekul-molekul air. Setelah molekul air dan molekul NaCl bergabung menjadi satu dan bereaksi sehingga akan sangat sulit untuk dibedakan. Campuran seperti inilah yang sering disebut dengan larutan.

NaCl dalam air ditarik oleh molekul air sehingga menjadi ion Na^+ dan Cl^- . Natrium klorida dalam air membentuk larutan yang dapat menghantarkan listrik karena air memiliki daya mengion terhadap molekul NaCl.



Ion-ion yang terbentuk dari peristiwa terurainya Na^+ dan Cl^- disebut disosiasi elektrolisis. Ion-ion yang terbentuk mampu bergerak bebas dalam larutan dan dapat menghantarkan listrik.

Banyaknya molekul yang bereaksi dengan air menghasilkan ion dan memenuhi syarat untuk menjadi elektrolit. Natrium klorida yang berada dalam air akan bereaksi seperti persamaan berikut :



Peristiwa ionisasi ini disebabkan oleh kelarutan yang besar dari natrium klorida dalam air. Sehingga ionisasi natrium klorida dalam air berjalan dengan cukup sempurna. Derajat ionisasi yang dimiliki oleh natrium klorida sebesar 0,89 sehingga natrium klorida tergolong larutan elektrolit kuat karena mempunyai kelarutan yang besar dan molekul-molekulnya dapat terionisasi dengan sempurna.

7. Pengaruh Konsentrasi NaCl Terhadap Laju Korosi Baja

Baja dan paduannya mempunyai lapisan oksida yang melekat pada permukaan baja. Selaput oksida biasanya terbentuk pada permukaan logam yang kontak dengan udara pada suhu kamar. Bila baja dimasukkan ke dalam larutan NaCl maka anion – anion Cl^- akan cenderung menyerang selaput oksida pada permukaan logam, karena ion klorida merupakan ion yang termasuk dalam golongan asam kuat yang berkemampuan merusak lapisan oksida tersebut. Semakin besar kadar Natrium Klorida dalam larutan maka semakin besar pula kandungan ion klorida sehingga laju korosi akan semakin meningkat.

8. Pengendalian Korosi

Suatu bahan logam yang terendam dalam larutan elektrolit akan mengalami korosi dengan sangat cepat. Korosi juga bisa dihindari bila tidak terdapat larutan elektrolit, hal yang akan sangat sulit dilakukan. Laju korosi pada logam dapat dikendalikan melalui proses yang paling lambat dalam sel. Upaya perubahan lingkungan yang berupa larutan elektrolit akan dapat mengurangi laju korosi. Upaya pengendalian korosi dapat dilakukan dengan berbagai cara yang antara lain :

a. Mengadakan Lapisan Pelindung

Melindungi permukaan logam merupakan salah satu cara pencegahan korosi yang telah lama dilakukan. Banyak cara pelapisan yang digunakan untuk melindungi logam termasuk cat, selaput organik, vernis, lapisan logam, dan enamel.

Pelapisan yang paling banyak dilakukan untuk mencegah korosi adalah cat, tetapi sekarang sudah banyak pula yang menggunakan pelapisan berupa lapisan logam.

b. Mengubah Temperatur Lingkungan

Peningkatan temperatur biasanya diikuti oleh peningkatan laju reaksi. Laju reaksi pada umumnya meningkat dua kali lipat setiap kenaikan temperatur sebesar 10°C.

c. Penambahan Inhibitor

Inhibitor merupakan zat kimia yang apabila ditambahkan pada lingkungan yang korosif akan mengurangi laju korosi. Inhibitor terdiri dari anion atom ganda yang dapat masuk ke permukaan logam dan akan menghasilkan selaput lapisan tunggal yang kaya akan oksigen.

8. Pelapisan Chrom

Chrom merupakan logam yang bersifat katodik terhadap baja dan bertindak sebagai lapisan penghalang yang melindungi permukaan baja dari

korosi. Pada proses pelapisan, *chrom* tidak dapat diendapkan langsung dari larutan yang hanya mengandung asam *chromat* (CrO_3) dan air (H_2O) saja. Di dalam larutan tersebut ada satu atau lebih asam yang berfungsi sebagai katalis (mempercepat proses) untuk membantu terjadinya proses pelapisan atau pengendapan *chrom* pada katoda. Prosesn pelapisan *chrom* yang terpenting adalah dengan mengendalikan berat asam *chromat* (CrO_3) dengan asam yang digunakan sebagai katalis dan harus berada dalam batas tertentu. Perbandingan yang biasa digunakan adalah 100 : 1, dimana 100 bagian adalah asam *chromat* dan 1 bagian adalah asam lain yang berfungsi sebagai katalis.

Pelapisan *chrom* diharapkan laju korosi logam dapat diperkecil. Lapisan *chrom* memiliki ketegangan yang tinggi, oleh karena itu akan sulit mendapatkan lapisan yang bebas dari retakan mikro atau pori-pori. Sehingga apabila air masuk kedalam retakan maka korosi akan terjadi karena sel-sel mikro akan terbentuk.

9. Inhibitor Asam Askorbat (Vitamin C)

Inhibitor merupakan zat kimia yang apabila ditambahkan pada lingkungan yang korosif akan mengurangi laju korosi. Inhibitor terdiri dari anion atom ganda yang dapat masuk kepermukaan logam dan akan menghasilkan selaput lapisan tunggal yang kaya akan oksigen. Inhibitor biasanya terdiri dari ikatan yang mengandung kromat, fosfat, tungstat atau ion elemen transisi lainnya yang mudah teroksidasi. Salah satu inhibitor organik adalah asam askorbat (vitamin C).

Asam Askorbat merupakan senyawa organik yang mempunyai rumus empiris $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ dan berbentuk murni yang merupakan kristal putih, tidak berwarna, tidak berbau dan mencair pada suhu 190-192°C. Asam askorbat mempunyai rasa asam dan bersifat sebagai reduktor yang kuat. Vitamin C banyak terkandung pada buah-buahan seperti : tomat, jambu, jeruk, pepaya dan yang lainnya.

Dalam bentuk murninya, Asam Askorbat berwujud padatan kristal dengan titik leleh 192°C . zat ini sangat larut dalam air karena kemampuannya membentuk ikatan hidrogen. Asam Askorbat sangat sensitif terhadap pengaruh luar yang menyebabkan kerusakan seperti suhu, pH, oksigen, katalisator logam.

Asam Askorbat sangat mudah teroksidasi menjadi dehidro Asam Askorbat. Pembentukan dehidro Asam Askorbat ini melalui senyawa transisi yaitu mono-amino Asam Askorbat. Asam ini akan terabsorpsi ke permukaan baja. Anion ini kemudian akan merintang laju kelarutan katodik dan sebagai gantinya akan membentuk oksida yang akan memperkuat selaput yang ada. Selaput oksida pelindung biasanya akan terbentuk pada permukaan logam yang kontak dengan udara pada suhu kamar. Apabila logam ini kemudian dimasukkan ke dalam larutan NaCl maka anion-anion Cl^- akan cenderung menyerang selaput oksida pelindung. Asam Askorbat akan teradsorpsi ke permukaan logam sehingga akan menutup selaput oksida yang rusak, selain itu juga akan membentuk lapisan pelindung yang memperkuat lapisan oksida logam.

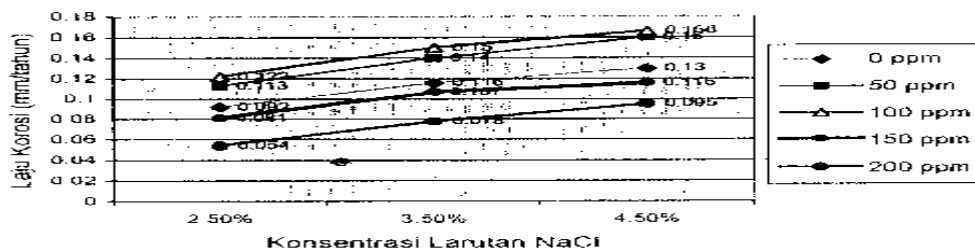
10. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat Terhadap Laju Korosi

Proses penyerapan suatu inhibitor dalam suatu larutan bisa menyebabkan laju korosi menjadi lambat, akan tetapi bila inhibitor yang ditambahkan dalam larutan masih kurang atau sedikit maka laju korosi akan semakin cepat. Hal ini dikarenakan inhibitor yang terserap ke atas permukaan logam masih kurang sehingga laju korosi masih akan terjadi dengan cepat, begitupula sebaliknya.

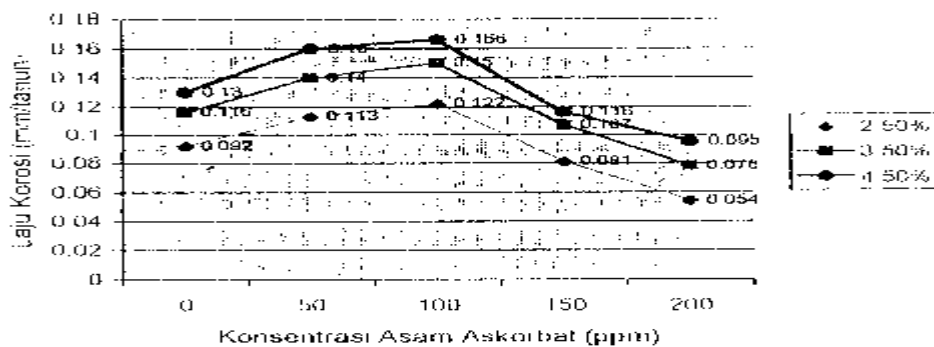
Jadi dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan Asam Askorbat dengan konsentrasi yang sedikit dimungkinkan belum mampu menahan laju korosi yang dikarenakan inhibitor tersebut belum cukup untuk terserap ke seluruh permukaan baja, sedangkan Asam Askorbat ditambahkan lagi dalam larutan tersebut maka laju korosi akan bisa dikendalikan karena inhibitor yang terserap ke permukaan logam juga akan bertambah.

B. Penelitian yang relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang telah dilakukan oleh Hafidh Zaini (2003) dengan judul “ Pengaruh Variasi Asam Askorbat (vitamin C) terhadap laju korosi baja karbon medium K-945/EMS-45 dalam lingkungan air yang mengandung Natrium Klorida (NaCl)” dengan menggunakan variasi Asam Askorbat (Vitamin C) sebesar 0, 50, 100, 150 dan 200, dan dengan konsentrasi Natrium Klorida (NaCl) 2,5%, 3,5% dan 4,5%.



Gambar 2 : Hubungan antara Konsentrasi Larutan NaCl dengan Laju Korosi (Hafidh Zaini : 2003)



Gambar 3 : Hubungan Konsentrasi Asam Askorbat dengan Laju Korosi (Hafidh Zaini : 2003).

Hasil dari penelitian tersebut menyimpulkan bahwa:

- a. Penggunaan Asam Askorbat (Vitamin C) mempunyai pengaruh terhadap laju korosi baja, hal tersebut dapat dilihat dari grafik di atas. Dimana laju korosi dengan konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (Vitamin C) di bawah

150 ppm akan menyebabkan laju korosi semakin besar, sehingga inhibisi maksimal baru dapat dicapai pada konsentrasi Asam Askorbat 200 ppm.

- b. Banyaknya konsentrasi larutan Natrium Klorida berpengaruh terhadap laju korosi baja. Semakin besar konsentrasi larutan Natrium Klorida maka semakin besar pula laju korosi yang dialami baja.

C. Kerangka Pemikiran

Korosi merupakan penurunan mutu logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan. Tingkat laju korosi pada logam berbeda-beda antara satu dengan yang lain. Korosi pada logam tidak akan terjadi begitu saja, ada 4 komponen utama yang menjadi syarat terjadinya korosi pada logam. Komponen-komponen tersebut adalah anoda, katoda, elektrolit dan hubungan listrik. Keempat komponen tersebut merupakan satu kesatuan. Elektrolit berfungsi sebagai larutan yang menghantarkan listrik dari anoda ke katoda. Larutan elektrolit yang paling banyak dijumpai adalah air laut. Kandungan natrium klorida dalam air laut sekitar 3,5 % dan akan berubah sesuai dengan perubahan musim. Pada musim kemarau konsentrasi ini akan naik dan begitu sebaliknya, pada musim penghujan konsentrasi ini akan turun. Oleh karena itu pemakaian logam di daerah korosif seperti daerah pantai akan meningkatkan laju korosi. Hal ini terjadi karena dalam larutan natrium klorida mengandung anion-anion klorida yang cenderung menyerang lapisan oksida pelindung.

Baja HQ 7210 dengan kandungan karbon (C) 0,14 % - 0,19 %, Mangan (Mn) 0,4 % - 0,6 %, Chrom (Cr) 1,4 % - 1,7 % dan Nikel (Ni) 1,4 % - 1,7 % merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai alat pengeboran minyak. Dengan demikian tingkat korosinya pun akan lebih cepat.

Kerugian yang ditimbulkan oleh korosi baik secara materi maupun non materi sudah sangat banyak, oleh karena itu korosi harus sesegera mungkin dicegah agar bisa meminimalkan kerugian yang ditimbulkan. Upaya untuk

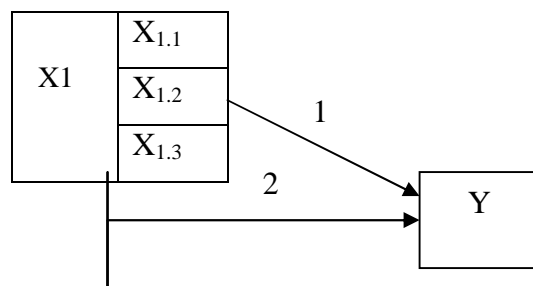
mencegah korosi dapat dilakukan dengan cara mengadakan lapisan pelindung, mengubah temperatur dan dengan penggunaan zat inhibitor.

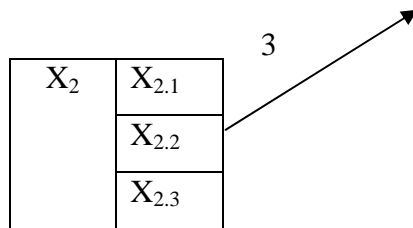
Chrom merupakan logam yang bersifat katodik terhadap baja dan bertindak sebagai lapisan penghalang yang melindungi permukaan logam dari korosi. Lapisan *chrom* memiliki tegangan yang tinggi, oleh karena itu akan sulit mendapatkan lapisan yang bebas dari retakan mikro atau pori-pori, sehingga apabila air masuk kedalam retakan maka korosi akan terjadi.

Inhibitor merupakan zat kimia yang apabila ditambahkan dalam lingkungan yang korosif akan dapat mengurangi korosi. Salah satu inhibitor yang mudah didapat dan murah adalah Asam Askorbat (vitamin C). Asam Askorbat sangat mudah larut dalam air, mudah teroksidasi dalam larutan, mempunyai kemampuan pereduksi yang kuat dan banyak terdapat pada buah-buahan seperti : tomat, jeruk, jambu, pepaya dan kentang. Anion-anion asam askorbat akan terabsorpsi ke permukaan logam sehingga akan membatasi difusi oksigen ke permukaan dan akan membuat lapisan dipermukaan logam. Sehingga laju korosi akan tertahan.

Semakin besar konsentrasi Natrium Klorida dalam larutan maka semakin besar pula konsentrasi inhibitor Asam Askorbat yang ditambahkan agar korosi dapat dihambat. Oleh karena itu penambahan inhibitor Asam Askorbat tergantung pada konsentrasi larutan Natrium Klorida. Karena jika konsentrasi Asam Askorbat diperbanyak terus maka akan terjadi kejenuhan yang mengakibatkan korosi akan semakin cepat, karena Asam Askorbat akan berubah menjadi dehidro Asam Askorbat yang kemudian akan berubah lagi menjadi asam oksalat. Sehingga lingkungan akan menjadi asam.

Dari uraian di atas, maka dapat ditentukan suatu paradigma penelitian sebagai berikut :





Gambar 4. Paradigma Penelitian

Keterangan

- X_1 : Konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C)
- X_{11} : Konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) 100 ppm
- X_{12} : Konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) 150 ppm
- X_{13} : Konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) 200 ppm
- X_2 : Larutan Natrium Klorida
- X_{21} : Larutan Natrium Klorida 2,5 %
- X_{22} : Larutan Natrium Klorida 3,5 %
- X_{23} : Larutan Natrium Klorida 4,5%
- Y : Laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*.

D. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka berfikir di atas maka dapat diambil kesimpulan sementara sebagai berikut :

1. Ada pengaruh konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. Semakin besar konsentrasi inhibitor Asam Askorbat dalam larutan maka laju korosi akan semakin rendah.
2. Ada pengaruh konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. Semakin besar konsentrasi larutan Natrium Klorida maka laju korosi semakin besar .
3. Ada interaksi antara konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) dan konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta untuk meneliti laju korosi. Sedangkan untuk proses pengekhroman dilaksanakan di PT Gemilang Chrom, Palur, Karanganyar .

2. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2007, adapun jadwal pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Bulan Januari 2007 perijinan penelitian ke PT. Gemilang Chrom untuk proses pengekhroman dan ijin penelitian ke Lab. Kimia FMIPA UNS Surakarta.
- b. Bulan Februari 2007 pelaksanaan penelitian di Lab. Kimia FMIPA UNS .
- c. Bulan Februari 2007 s/d selesai penyusunan laporan penelitian.

B Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif yaitu dengan memaparkan secara jelas hasil eksperimen di laboratorium terhadap sejumlah benda uji, kemudian analisis datanya didasarkan pada angka-angka hasil perhitungan laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) yang telah ditambah inhibitor Asam Askorbat (Vitamin C).

C Populasi dan Sampel

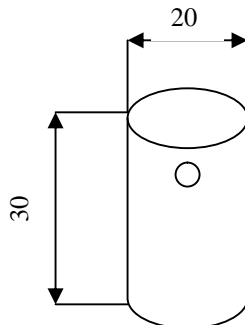
1. Populasi Penelitian

“Populasi adalah keseluruhan subjek penelitian” (Suharsimi Arikonto, 1993:108). Populasi pada penelitian ini adalah Baja karbon rendah HQ 7210 dengan komposisi karbon (C), Mangan (Mn), Nikel (Ni) dan Crom (Cr).

2. Sampel Penelitian

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah dengan cara *random sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel yang dilakukan secara acak sesuai keinginan peneliti. Suharsimi Arikunto (1993:127) *random sampling* adalah pengambilan sampel dilakukan dengan cara mencampur subjek-subjek di dalam populasi sehingga semua subjek dianggap sama. Sampel dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah HQ 7210 dengan diameter 20 mm dan tinggi 30 mm. Pengambilan sampel dilakukan dengan 9 perlakuan. Masing – masing perlakuan dengan 3 replikasi, sehingga dibutuhkan 27 buah.

Dimensi spesimen uji adalah seperti Gambar 5. berikut ini



Gambar 5. Spesimen Uji

D Teknik Pengumpulan Data

1. Identifikasi Variabel

Definisi variabel adalah objek penelitian yang bervariasi (Suharsimi Arikunto, 1993 : 94). Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a) Variabel Bebas

Variabel bebas adalah himpunan sejumlah gejala yang memiliki pola berbagai aspek atau unsur yang berfungsi mempengaruhi atau menentukan

munculnya variabel lain yang disebut dengan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah

- (1) Variasi penambahan Asam Askorbat (Vitamin C) sebesar 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm
- (2) Variasi penambahan konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) sebesar 2,5%, 3,5%, 4,5%

b). Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*.

c). Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan dan dibuat konstan sehingga peneliti dapat melakukan penelitian yang bersifat membandingkan (Sugiyono, 1999 : 24). Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

- (1) Bahan yang digunakan sama yaitu baja karbon rendah HQ 7210 yang telah dilapisi *chrom*.
- (2) Waktu pengkorosian dilakukan selama 10 hari atau 240 jam.
- (3) Suhu lingkungan perendaman dilakukan pada suhu kamar ($\pm 25^{\circ}$ C).
- (4) Volume larutan yang dipakai untuk pengkorosian adalah sama yaitu 300 ml.
- (5) Pelapisan dilakukan dengan cara *elektroplating* dengan suhu 50° C, waktu 30 menit, dan arus 12 ampere.

2. Instrumen Penelitian

a. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Baja karbon rendah HQ 7210 dengan diameter 20 mm dan panjang 30 mm sebanyak 27 buah.
2. Larutan Natrium Klorida (NaCl).
3. Inhibitor Asam askorbat (Vitamin C).

b. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- (1) Elmeyer/Gelas piala ukuran 300 ml.
- (2) Elmeyer/Gelas piala ukuran 600 ml.
- (3) Pengaduk.
- (4) Kain pembersih.
- (5) Kertas amplas no 120.
- (6) Jangka sorong dengan ketelitian 0.05 mm.
- (7) Neraca digital berketelitian 0.001 gram.
- (8) Alat pelapisan dan kelengkapannya.
- (9) Kuas.

3. Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah langkah-langkah lengkap yang perlu diambil sebelum eksperimen dilakukan agar data yang semestinya diperlukan dapat diperoleh sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan-persoalan yang dibahas (Sujana, 1995:7).

Pada penelitian ini terdapat dua variabel bebas yang kemudian pada desain eksperimen disebut faktor. Faktor pertama mempunyai tiga taraf, yaitu Asam Askorbat (Vitamin C) dengan konsentrasi 100ppm, 150ppm, dan 200ppm. Faktor kedua dengan tiga taraf yaitu konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) 2,5 %, 3,5 %, 4,5 %. Dari kedua faktor tersebut diperoleh desain eksperimen 3x3 faktorial. Dengan demikian diperlukan sembilan kondisi eksperimen. Dengan ketentuan, pada masing-masing perlakuan diuji dengan tiga kali replikasi. Desain eksperimen yang digunakan dapat dilihat pada Tabel berikut ini :

Tabel 2. Desain Eksperimen Faktorial AXB

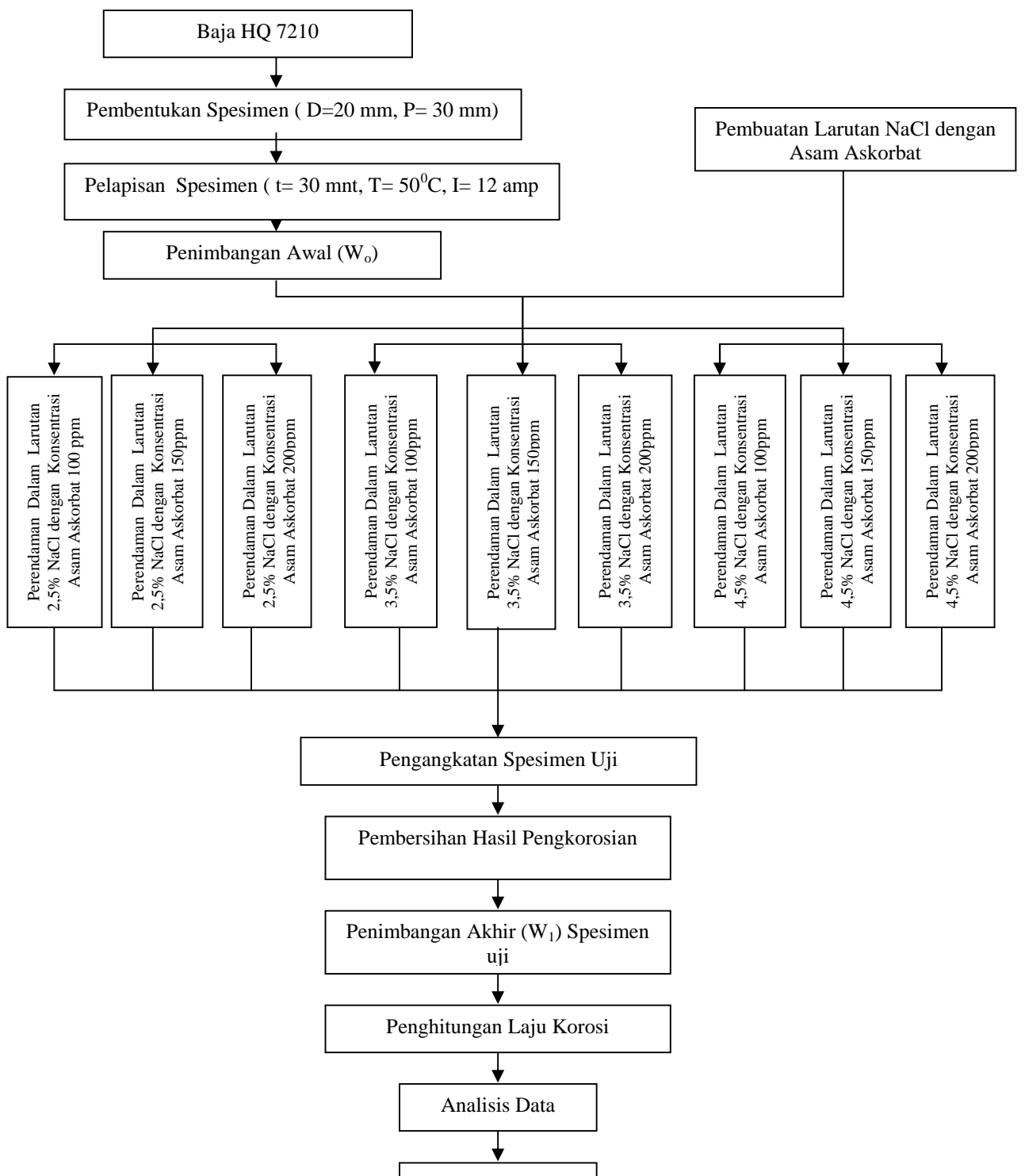
		Faktor B			Keseluruhan	Keseluruhan	
		Larutan Natrium Klorida					
Penambahan Asam	Taraf	%	%	%	J ₁₀₀		
	100 ppm	1	1	1			
		2	2	2			
		3	3	3			
Jumlah	3	3	3	J ₁₀₀			

	ta-rata	0	0	0		Y_{100}
	0 ppm	1	1	1		
		2	2	2		
		3	3	3		
	Jumlah	0	0	0	J_{200}	
	ta-rata	0	0	0		Y_{200}
	0 ppm	1	1	1		
		2	2	2		
		3	3	3		
	Jumlah	0	0	0	J_{300}	
ta-rata	0	0	0		Y_{300}	
Keseluruhan	0	0	0	J_{000}		
Keseluruhan	0	0	0		Y_{000}	

(Sumber: Sudjana, 1995: 112)

3. Pelaksanaan Penelitian

Data mengenai pengaruh variasi Asam Askorbat dalam larutan natrium klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* diperoleh melalui teknik eksperimen secara langsung dengan langkah-langkah sebagai berikut :



Gambar 6 Digram Alir Proses Penelitian

4. Langkah Kerja Penelitian

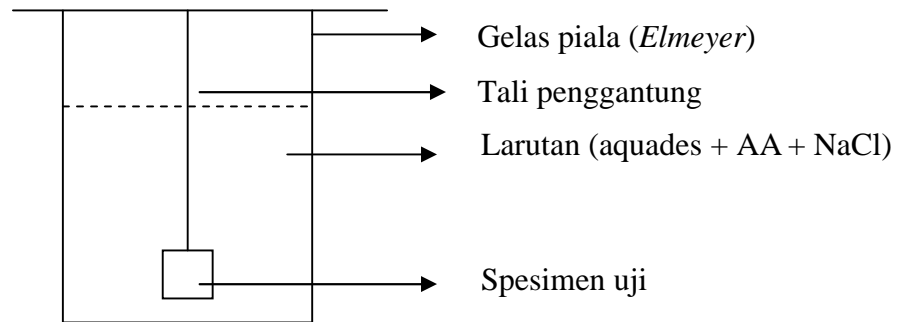
a. Langkah Kerja Pelapisan.

- 1) Pemotongan baja karbon rendah HQ 7210 dengan diameter 20 mm dan panjang 30 mm dengan pemberian toleransi 1 mm.
- 2) Pembersihan permukaan spesimen uji dari kotoran yang menempel dengan menggunakan ampelas no 120.
- 3) Persiapan alat-alat untuk pelaksanaan pengechroman.
- 4) Dilakukan proses pengechroman dengan metode *elektroplanting* dengan temperatur 50⁰C, waktu 30 mnt, dan arus 12 ampere .
- 5) Pengangkatan spesimen dari *water bath* dan kemudian dikeringkan.
- 6) Pemberian kode pada spesimen uji.

b. Langkah Kerja Pengujian Korosi

- 1) Menyiapkan spesimen uji yang telah diberi kode.
- 2) Penimbangan dan pencatatan berat awal spesimen uji dengan menggunakan neraca digital ketelitian 0,001 gram.
- 3) Menyiapkan larutan yang akan digunakan yaitu aquades, Asam Askorbat dan Natrium Klorida sesuai dengan konsentrasinya.
- 4) Percampuran dilakukan dengan menuangkan aquades terlebih dahulu kemudian Natrium Klorida dan terakhir Asam Askorbat.
- 5) Perendaman spesimen dalam larutan selama 240 jam dengan cara menggantung spesimen uji dan dimasukkan ke dalam gelas piala

berukuran 300 ml. Setiap gelas piala menampung satu buah spesimen uji.



Gambar 7. Perendaman Spesimen Uji

- 6) Spesimen diangkat kemudian dibersihkan. Pembersihan spesimen uji dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen uji yang telah direndam selama 240 jam ke dalam larutan HCl selama satu menit, kemudian spesimen uji diangkat dan dibersihkan dengan menggunakan kuas.
- 7) Penimbangan dan pencatatan berat akhir spesimen setelah pengujian.
- 8) Perhitungan laju korosi dengan cara menghitung selisih berat awal dengan berat akhir dan hasil yang ada dimasukkan ke dalam rumus (lihat halaman 10).
- 9) Menganalisis data hasil penelitian.
- 10) Penyusunan laporan penelitian dan penarikan kesimpulan.

E. Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini untuk menganalisa data digunakan analisis varian (Anava) dua jalan. Namun sebelum dilakukan, terlebih dahulu dilakukan uji persyaratan analisis yaitu uji normalitas dan uji homogenitas.

1. Uji Persyaratan Analisis Data

a. Uji Normalitas

Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah data pada variabel-variabel penelitian berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak, Uji

normalitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji normalitas *Liliefors* (Sudjana, 1995 : 93 – 466, dan Budiyo, 2000 : 169) .

Adapun prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Menentukan hipotesis

Ho = Sampel berasal dari populasi berdistribusi normal.

Hi = Sampel tidak berasal dari populasi berdistribusi normal.

- 2) Menentukan taraf nyata $\alpha = 0,01$

- 3) Menentukan harga S dengan rumus :

$$SD^2 = \frac{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}{n(n-1)}$$

Keterangan :

SD : Simpangan Baku atau Deviasi Standar

n : Jumlah baris

Y_i^2 : Jumlah keseluruhan kolom pangkat dua

$\sum Y_i^2$: Hasil pangkat dua X_i^2 kemudian dijumlahkan keseluruhan

- 4) Pengamatan Y_1, Y_2, \dots, Y_n dijadikan bilangan Z_1, Z_2, \dots, Z_n dengan

menggunakan rumus : $Z_i = \frac{Y_i - \bar{Y}}{SD}$

- 5) Statistik uji yang digunakan $L = \text{Maks.} |F(Z_i) - S(Z_i)|$

Dengan $F(Z_i) = P(Z \leq Z_i); Z \sim N(0,1)$;

$$S(Z_i) = \frac{\text{banyaknya } Z_1, Z_2, Z_3, Z_N \leq Z_i}{n}$$

- 6) Daerah kritik uji $DK = \{L \mid L > L_{\alpha;n}\}$

Ho ditolak apabila $L_{\text{mak}} > L$ tabel.

Ho diterima apabila $L_{\text{mak}} < L$ tabel.

b. Uji Homogenitas

Untuk menguji persyaratan homogenitas digunakan uji *Bartlett*, adapun prosedur yang harus ditempuh adalah sebagai berikut : (Sudjana, 1996 : 259 – 263)

- 1) Menentukan hipotesis

Ho : $S_1^2 = S_2^2 \dots = S_k^2$; Hi : Tidak demikian

- 2) Menentukan taraf nyata $\alpha = 0,01$
- 3) Menentukan tabel uji *Bartlett*

Tabel 3. Harga-Harga yang Perlu untuk Uji *Bartlett*

<u>Sampel ke</u>	<u>Dk</u>	<u>1/dk</u>	<u>Si²</u>	<u>.Log Si²</u>	<u>. (dk) Log Si²</u>
1	N ₁ -1	1/ N ₁ -1	Si ²	Log Si ²	(N ₁ -1) Log Si ²
2	N ₂ -1	1/ N ₂ -1	Si ²	Log Si ²	(N ₁ -1) Log Si ²
Kekeliruan	N _k -1	1/ N ₃ -1	Si ²	Log Si ²	(N ₁ -1) Log Si ²
<u>Jumlah</u>	S(N _i -1)	S(1/ N _i -1)			S (N _i -1) Log Si ²

- 4) Untuk uji bartlet digunakan statistik *chi kuadrat*

$$Y^2 = (\text{Ln } 10) \{ B - \sum(n_i - 1) \log S_i^2 \}$$

Dimana:

$$B = \text{Koefisien Bartlet} = (\log S^2) \sum (n_i - 1)$$

$$S^2 = \text{Variasi gabungan dari semua sampel} = \{ \sum(N_i-1) Si^2 / \sum(N_i-1) \}$$

$$Si^2 = \frac{\sum Yi^2 - ((\sum Yi)^2 / n_i)}{n_i - 1}$$

- 5) Daerah kritik (Daerah penolakan Ho)

Ho ditolak apabila $Y^2 \geq YX^2_{t(1-\alpha)(k-1)}$

Ho diterima apabila $Y^2 \leq Y^2_{t(1-\alpha)(k-1)}$

2. Analisis Data

a. Uji Hipotesis dengan Anava Dua Jalan

Dalam penelitian ini untuk menguji kesamaan populasi yang lebih dari dua populasi berdistribusi independen, berdistribusi normal dan memiliki varian yang homogen. Maka digunakan analisis varian dua jalan, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

- 1) Menentukan hipotesis

a) $Ho_1 : \sigma_A^2 = 0$; $Hi_1 : \text{Ada salah satu perbedaan.}$

b) $Ho_2 : \sigma_B^2 = 0$; $Hi_2 : \text{Ada salah satu perbedaan.}$

- c) $H_{03} : \sigma_c^2 = 0$; $H_{i3} : \text{Ada salah satu perbedaan.}$
- 2) Memilih taraf signifikansi tertentu ($\alpha = 0,01$)
 - 3) Menetapkan kriteria pengujian, yaitu:
 - a). H_{a1} diterima apabila $F \leq F_{\alpha}(a-1, ab(n-1))$
 H_{o1} diterima apabila $F \geq F_{\alpha}(a-1, ab(n-1))$
 - b). H_{a2} diterima apabila $F \leq F_{\alpha}(b-1, ab(n-1))$
 H_{o2} diterima apabila $F \geq F_{\alpha}(b-1, ab(n-1))$
 - c). H_{a3} diterima apabila $F \leq F_{\alpha}((a-1)(b-1), ab(n-1))$
 H_{o3} diterima apabila $F \geq F_{\alpha}((a-1)(b-1), ab(n-1))$
 - 4) Menentukan besarnya F

Rumus-rumus yang digunakan untuk menganalisa data guna menentukan jumlah kuadrat (JK), derajat kebebasan (dk), mean kuadrat dan F observasi adalah:

$$\sum Y^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2, \text{ dengan } dk = abn$$

J_{i00} = Jumlah nilai pengamatan yang ada dalam taraf ke i faktor A

$$= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}$$

J_{0j0} = Jumlah nilai pengamatan yang ada dalam taraf ke j faktor B

$$= \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^n Y_{ijk}$$

J_{ij0} = Jumlah pengamatan yang ada dalam taraf ke i faktor A dalam taraf ke J faktor B.

$$= \sum_{k=1}^n Y_{ijk}$$

J_{000} = Jumlah nilai semua pengamatan.

$$= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2$$

$$R_y = \frac{J_{000}^2}{abn}, \text{ dengan } dk = 1$$

A_y = Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk semua taraf faktor A

$$= bn \sum_{i=1}^a (\bar{Y}_{i00} - \bar{Y}_{000})^2$$

$$= \sum_{i=1}^a \left(J_{000}^2 / bn \right) - R_y \text{ dengan } dk = (a - 1).$$

B_y = Jumlah kuadrat (JK) untuk semua taraf faktor B.

$$= an \sum_{i=1}^a (\bar{Y}_{i00} - \bar{Y}_{000})^2$$

$$= \sum_{i=1}^b (J_{000}^2 / n) - R_y \text{ dengan } dk = (b - 1).$$

J_{ab} = Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) untuk semua sel untuk daftar a x b.

$$= n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{0j0} - Y_{000})^2.$$

$$= \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^b \left(J_{0j0}^2 / n \right) - R_y$$

AB_y = Jumlah kuadrat – kuadrat untuk interaksi antara faktor A dan faktor B.

$$= n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{ij0} - \bar{Y}_{000} - \bar{Y}_{i00} - \bar{Y}_{0j0})^2 \dots\dots\dots$$

$$= J_{ab} - A_y - B_y \text{ dengan } dk = (a-1)(b-1)$$

$$E_y = \sum Y^2 - R_y - A_y - B_y - AB_y \text{ dengan } dk = ab(n-1)$$

A = Mean kuadrat untuk faktor A

$$= A_y / (a-1)$$

B = Mean kuadrat untuk faktor B

$$= A_y / (b-1)$$

AB = Mean kuadrat untuk A dan B.

$$= AB_y / (a-1)(b-1)$$

$$E = E_y / ab(n-1)$$

Setelah perhitungan selesai, hasilnya dimasukkan ke dalam daftar anava sebagai berikut:

Tabel 4. Rangkuman Anava Dua Jalan.

umber Variasi	Dk	K	KT	F
ta-rata perlakuan	1	\bar{y}		
A	a-1	\bar{y}_A	y/dkA	FA
B	b-1	\bar{y}_B	y/dkA	FB
AB	(b-1)	\bar{y}_{AB}	y/dkAB	FAB
Kekeliruan (E)	(n-1)	\bar{y}_E	y/dkE	
Jumlah	abn	Y^2	-	-

Karena dalam penelitian ini ada 3 buah taraf faktor A dan tiga buah taraf faktor B, yang semuanya digunakan dalam eksperimen, maka untuk menghitung statistik F, digunakan model tetap, yaitu:

$$FA > Ft, \quad \text{maka hipotesis diterima.}$$

$$FB > Ft, \quad \text{maka hipotesis diterima.}$$

$$FAB > Ft, \quad \text{maka hipotesis diterima.}$$

5) Menetapkan kesimpulan.

(Sumber: Sudjana, 1995: 116)

b. Komparasi Ganda Pasca Anava Dua Jalan

Komparasi ganda pasca anava bertujuan untuk mengetahui rerata mana yang berbeda atau rerata mana yang sama. Dalam penelitian ini, komparasi ganda yang digunakan untuk tindak lanjut anava dua jalan adalah dengan memakai metode *Scheffe*.

Langkah-langkah yang harus ditempuh pada metode *Scheffe* adalah sebagai berikut :

1) Mengidentifikasi semua pasangan komparasi rataan yang ada.

Menentukan tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$

2) Mencari nilai statistik uji F dengan menggunakan formula :

a). Uji *Scheffe* untuk komparasi rata-rata antar baris.

$$F_{i-j} = \frac{(\bar{Y}_i - \bar{Y}_j)^2}{\text{RKG} \left(\frac{1}{n \cdot i} + \frac{1}{n \cdot j} \right)}, \text{ RKG} = E$$

$$\text{Daerah kritik uji (DK)} = \{F \mid F > (p-1) F_{\alpha; p-1, N-pq}\}$$

b). Uji *Scheffe* untuk komparasi rata-rata antar kolom.

$$F_{i-j} = \frac{(\bar{Y}_i - \bar{Y}_j)^2}{\text{RKG} \left(\frac{1}{n \cdot i} + \frac{1}{n \cdot j} \right)}, \text{ RKG} = E$$

$$\text{Daerah kritik uji (DK)} = \{F \mid F > (q-1) F_{\alpha; q-1, N-pq}\}$$

c). Uji *Scheffe* untuk komparasi rata-rata antar sel pada kolom yang sama.

$$F_{ij-kj} = \frac{(\bar{Y}_i - \bar{Y}_j)^2}{\text{RKG} \left(\frac{1}{n \cdot ij} + \frac{1}{n \cdot kj} \right)}, \text{ RKG} = E$$

$$\text{Daerah kritik uji (DK)} = \{F \mid F > (pq-1) F_{\alpha; pq-1, N-pq}\}$$

d). Uji *Scheffe* untuk komparasi rata-rata antar sel pada kolom yang sama.

$$F_{ij-ik} = \frac{(\bar{Y}_i - \bar{Y}_j)^2}{\text{RKG} \left(\frac{1}{n \cdot ij} + \frac{1}{n \cdot ik} \right)}, \text{ RKG} = E$$

$$\text{Daerah kritik uji (DK)} = \{F \mid F > (pq-1) F_{\alpha; pq-1, N-pq}\}$$

3) Menentukan keputusan uji untuk masing-masing komparasi ganda.

4) Mengambil kesimpulan keputusan uji yang ada.

Keterangan :

F_{i-j} = Nilai F_{obs} . Pada perbandingan baris ke i dan baris ke j

F_{ij-kj} = Nilai F_{obs} . Pada perbandingan rata-rata pada sel ke i dan sel ke j

\bar{Y}_i = Rataan pada baris ke- i .

\bar{Y}_j = Rataan pada baris ke- j .

\bar{Y}_{ij} = Rataan pada sel ij .

\bar{Y}_{kj} = Rataan pada sel kj .

RKG = E = Rataan kuadrat galat.

- n . i = Ukuran sampel baris ke-i.
- n . j = Ukuran sampel baris ke-j.
- n . ij = Ukuran sel ij.
- n . kj = Ukuran sel kj.

(Sumber: Budiyo, 2000 : 209).

Uji *Scheffe* yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan uji *Scheffe* untuk komparasi rata-rata antar baris, komparasi rata-rata antar kolom, komparasi rata-rata antar sel pada kolom yang sama dan komparasi rata-rata antar sel pada baris yang sama. Kemudian dicari harga rerata kelompok tiap sel yang nilainya paling minimal. Hal ini dilakukan agar benar-benar diketahui tingkat perbedaan besarnya pengaruh masing-masing kombinasi perlakuan terhadap besarnya tingkat kereaktifan korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*.

BAB IV HASIL PENELITIAN

A. Deskripsi Data

Seperti yang telah dijelaskan pada BAB III, penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang melibatkan dua faktor. Faktor A merupakan perlakuan penambahan Asam Askorbat (Vitamin C) yang terdiri dari tiga taraf yaitu: 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, sedangkan faktor B merupakan perlakuan pemakaian konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) yang terdiri dari tiga taraf yaitu: 2,5 %, 3,5 %, 4,5 %. Kedua faktor tersebut merupakan variabel bebas. Sedangkan laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* adalah variabel terikat.

Hasil perhitungan laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* berdasarkan berat yang hilang dari benda eksperimen dapat diperiksa pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Laju Korosi Spesimen Uji (mm/th)

	TARAF	Faktor B			Jumlah Keseluruhan	Rata-rata Keseluruhan
		Konsentrasi Larutan Natrium Klorida				
		2,5%	3,5%	4,5%		
FAKTOR A (Konsentrasi Asam Askorbat)	100 ppm	1.882	2.106	3.207		
		2.083	2.610	3.122		
		2.192	3.478	3.325		
	Jumlah	6.157	8.234	9.731	24.122	
	Rata-rata	2.052	2.731	3.227		2.607
	150 ppm	1.037	1.468	1.635		
		1.109	1.324	1.443		
		1.005	1.207	1.503		
	Jumlah	3.151	3.999	4.581	11.731	
	Rata-rata	1.050	1.333	1.527		1.303
	200 ppm	0.689	0.876	1.432		
		0.536	0.948	1.233		
		0.312	0.582	1.253		
	Jumlah	1.537	2.406	3.900	7.843	
	Rata-rata	0.512	0.802	1.300		0.871
Jumlah Keseluruhan	10.845	14.639	18.212	43.696		
Rata-rata Keseluruhan	1.205	1.622	2.018		1.615	

Laju korosi yang diperoleh berdasarkan atas perhitungan besarnya berat bahan yang hilang setelah direndam dalam larutan Natrium Klorida (NaCl)

dengan konsentrasi Asam Askobat (Vitamin C) selama 240 jam (10 hari). Perhitungan berat berdasarkan atas selisih antara berat bahan sebelum direndam dengan berat setelah direndam. Pengukuran berat dilakukan dengan menggunakan neraca digital berketelitian 0,001 gram. Hasil pengukuran ini kemudian dimasukkan ke dalam rumus perhitungan laju korosi.

Pada Tabel 5 terlihat bahwa pengaruh konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat (Vitamin C) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* disusun berdasarkan baris, sedangkan pengaruh konsentrasi larutan natrium klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* disusun berdasarkan kolom. Data-data hasil penelitian diukur dalam satuan milimeter per tahun.

Data dari keseluruhan hasil perhitungan laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* yang diperoleh dari setiap sampel kemudian diambil reratanya, sehingga diperoleh sembilan data rerata hasil penghitungan laju korosinya. Secara umum hasil rerata penghitungan laju korosi dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini.

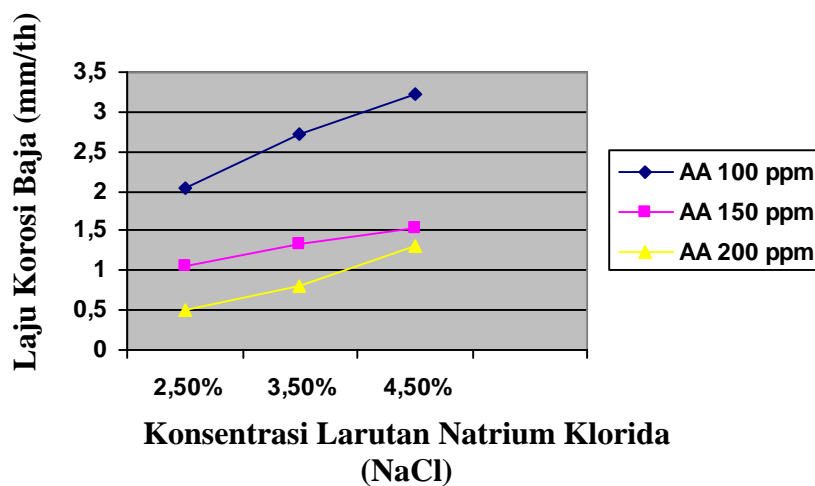
Tabel 6. Rerata Perhitungan Laju Korosi Spesimen Uji.

Konsentrasi Asam Askorbat(Vitamin C)	Konsentrasi Larutan Natrium Klorida (NaCl)		
	2,5 %	3,5 %	4,5 %
100 ppm	2.052	2.731	3.227
150 ppm	1.050	1.333	1.527
200 ppm	0.512	0.802	1.300

Dari hasil rerata pada Tabel 6 dapat diketahui bahwa, nilai rerata pada setiap sel berbeda sehingga dapat dikatakan bahwa variasi konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) dan variasi konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) memiliki pengaruh yang berbeda terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. Laju korosi terendah sebesar 0,512 mm/th yang dicapai pada konsentrasi Asam Askorbat 200 ppm (konsentrasi inhibitor paling tinggi) dan

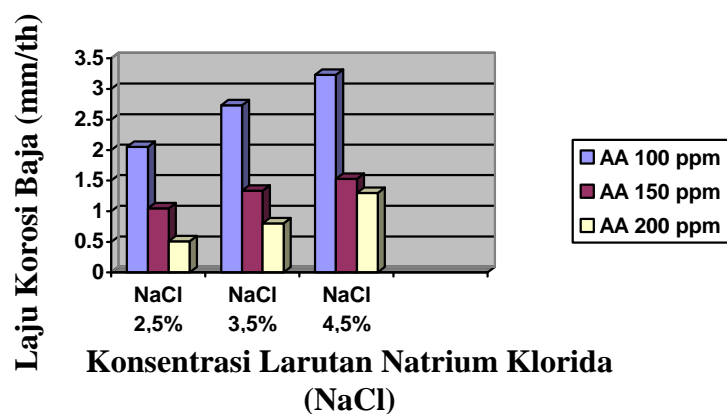
konsentrasi larutan Natrium Klorida 2,5 % (konsentrasi larutan paling rendah). Sedangkan laju korosi terbesar sebesar 3,227 mm/th pada konsentrasi Asam Askorbat 100 ppm (konsentrasi inhibitor paling rendah) dan konsentrasi larutan Natrium Klorida 4,5 % (konsentrasi larutan paling tinggi).

Besarnya laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* dalam berbagai konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) dan konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini :



Gambar 8. Grafik Laju Korosi Baja HQ 7210 dalam Larutan NaCl dengan Penambahan Inhibitor Asam Askorbat.

Data tersebut juga dapat disajikan dalam bentuk histogram pada Gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Histogram Laju Korosi baja HQ 7210 dalam Larutan NaCl dengan Penambahan Inhibitor Asam Askorbat.

Pada Gambar 9 dapat dilihat ada tiga harga laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* yaitu laju korosi pada larutan Natrium Klorida (NaCl) dengan berbagai konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C). Laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadarnya, sehingga jika kadar Natrium Klorida semakin tinggi maka akan meningkatkan laju korosinya. Akan tetapi, laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) dengan berbagai konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) merupakan kebalikan dari larutan Natrium Klorida, semakin tinggi penambahan konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) maka laju korosinya akan semakin menurun.

Pada Gambar 9 terlihat bahwa laju korosi maksimum justru terjadi pada konsentrasi Asam Askorbat 100 ppm (konsentrasi inhibitor paling rendah) pada konsentrasi larutan Natrium Klorida 4,5% (konsentrasi larutan paling tinggi), sedangkan laju korosi paling rendah terjadi pada konsentrasi larutan Natrium Klorida 2,5% (konsentrasi larutan paling rendah) dengan konsentrasi inhibitor Asam Askorbat 200 ppm (konsentrasi inhibitor paling tinggi). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin sedikit konsentrasi larutan Asam Askorbat (vitamin C) maka korosi akan semakin besar dan sebaliknya semakin banyak konsentrasi larutan Asam Askorbat (vitamin C) maka laju korosi akan menurun.

B. Uji Persyaratan Analisis

9. Uji Normalitas

Salah satu syarat agar teknik analisis varian dapat ditetapkan adalah dipenuhinya sifat normalitas dari populasi. Untuk menguji normalitas populasi dalam penelitian ini digunakan uji Lilliefors. Uji ini digunakan untuk menyelidiki apakah sampel berasal dari populasi yang normal atau tidak. Rangkuman hasil pengujian normalitas dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Perhitungan Uji Lilliefors.

Sumber Perlakuan	Lo hitung maks	L tabel	Kesimpulan
Baris 1 (Penambahan AA 100ppm)	0,0975	0,311	Ho diterima
Baris 2 (Penambahan AA 150ppm)	0,0657	0,311	Ho diterima
Baris 3 (Penambahan AA 200ppm)	0,0573	0,311	Ho diterima
Kolom 1(Konsentrasi NaCl 2,5%)	0,0587	0,311	Ho diterima
Kolom 2(Konsentrasi NaCl 3,5%)	0,0224	0,311	Ho diterima
Kolom 3(Konsentrasi NaCl 4,5%)	0,1071	0,311	Ho diterima

Dilihat dari Tabel 7 di atas, maka dapat disimpulkan bahwa karena L_{obs} dari perlakuan tidak berada pada daerah kritik atau lebih kecil dari L_{tabel} maka H_0 masing-masing perlakuan diterima. Jadi data hasil pengukuran laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) dengan konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) sebagai inhibitor pada penelitian ini secara keseluruhan berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Perhitungan selengkapnya ada pada Lampiran 2.

10. Uji Homogenitas

Syarat lain yang harus dipenuhi dalam analisa varian adalah populasi harus mempunyai varians yang homogen. Uji homogenitas digunakan untuk menguji kesamaan beberapa buah rata-rata atau untuk mengetahui apakah variansi-variansi dari sejumlah populasi sama atau tidak. Pada penelitian ini untuk menguji homogenitas data digunakan metode *Bartlett*. Data pengambilan kesimpulan dengan taraf signifikansi 1 %. Untuk uji homogenitas (antar kolom dan antar baris) jika didapatkan harga $X^2_{observasi}$ lebih besar dari harga X^2_{tabel} berarti data yang didapatkan berasal dari sampel yang tidak homogen. Namun bila

didapatkan harga $X^2_{\text{observasi}}$ lebih kecil dari harga X^2_{tabel} berarti data yang didapatkan berasal dari sampel yang homogen.

Adapun keputusan uji homogenitas data selengkapnya tersebut dapat dilihat dalam Tabel 8.

Tabel 8. Rangkuman Hasil Uji Bartlett.

Sumber Perlakuan	$X^2_{\text{observasi}}$	$X^2_{\text{tabel}} (X^2_{(1-\alpha)(k-1)})$	Keputusan Uji
Baris	7,735613	20,1	H_0 diterima
Kolom	0,880073	20,1	H_0 diterima

Berdasarkan rangkuman hasil uji homogenitas pada Tabel 8 di atas maka dapat disimpulkan bahwa masing-masing sumber perlakuan mempunyai harga $X^2_{\text{observasi}} < X^2_{\text{tabel}}$ sehingga $X^2_{\text{observasi}}$ tidak terletak pada daerah kritik, maka H_0 diterima. Jadi populasi-populasi yang diperbandingkan mempunyai variansi-variansi yang sama atau dengan kata lain kedua sumber variansi berasal dari populasi yang homogen. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3

C. Pengujian Hipotesis

1. Uji Hipotesis dengan Anava Dua Jalan

Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbedaan pengaruh konsentrasi dari inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* maka digunakan analisa varian dua jalan.

Kemudian untuk melihat besarnya pengaruh masing-masing variabel serta interaksi antara kedua variabel tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 9, yaitu tabel ringkasan hasil uji F untuk anava dua jalan sebagai berikut : (perhitungan selengkapnya terdapat pada lampiran 4).

Tabel 9 . Ringkasan Hasil Uji F Untuk Anava Dua Jalan.

Sumber Variasi	Dk	JK	KT	Fobs	F α	p
Rata-rata Perlakuan	1	90.952				
Penamb Asam Askorbat (A)	2	3.016	1.5080	134.6453	6.01	<0,01
Natrium Klorida (B)	2	16.061	8.0307	717.0292	6.01	<0,01
Interaksi (AB)	4	0.429	0.1072	9.5675	4.58	<0,01
Kekeliruan (galat)	18	0.105	0.0112	-	-	-
Jumlah	27	110.563	-	-	-	-

Keterangan :

A : Konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C).

B : Konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl).

AB : Pengaruh bersama (interaksi) antara konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) dalam konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl).

Berdasarkan rangkuman hasil Uji F untuk anava dua jalan pada Tabel 9 , dapat diambil keputusan uji sebagai berikut:

a. Perbedaan Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat (Vitamin C) Dalam Larutan Natrium Klorida Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah HQ 7210 Pasca Pelapisan Chrom.

Berdasarkan Tabel 9, menunjukkan bahwa $F_{\text{observasi}} = 134,65$ dan $F_{\text{tabel}} = 6,01$ (lihat Lampiran 7 halaman 86) sehingga $F_{\text{observasi}} > F_{\text{tabel}}$. Rerata berbeda signifikan. Jadi dapat disimpulkan variasi konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) berpengaruh terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. Makin tinggi konsentrasi inhibitor Asam Askorbat maka laju korosi akan semakin rendah (lihat Tabel 5 halaman 34 dan Gambar 8, Gambar 9 halaman 36). Jadi hipotesis pertama dapat diterima.

b. Perbedaan Pengaruh Konsentrasi Larutan Natrium Klorida (NaCl) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah HQ 7210 Pasca Pelapisan Chrom.

Berdasarkan Table 9, menunjukkan bahwa $F_{\text{observasi}} = 717,03$ dan $F_{\text{tabel}} = 6,01$ (lihat Lampiran 7 halaman 86) sehingga $F_{\text{observasi}} > F_{\text{tabel}}$. Rerata berbeda signifikan. Jadi dapat disimpulkan ada perbedaan pengaruh konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. Makin tinggi konsentrasi larutan Natrium Klorida maka laju korosi akan makin tinggi (lihat Tabel 5 halaman 34 dan Gambar 8, Gambar 9 halaman 36). Jadi hipotesis kedua dapat diterima

c. Interaksi Bersama antara Penambahan Konsentrasi Asam Askorbat (Vitamin C) dalam Larutan Natrium Klorida (NaCl) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah HQ 7210 Pasca Pelapisan Chrom.

Berdasarkan Tabel 9, menunjukkan bahwa $F_{\text{observasi}} = 9,57$ dan $F_{\text{tabel}} = 4,58$ (lihat Lampiran 7 halaman 86) sehingga $F_{\text{observasi}} (9,57) > F_{\text{tabel}} (4,58)$. Rerata berbeda signifikan. Jadi dapat disimpulkan ada perbedaan interaksi antara konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) dan konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. Jadi hipotesis ketiga dapat diterima.

2. Hasil Komparasi Ganda Pasca Anava Dua Jalan

Setelah melakukan analisis dengan menggunakan analisis variansi dua jalan, maka untuk melihat perbedaan reratanya agar menjadi lebih jelas, dilanjutkan dengan uji komparasi ganda pasca anava. Komparasi ganda setelah anava yang dilakukan disini adalah dengan menggunakan uji *Scheffe* untuk analisis variansi dua jalan. Komparasi ganda pasca anava yang dilakukan meliputi komparasi rata-rata antar baris, antar kolom, antar sel pada kolom yang sama dan antar sel pada baris yang sama. Rataan masing-masing komparasi untuk komparasi ganda pasca anava dapat dilihat pada lampiran hasil perhitungan uji *Scheffe* untuk analisis variansi dua jalan.

Tabel 10. Hasil Komparasi Rataan Antar Baris.

No	Sumber Perbedaan Antar baris	$F_{\text{observasi}}$	$(p-1)F_{\alpha;p-1,N-pq}$	Kesimpulan
	Penamb Asam Askorbat			
1	100 ppm > < 150 ppm	750.5684573	12.02	Berbeda Signifikan
2	100 ppm > < 200 ppm	1300.01846	12.02	Berbeda Signifikan
3	150 ppm > < 200 ppm	74.982857	12.02	Berbeda Signifikan

Keterangan : Ada Perbedaan jika $F_{\text{observasi}} > (p-1)F_{\alpha;p-1,N-pq}$.

Dari Tabel 10 di atas dapat dilihat bahwa ketiga uji komparasi antar baris menunjukkan hasil yang berbeda signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) memberikan efek yang berbeda terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*.

Tabel 11. Hasil Komparasi Rataan Antar Kolom.

No	Sumber Perbedaan Antar Kolom	$F_{\text{observasi}}$	$(p-1)F_{\alpha;q-1,N-pq}$	Kesimpulan
----	------------------------------	------------------------	----------------------------	------------

Natrium Klorida				
1	2,5%><3,5%	69.903353	12.02	Berbeda Signifikan
2	2,5%><4,5%	265.567902	12.02	Berbeda Signifikan
3	3,5%><4,5%	62.971076	12.02	Berbeda Signifikan

Keterangan : Ada Perbedaan jika $F_{\text{observasi}} > (p-1)F_{\alpha;p-1,N-pq}$.

Dari Tabel 11 dapat dilihat bahwa uji komparasi antar kolom menunjukkan hasil yang berbeda signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) memberikan efek yang berbeda terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*.

Tabel 12. Hasil Komparasi Rataan Antar Sel Pada Kolom Yang Sama.

No	Sumber Perbedaan Antar Baris		$F_{\text{observasi}}$	$(p-1)F_{\alpha;pq-1,N-pq}$	Kesimpulan
	Asam Askorbat	Natrium Klorida			
1	100 ppm><150 ppm	2.5%	134.46482	29.68	Berbeda Signifikan
2	100 ppm><200 ppm	2.5%	317.625	29.68	Berbeda signifikan
3	150 ppm><200 ppm	2.5%	38.76482	29.68	Berbeda Signifikan
4	100 ppm><150 ppm	3.5%	261.87537	29.68	Berbeda signifikan
5	100 ppm><200 ppm	3.5%	498.52595	29.68	Berbeda signifikan
6	150 ppm><200 ppm	3.5%	37.75263	29.68	Berbeda signifikan
7	100 ppm><150 ppm	4.5%	387.05357	29.68	Berbeda Signifikan
8	100 ppm><200 ppm	4.5%	497.32085	29.68	Berbeda Signifikan
9	150 ppm><200 ppm	4.5%	6.90121	29.68	Tidak Berbeda Signifikan

Keterangan : Ada Perbedaan jika $F_{\text{observasi}} > (p-1)F_{\alpha;pq-1,N-pq}$.

Tabel 13. Hasil Komparasi Rataan Antar Sel Pada Baris Yang Sama.

No	Sumber Perbedaan Antar Kolom		$F_{\text{observasi}}$	$(p-1)F_{\alpha;pq-1,N-pq}$	Kesimpulan
	Natrium Klorida	Asam Askorbat			
1	2,5%><3,5%	100 ppm	61.74656	29.68	Berbeda Signifikan
2	2,5%><4,5%	100 ppm	184.80023	29.68	Berbeda Signifikan
3	3,5%><4,5%	100 ppm	10.70095	29.68	Tidak Berbeda Signifikan
4	2,5%><3,5%	150 ppm	30.43006	29.68	Berbeda Signifikan
5	2,5%><4,5%	150 ppm	5.04054	29.68	Tidak Berbeda

					Signifikan
6	3,5%><4,5%	150 ppm	11.23751	29.68	Tidak Berbeda Signifikan
7	2,5%><3,5%	200 ppm	83.751	29.68	Berbeda Signifikan
8	2,5%><4,5%	200 ppm	33.21482	29.68	Berbeda Signifikan
9	3,5%><4,5%	200 ppm	32.90430	29.68	Berbeda Signifikan

Hasil perhitungan komparasi rata-rata antar sel dengan uji scheffe menunjukkan bahwa hampir semua uji komparasi rata-rata antar sel menunjukkan hasil yang berbeda signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa hampir semua perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap besarnya laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*.

D. Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisa data dengan anava dua jalan serta dengan komparasi ganda pasca anava, maka dapat dikemukakan fakta-fakta sebagai berikut:

1. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) Dalam Larutan Natrium Klorida Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah HQ 7210 Pasca Pelapisan Chrom.

Konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) secara umum memberikan pengaruh yang berbeda terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*, Hal ini dapat dilihat pada perhitungan anava dua jalan sebagaimana yang ada pada Tabel 9. Dari perhitungan uji komparasi antar kolom pada Tabel 12 juga bisa dilihat bahwa secara umum semua konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) memberikan pengaruh yang berbeda terhadap laju korosi spesimen uji. Secara khusus bisa dilihat bahwa rataan konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) 100ppm>150ppm>200ppm. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam askorbat (vitamin C) maka semakin rendah laju korosi spesimen uji.

Semakin tinggi konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (Vitamin C) maka laju korosi akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi inhibitor

Asam Askorbat yang rendah, Asam Askorbat yang terserap kepermukaan logam masih sedikit, sehingga masih ada permukaan logam yang belum terlindungi. Penambahan inhibitor Asam Askorbat dengan konsentrasi yang sedikit bisa menyebabkan kondisi lingkungan menjadi semakin asam, sehingga menyebabkan laju korosi semakin tinggi. Proses penahanan laju korosi mulai nampak pada konsentrasi inhibitor Asam Askorbat sebesar 150 ppm, namun efisiensi penahanan yang dihasilkan masih terlalu kecil sehingga proses penahanannya juga masih kecil. Efisiensi penahanan laju korosi maksimum pada penelitian ini terjadi pada konsentrasi inhibitor Asam Askorbat 200 ppm, yang diperkirakan bahwa semua logam sudah terlindungi dari kontak langsung dengan lingkungan sekitar, karena asam askorbat sudah terserap keseluruhan benda.

2. Pengaruh Konsentrasi Larutan Natrium Klorida (NaCl) Terhadap Laju Korosi Baja HQ 7210 Pasca Pelapisan Chrom.

Dari tabel dapat dilihat bahwa pada taraf signifikan $0,01 F_{obs} > F_{tabel}$, sehingga dapat diartikan bahwa ada perbedaan pengaruh antara konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. Hal ini bisa dilihat dari perhitungan komparasi rata-rata antar kolom pada Tabel 11. Dari hasil komparasi rata-rata antar kolom dapat disimpulkan bahwa secara umum konsentrasi larutan Natrium Klorida 2,5%, 3,5% dan 4,5% memberikan pengaruh yang berbeda terhadap laju korosi baja. Rataan yang diperoleh dari ketiga konsentrasi tersebut menunjukkan bahwa larutan Natrium Klorida (NaCl) dengan konsentrasi 4,5% mempunyai rata-rata yang lebih besar dari konsentrasi 3,5%, sedangkan konsentrasi 3,5% mempunyai rata-rata yang lebih besar dari 2,5%. Jadi dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) akan mengakibatkan semakin meningkat laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*.

Hal tersebut diatas disebabkan karena larutan Natrium Klorida (NaCl) merupakan larutan elektrolit kuat yang merupakan salah satu media yang diperlukan dalam proses korosi. Natrium Klorida (NaCl) merupakan zat yang mampu terurai secara sempurna dalam larutan, sehingga jika Natrium Klorida

(NaCl) dilarutkan dalam air maka secara cepat akan terurai menjadi ion Na^+ dan Cl^- . Ion-ion inilah yang kemudian menghantarkan arus listrik. Semakin besar konsentrasi Natrium Klorida (NaCl) pada larutan maka semakin banyak pula ion-ion yang dihasilkan sehingga akan meningkatkan konduktivitas ionik dan meningkatkan kemampuannya mengalirkan arus listrik. Selain itu ion klorida bersifat agresif terhadap selaput oksida baja. Semakin besar konsentrasi ion klorida maka semakin besar kemungkinan ion-ion ini yang teradsorpsi ke permukaan baja dan melakukan sejumlah kerusakan lapisan permukaan baja dengan lingkungan (terjadi kontak langsung). Jadi peningkatan konsentrasi Natrium Klorida (NaCl) dalam larutan akan menyebabkan meningkatnya konduktivitas ionik dan bertambahnya kandungan ion klorida yang cenderung menyerang lapisan baja.

3. Interaksi Antara Konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat (Vitamin C) dengan Konsentrasi Larutan Natrium Klorida (NaCl) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah HQ 7210 Pasca Pelapisan Chrom.

Berdasarkan hasil perhitungan anava dua jalan pada Tabel 9 menunjukkan bahwa ada interaksi antara konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) dan konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi inhibitor asam askorbat (vitamin C) dan larutan natrium klorida (NaCl) secara bersama-sama berpengaruh terhadap laju korosi baja.

Hasil rata-rata yang bisa dilihat pada Tabel 5 menunjukkan bahwa laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* dalam larutan Natrium Klorida 2,5 %, 3,5 % dan 4,5 % dengan konsentrasi inhibitor Asam Askorbat 100 ppm masing-masing sebesar 2.052, 2.731, 3.227 mm/th. Pada konsentrasi inhibitor Asam Askorbat 150 ppm laju korosinya berkurang menjadi 1.05, 1.333, 1.527 mm/th, dan pada konsentrasi 200 ppm berkurang menjadi 0.512, 0.802, 1.3 mm/th. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi inhibitor Asam Askorbat 100 ppm (konsentrasi inhibitor paling rendah) belum sepenuhnya terserap keseluruhan permukaan baja sehingga laju korosi masih cepat, sedangkan pada 200 ppm

(konsentrasi inhibitor paling tinggi) dimungkinkan Asam Askorbat sudah terserap semua keseluruhan permukaan logam sehingga laju korosi sudah bisa dikendalikan.

Hasil komparasi rataan antar sel pada baris yang sama menunjukkan bahwa semua sel pada baris yang sama (pada variasi konsentrasi Asam Askorbat) diperoleh harga rerata yang berbeda, kecuali pada komparasi sel 3,5% dengan 4,5% larutan Natrium Klorida dalam konsentrasi Asam Askorbat 100 ppm, komparasi sel pada konsentrasi Natrium Klorida 2,5 % dengan 4,5% dalam konsentrasi Asam Askorbat 150 ppm dan pada komparasi sel 3,5% dengan 4,5% larutan Natrium Klorida dalam konsentrasi Asam Askorbat 150 ppm. Dari sini dapat disimpulkan bahwa sebagian perlakuan pada baris yang sama memberikan pengaruh yang berbeda terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*, kecuali yang tersebut di atas.

Hasil komparasi rataan antar sel pada kolom yang sama menunjukkan bahwa sebagian besar perlakuan/sel pada kolom yang sama (pada konsentrasi larutan Natrium Klorida 2,5%, 3,5%, 4,5%) mempunyai rerata yang berbeda, kecuali pada komparasi sel 150 ppm dengan 200 ppm Asam Askorbat dalam larutan Natrium Klorida 4,5%. Hal ini menunjukkan bahwa tiap sel pada kolom yang sama memberikan pengaruh yang berbeda terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*.

Berdasarkan perhitungan anava pada Tabel 9 diperoleh harga Fobs sebesar 9,5675 sedangkan F α sebesar 4,58, dari sini bisa dilihat bahwa interaksi yang terjadi antara konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) dan konsentrasi larutan Natrium Klorida (NaCl) tidak cukup besar. Hal serupa bisa dilihat pada grafik pada Gambar 8 dan Gambar 9.

BAB V

SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

A. Simpulan Penelitian

Berdasarkan hasil analisis data yang telah diuraikan di atas, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ada pengaruh konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. Hal ini berdasarkan pada hasil pengujian hipotesis, dengan $F_{obs} = 143,65$ sedangkan $F_{tabel} = 6,01$ (lihat Lampiran 7 halaman 86), maka $F_{obs} > F_{tabel}$ pada taraf signifikan 1%.
Makin tinggi konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) maka laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* akan makin menurun.
2. Ada pengaruh konsentrasi larutan Natrium Klorida terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian hipotesis dengan $F_{obs} = 717,03$ sedangkan $F_{tabel} = 6,01$ (lihat Lampiran 7 halaman 86), maka $F_{obs} > F_{tabel}$ pada taraf signifikan 1%..
Makin besar konsentrasi larutan Natrium Klorida maka laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* akan makin besar.
3. Ada interaksi antara konsentrasi Asam Askorbat dan konsentrasi larutan Natrium Klorida terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*. Hal ini berdasarkan hasil pengujian hipotesis, dengan $F_{obs} = 9,57$ sedangkan $F_{tabel} = 4,58$ (lihat Lampiran 7 halaman 86), maka $F_{obs} > F_{tabel}$ pada taraf signifikan 1%.
Penambahan konsentrasi Asam Askorbat pada larutan akan mengurangi laju korosi. Sedangkan untuk penambahan konsentrasi larutan Natrium Klorida maka laju korosi akan semakin meningkat.
4. Hasil perhitungan laju korosi yang paling rendah dicapai pada larutan yang mempunyai komposisi konsentrasi Asam Askorbat sebesar 200 ppm (konsentrasi inhibitor paling tinggi) dengan konsentrasi larutan Natrium

Klorida 2,5 % (konsentrasi larutan paling rendah) yaitu sebesar 0,512 mm/th. Sedangkan laju korosi yang paling tinggi dicapai pada konsentrasi Asam Askorbat 100 ppm (konsentrasi inhibitor paling rendah) dengan larutan Natrium Klorida 4,5 % (konsentrasi larutan paling tinggi) yaitu sebesar 3,227 mm/th.

B. Implikasi Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang didukung oleh landasan teori yang telah dikemukakan, tentang pengaruh konsentrasi Asam Askorbat dan konsentrasi larutan Natrium Klorida terhadap laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom*, kita bisa menerapkannya ke dalam beberapa implikasi yang dapat dikemukakan, baik implikasi secara teoritis maupun implikasi secara praktis. Beberapa implikasi yang dapat diuraikan pada tulisan ini adalah sebagai berikut :

1 Implikasi Teoritis

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pengembangan penelitian selanjutnya, karena masih banyak variabel-variabel lain yang berpengaruh terhadap besarnya laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* yang belum terungkap. Penelitian ini ternyata dapat membuktikan dengan lebih jelas mengenai pengaruh perubahan konsentrasi larutan Natrium Klorida dan konsentrasi Asam Askorbat, yang pada kenyataannya kondisi ini sering dijumpai di lingkungan yang mengandung kadar garam.

2. Implikasi Praktis

Hasil penelitian ini dapat dipakai sebagai pertimbangan dalam perhitungan pemakaian baja karbon rendah yang digunakan di lingkungan yang mengandung ion klorida. Khususnya di daerah pantai atau laut yang mengandung kadar garam yang cukup tinggi, hasil penelitian ini bisa dipakai sebagai rujukan untuk memperhitungkan dan menentukan umur aman pemakaian baja karbon rendah. Dengan mengetahui umur aman baja karbon rendah ini, pada pemanfaatan selanjutnya, diharapkan bisa dipakai lebih aman, bisa berfungsi secara maksimal dan sesuai dengan kebutuhan.

C. Saran.

Berdasarkan pada beberapa implikasi yang sangat mungkin dan telah diuraikan, penulis dapat memberikan saran yang kemungkinan akan ada gunanya sebagai berikut :

1. Dalam hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Asam Askorbat mampu berperan sebagai inhibitor yang dapat menahan laju korosi baja HQ 7210 dalam larutan Natrium Klorida, sehingga disarankan :
 - a. Pada pemakaian inhibitor Asam Askorbat untuk penggunaan baja HQ 7210 dalam larutan Natrium Klorida hendaknya dipakai konsentrasi inhibitor 200 ppm (jika konsentrasi larutan Natrium Klorida dibawah 4,5 %), sehingga akan diperoleh hasil yang maksimal.
 - b. Untuk penggunaan inhibitor khususnya Asam Askorbat hendaknya memperhatikan kadar garam yang terkandung dalam larutan, sehingga dapat diperkirakan berapa besar konsentrasi inhibitor yang akan ditambahkan dalam larutan tersebut.
2. Eksperimen-eksperimen tentang korosi sebaiknya dilakukan terhadap berbagai macam logam lain agar masyarakat pengguna logam akan semakin aman dan nyaman dalam penggunaannya.
3. Pada saat pencelupan benda ke larutan, lubang pada benda untuk menggantung jangan sampai tercelup ke dalam larutan.
4. Sebaiknya salah satu benda kerja dicelup pada larutan NaCl tanpa Inhibitor. Hal ini difungsikan sebagai benda control.
5. Sebaiknya dilakukan foto cacat mikro pada benda yang telah dilapisi *chrom* untuk mengetahui retakan mikro yang terjadi pada lapisan *chrom*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi..1993. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Bina Aksara.
- Austin, George T.1996. *Industri Proses Kimia*. Jakarta: Erlangga
- Budiyono.2000. *Statistik Dasar untuk Penelitian*. Surakarta: UNS press
- Charles, G Salmon. 1994. *Stuktur Baja*.Terjemahan Wira. Jakarta: Erlangga
- Faray, Mahmoud M. 1997. *Material selection for Engineering Design*, London : Prentice Hall.
- Harsisto Sardjuri.1993. *Masalah Korosi pada Besi Baja*. Serpong: LIPI
- Mars, G Fontana. 1986. *Corrosion Engineering*. New York: Mc Graw-Hill
- Hart H, Craine LE, Hart DJ. 2000. *Kimia Organik*, Jakarta : Erlangga
- Lawrence H. Van Vlack. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Terjemahan Sriati Djapri. Jakarta: Erlangga
- _____ .2004. *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Terjemahan Sriati Djapri. Jakarta: Erlangga
- Pedoman Penulisan Skripsi*. 2003. Surakarta: UNS Press.
- Soejono Tjitro, Anggono J, Anggorowati A, Phengkusakmo G. 2000. *studi Perilaku Korosi Tembaga dengan Variasi Konsentrasi Asam Askorbat (vitamin C) dalam Linhkungan air yang Mengandung Klorida Sulfat*, Surabaya : Universitas Kristen Petra.
- Sudjana. 1995. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. 1999. *Metode Penelitian Administratif*. Bandung: Alfa Beta
- Suhardi. 1996. *Ilmu Bahan*, Surakarta : FKIP UNS
- Ta Steel. Brosur. Jakarta: P.T Tira Andalan Steel
- Trethewey. K.R. & Chamberlain, J. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta; P.T. Gramedia Pustaka Utama
- Zaini, Hafidh. 2003. *Pengaruh Variasi Inhibitor Asam Askorbat (vitamin C) terhadap Laju Korosi Baja Karbon Medium K-945/EMS-45 dalam Larutan Natrium Klorida*, Surakarta : UNS

Lampiran 1

DATA HASIL PENIMBANGAN SPESIMEN UJI DAN PENGHITUNGAN LAJU KOROSI BAJA HQ 7210 PASCA PELAPISAN *CHROM* DENGAN KONSENTRASI ASAM ASKORBAT DALAM LARUTAN NATRIUM KLOORIDA

NO	Kode Spesimen Uji	Berat Awal (W ₀) (g)	Berat Akhir (w ₁) (g)	Pengurangan (mg)	Laju Korosi (mm/th)
1	111	73.485	72.468	1017	1.882
2	112	73.586	72.461	1125	2.083
3	113	71.701	70.517	1184	2.192
4	121	72.638	71.500	1138	2.106
5	122	73.927	72.517	1410	2.610
6	123	72.577	70.698	1879	3.478
7	131	71.878	70.145	1733	3.207
8	132	72.489	70.802	1687	3.122
9	133	72.173	70.362	1811	3.352
10	211	72.638	72.078	560	1.037
11	212	73.927	73.328	599	1.109
12	213	72.577	72.034	543	1.005
13	221	73.357	72.564	793	1.468
14	222	72.364	71.649	715	1.324
15	223	72.081	71.456	625	1.207
16	231	72.296	71.413	883	1.635
17	232	73.482	72.702	780	1.443
18	233	72.767	71.955	812	1.503
19	311	73.287	72.915	372	0.689
20	312	72.764	72.474	290	0.536
21	313	71.812	71.643	169	0.312
22	321	73.711	73.238	473	0.876
23	322	73.121	72.609	512	0.948
24	323	72.157	71.843	314	0.582
25	331	72.313	71.539	774	1.432
26	332	73.262	72.596	666	1.233
27	333	72.421	71.754	667	1.235

**DATA HASIL PERHITUNGAN LAJU KOROSI BAJA HQ 7210 PASCA PELAPISAN
CHROM DENGAN KONSENTRASI ASAM ASKORBAT DALAM LARUTAN NATRIUM
KLORIDA (mm per tahun)**

	TARAF	Faktor B			Jumlah Keseluruhan	Rata-rata Keseluruhan
		Konsentrasi Larutan Natrium Klorida				
		2,5%	3,5%	4,5%		
FAKTOR A (Konsentrasi Inhibitor AA)	100ppm	1.882	2.106	3.207		
		2.083	2.610	3.122		
		2.192	3.478	3.352		
	Jumlah	6.157	8.229	9.726	24.112	
	Rata-rata	2.052	2.731	3.227		2.670
	150ppm	1.037	1.468	1.635		
		1.109	1.324	1.443		
		1.005	1.207	1.503		
	Jumlah	3.151	3.999	4.581	11.731	
	Rata-rata	1.050	1.333	1.527		1.303
	200ppm	0.689	0.876	1.432		
		0.536	0.948	1.233		
0.312		0.582	1.235			
Jumlah	1.537	2.406	3.900	7.843		
Rata-rata	0.512	0.802	1.300		0.871	
Jumlah Keseluruhan	10.845	14.634	18.207	43.686		
Rata-rata Keseluruhan	1.205	1.622	2.018		1.615	

**CONTOH PERHITUNGAN LAJU KOROSI BAJA HQ 7210 PASCA PELAPISAN
CHROM DENGAN KONSENTRASI ASAM ASKORBAT DALAM LARUTAN NATRIUM
KLORIDA (mm per tahun)**

Rumus Laju Korosi

$$CPR = 87,6 \frac{W}{DAT}$$

Ket :

CPR : *Corrosion Penetration Rate* (laju korosi) dalam mm per tahun

W : Pengurangan berat dalam mili gram.

D : Densitas atau rapatan bahan dalam gr/cm³

A : Luas permukaan bahan dalam cm²

T : Waktu korosi berlangsung dalam jam

Berikut contoh perhitungan laju korosi baja HQ 7210 pasca pelapisan *chrom* dengan konsentrasi inhibitor Asam Askorbat (Vitamin C) dalam larutan Natrium Klorida (NaCl).

1.
$$CPR_{111} = 87,6 \frac{1017}{7,85 \times 25,12 \times 240}$$

$$CPR_{111} = 1,882 \text{ mm/th}$$

2.
$$CPR_{112} = 87,6 \frac{1125}{7,85 \times 25,12 \times 240}$$

$$CPR_{112} = 2,083 \text{ mm/th}$$

3.
$$CPR_{113} = 87,6 \frac{1184}{7,85 \times 25,12 \times 240}$$

$$CPR_{113} = 2,192 \text{ mm/th}$$

4.
$$CPR_{121} = 87,6 \frac{1138}{7,85 \times 25,12 \times 240}$$

$$CPR_{121} = 2,106 \text{ mm/th}$$

Lampiran 2

Uji Normalisasi Baris A₁ (Konsentrasi Asam Askorbat 100 ppm)

1. Hipotesis

Ho : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Hi : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi tidal normal.

2. Komputasi

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai :

No	(Xi)	Xi	Xi - \bar{X}	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(Zi) - S(Zi)
1	1.882	1.88	-0.79	-1.26	0.1038	0.1111111	-0.0073
2	2.083	2.08	-0.59	-0.94	0.1738	0.2222222	-0.0484
3	2.192	2.11	-0.56	-0.90	0.1841	0.3333333	-0.1492
4	2.106	2.19	-0.48	-0.76	0.2236	0.4444444	-0.2208
5	2.610	2.61	-0.06	-0.10	0.4602	0.5555556	-0.0954
6	3.478	3.12	0.45	0.72	0.7642	0.6666667	0.0975
7	3.207	3.21	0.54	0.86	0.8051	0.7777778	0.0273
8	3.122	3.35	0.68	1.09	0.8621	0.8888889	-0.0268
9	3.352	3.48	0.81	1.29	0.9015	1.0000000	-0.0985

\bar{X} 2.67
SD 0.625135

3. Statistik Uji.

Dari tabel diperoleh $L_{obs} = \max |F(Z_i) - S(Z_i)| = \mathbf{0.0975}$

4. Daerah Kritik (Daerah Penolakan H₀)

H₀ ditolak juka $L_{hitung} > L_{(\alpha; n)}$

$L_{(0,01; 9)} = 0,311$

5. Keputusan Uji

Ho diterima karena $L_{obs} = \mathbf{0.0975} < L_{(0,01; 9)} = 0,311$. Pada taraf signifikansi 0,01,berarti sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Uji Normalisasi Baris A₂
(Konsentrasi Asam askorbat 150 ppm)

1. Hipotesis

Ho : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Hi : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi tidal normal.

2. Komputasi

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai :

No	(Xi)	Xi	Xi - \bar{X}	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(Zi) - S(Zi)
1	1.037	1.01	-0.30	-1.33	0.0918	0.111111	-0.0193
2	1.109	1.04	-0.27	-1.19	0.1170	0.222222	-0.1052
3	1.005	1.11	-0.19	-0.87	0.1922	0.333333	-0.1411
4	1.468	1.21	-0.10	-0.43	0.3336	0.444444	-0.1108
5	1.324	1.32	0.02	0.09	0.5358	0.555556	-0.0198
6	1.207	1.44	0.14	0.62	0.7324	0.666667	0.0657
7	1.635	1.47	0.16	0.73	0.7673	0.777778	-0.0105
8	1.443	1.50	0.20	0.89	0.8133	0.888889	-0.0756
9	1.503	1.64	0.33	1.48	0.9300	1.000000	-0.0700

$$\bar{X} = 1.30$$

$$SD = 0.224694$$

3. Statistik Uji.

Dari tabel diperoleh $L_{obs} = \max |F(Z_i) - S(Z_i)| = \mathbf{0.0657}$

4. Daerah Kritik (Daerah Penolakan H₀)

H₀ ditolak juka $L_{hitung} > L_{(\alpha; n)}$

$$L_{(0,01; 9)} = 0,311$$

5. Keputusan Uji

Ho diterima karena $L_{obs} = \mathbf{0.0657} < L_{(0,01; 9)} = 0,311$. Pada taraf signifikansi 0,01,berarti sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Uji Normalisasi Baris A₃
(Konsentrasi Asam Askorbat 200 ppm)

1. Hipotesis

Ho : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Hi : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi tidal normal.

2. Komputasi

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai :

No	(Xi)	Xi	Xi - \bar{X}	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(Zi) - S(Zi)
1	0.689	0.31	-0.56	-1.49	0.0681	0.1111111	-0.0430
2	0.536	0.54	-0.34	-0.89	0.1867	0.2222222	-0.0355
3	0.312	0.58	-0.29	-0.77	0.2206	0.3333333	-0.1127
4	0.876	0.69	-0.18	-0.49	0.3121	0.4444444	-0.1323
5	0.948	0.88	0.00	0.01	0.5040	0.5555556	-0.0516
6	0.582	0.95	0.08	0.20	0.5790	0.6666667	-0.0877
7	1.432	1.23	0.36	0.96	0.8315	0.7777778	0.0537
8	1.233	1.24	0.36	0.97	0.8340	0.8888889	-0.0549
9	1.235	1.43	0.56	1.49	0.9319	1.0000000	-0.0681

\bar{X} 0.87
SD 0.375094

3. Statistik Uji.

Dari tabel diperoleh $L_{obs} = \max |F(Z_i) - S(Z_i)| = \mathbf{0.0537}$

4. Daerah Kritik (Daerah Penolakan H₀)

H₀ ditolak juka $L_{hitung} > L_{(\alpha; n)}$

$L_{(0,01; 9)} = 0,311$

5. Keputusan Uji

Ho diterima karena $L_{obs} = \mathbf{0.0537} < L_{(0,01; 9)} = 0,311$. Pada taraf signifikansi 0,01,berarti sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Uji Normalisasi Kolom B₁
(Larutan Natrium Klorida 2.5 %)

1. Hipotesis

Ho : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Hi : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi tidak normal.

2. Komputasi

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai :

No	(Xi)	Xi	Xi - \bar{X}	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(Zi) - S(Zi)
1	1.88	0.31	-0.89	-1.30	0.0359	0.1111111	-0.075211
2	2.08	0.54	-0.67	-0.97	0.166	0.2222222	-0.056222
3	2.19	0.69	-0.52	-0.75	0.2266	0.3333333	-0.106733
4	1.04	1.01	-0.20	-0.29	0.3859	0.4444444	-0.058544
5	1.11	1.04	-0.17	-0.24	0.4052	0.5555556	-0.150356
6	1.01	1.11	-0.10	-0.14	0.4443	0.6666667	0.222367
7	0.69	1.88	0.68	0.98	0.8365	0.7777778	0.058722
8	0.54	2.08	0.88	1.28	0.8997	0.8888889	0.010811
9	0.31	2.19	0.99	1.43	0.9235	1.000000	-0.076500

\bar{X} 1.21

SD 0.688485

3. Statistik Uji.

Dari tabel diperoleh $L_{obs} = \max |F(Z_i) - S(Z_i)| = \mathbf{0.058722}$

4. Daerah Kritik (Daerah Penolakan H₀)

H₀ ditolak jika $L_{hitung} > L_{(\alpha; n)}$

$L_{(0,01; 9)} = 0,311$

5. Keputusan Uji

Ho diterima karena $L_{obs} = \mathbf{0.0587} < L_{(0,01; 9)} = 0,311$. Pada taraf signifikansi 0,01, berarti sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Uji Normalisasi Kolom B₂
(Larutan Natrium Klorida 3.5 %)

1. Hipotesis

Ho : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Hi : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi tidal normal.

2. Komputasi

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai :

No	(Xi)	Xi	Xi - \bar{X}	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(Zi) - S(Zi)
1	2.106	0.58	-1.04	-1.11	0.1335	0.1111111	0.0224
2	2.610	0.88	-0.75	-0.80	0.2420	0.2222222	0.0198
3	3.478	0.95	-0.67	-0.72	0.2358	0.3333333	-0.0975
4	1.468	1.21	-0.42	-0.44	0.3300	0.4444444	-0.1144
5	1.324	1.32	-0.30	-0.32	0.3745	0.5555556	-0.1811
6	1.207	1.47	-0.15	-0.16	0.4364	0.6666667	-0.2303
7	0.876	2.11	0.48	0.52	0.6985	0.7777778	-0.0793
8	0.948	2.61	0.99	1.05	0.8531	0.8888889	-0.0358
9	0.582	3.48	1.86	1.98	0.9761	1.0000000	-0.0239

\bar{X} 1.62

SD 0.937568

3. Statistik Uji.

Dari tabel diperoleh $L_{obs} = \text{maks } |F(Z_i) - S(Z_i)| = \mathbf{0.0224}$

4. Daerah Kritik (Daerah Penolakan H₀)

H₀ ditolak juka $L_{hitung} > L_{(\alpha; n)}$

$L_{(0,01; 9)} = 0,311$

5. Keputusan Uji

Ho diterima karena $L_{obs} = 0.0224 < L_{(0,01; 9)} = 0,311$. Pada taraf signifikansi 0,01, berarti sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Uji Normalisasi Kolom B₃
(Larutan Garam Dapur 5 %)

1. Hipotesis

Ho : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Hi : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi tidal normal.

2. Komputasi

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai :

No	(Xi)	Xi	Xi - \bar{X}	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(Zi) - S(Zi)
1	3.207	1.23	-0.79	-0.86	0.1949	0.1111111	0.0838
2	3.122	1.24	-0.78	-0.85	0.1977	0.2222222	-0.0245
3	3.352	1.43	-0.59	-0.64	0.2611	0.3333333	-0.0722
4	1.635	1.44	-0.58	-0.63	0.2643	0.4444444	-0.1801
5	1.443	1.50	-0.52	-0.56	0.2877	0.5555556	-0.2679
6	1.503	1.64	-0.38	-0.42	0.3372	0.6666667	-0.3295
7	1.432	3.12	1.10	1.20	0.8849	0.7777778	0.1071
8	1.233	3.21	1.19	1.30	0.9032	0.8888889	0.0143
9	1.235	3.35	1.33	1.45	0.9265	1.0000000	-0.0735

\bar{X} 2.02
SD 0.917016

3. Statistik Uji.

Dari tabel diperoleh $L_{obs} = \max |F(Z_i) - S(Z_i)| = 0.1071$

4. Daerah Kritik (Daerah Penolakan H₀)

H₀ ditolak juka $L_{hitung} > L_{(\alpha; n)}$

$L_{(0,01; 9)} = 0,311$

5. Keputusan Uji

H_0 diterima karena $L_{\text{obs}} = \mathbf{0.1071} < L_{(0,01; 9)} = 0,311$. Pada taraf signifikansi 0,01, berarti sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Lampiran 3

Uji Homogenitas Antar Baris

(Baris A₁, A₂, dan A₃)

Variasi Konsentrasi Asam Askorbat 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm

NO	A1	A1 ²	A2	A2 ²	A3	A3 ²
1	1.882	3.54	1.037	1.08	0.689	0.47
2	2.083	4.34	1.109	1.23	0.536	0.29
3	2.192	4.80	1.005	1.01	0.312	0.10
4	2.106	4.44	1.468	2.16	0.876	0.77
5	2.610	6.81	1.324	1.75	0.948	0.90
6	3.478	12.10	1.207	1.46	0.582	0.34
7	3.207	10.28	1.635	2.67	1.432	2.05
8	3.122	9.75	1.443	2.08	1.233	1.52
9	3.352	11.24	1.503	2.26	1.235	1.53
JML	24.03	67.30	11.73	15.69	7.84	7.96

Sampel ke	dk	1/dk	S _i ²	Log S _i ²	(dk) Log S _i ²	(dk) S _i ²
A1	8	0.125	0.3908	-0.408052	-3.2644152	3.1264
A2	8	0.125	0.0505	-1.296816	-10.3745272	0.4039
A3	8	0.125	0.1407	-0.851720	-6.8137577	1.1256
JUMLAH	24	0.375			-20.4527000	4.6558

$$S^2 = \frac{|\sum(n_i - 1)S_i^2|}{\sum n_i - 1} = \frac{4,6558}{24} = 0,193992$$

$$\text{Log } S^2 = -0,7122162$$

Harga satuan bartlet

$$\begin{aligned} B &= (\text{log } S^2)(\sum n_i - 1) \\ &= -0,7122162 \times 24 = -17,093188 \end{aligned}$$

Statistik Uji:

$$\begin{aligned} X^2 &= \text{Ln}10\{B - (\text{dk})\text{Log}S_i^2\} \\ &= 2,3026 \{-17,093188 - (-0,7122162)\} \\ &= 7.735613 \end{aligned}$$

daerah kritik (daerah penolakan H₀)

H_0 ditolak jika $X^2 > X^2_{(1-\alpha)(k-1)}$

Harga X^2_{tabel} pada taraf signifikan 0,01 dengan dk = 8 adalah $X^2_{(0,99)(7)} = 20,1$

H_0 diterima sebab harga $H_{\text{hitung}} < \text{harga } X^2_{\text{tabel}} = 7.7 < 20,1$

Kesimpulan : sampel berasal dari populasi yang homogen

Uji Homogenitas Antar Kolom

(Kolom B₁, B₂, dan B₃)

Variasi Larutan Garam Dapur 2.5%, 3.5%, 4.5%

Tabel Bantuan Uji Homogenitas

NO	B1	B1 ²	B2	B2 ²	B3	B3 ²
1	1.882	3.542	2.106	4.435	3.207	10.285
2	2.083	4.339	2.610	6.812	3.122	9.747
3	2.192	4.805	3.478	12.096	3.352	11.236
4	1.037	1.075	1.468	2.155	1.635	2.673
5	1.109	1.230	1.324	1.753	1.443	2.082
6	1.005	1.010	1.207	1.457	1.503	2.259
7	0.689	0.475	0.876	0.767	1.432	2.051
8	0.536	0.287	0.948	0.899	1.233	1.520
9	0.312	0.097	0.582	0.339	1.235	1.525
JML	10.845	16.860	14.599	30.713	18.162	43.378

Sampel ke	dk	1/dk	S _i ²	Log S _i ²	(dk) Log S _i ²	(dk) S _i ²
B1	8	0.125	0.47401	-0.324212	-2.5936926	3.79209
B2	8	0.125	0.87903	-0.055994	-0.4479542	7.03227
B3	8	0.125	0.84092	-0.075246	-0.6019718	6.72734
JUMLAH	24	0.375			-3.6436187	17.55170

$$S^2 = \frac{\sum(n_i - 1)S_i^2}{\sum n_i - 1} = \frac{17.55170}{24} = 0.731321$$

$$\text{Log } S^2 = -0.135891983$$

Harga satuan bartlet

$$B = (\log S^2)(\sum n_i - 1) = -0.135891983 \cdot 24 = -3.261408$$

Statistik Uji:

$$\begin{aligned} X^2 &= \text{Ln}10\{B - (dk)\text{Log}S_i^2\} \\ &= 2,3026 \{-3.261408 - (-0,135891983)\} \\ &= 0.880073 \end{aligned}$$

daerah kritik (daerah penolakan H₀)

$$H_0 \text{ ditolak jika } X^2 > X^2_{(1-\alpha)(k-1)}$$

Harga X^2_{tabel} pada taraf signifikan 0,01 dengan dk = 8 adalah $X^2_{(0,99)(7)} = 20,1$

H_0 diterima sebab harga $H_{\text{hitung}} < \text{harga } X^2_{\text{tabel}} = 0,9 < 20,1$

Kesimpulan : sampel berasal dari populasi yang homogen

Lampiran 4

UJI ANALISA VARIAN DUA JALAN

1. Hipotesis

H_{0A} : Tidak ada perbedaan pengaruh variasi konsentrasi asam askorbat (vitamin C) terhadap laju korosi lapisan *chrom* baja karbon rendah HQ7210.

H_{iA} : Ada perbedaan pengaruh variasi konsentrasi asam askorbat (vitamin C) terhadap laju korosi lapisan *chrom* baja karbon rendah HQ7210.

H_{0B} : Tidak ada perbedaan pengaruh variasi konsentrasi larutan natrium klorida (NaCl) terhadap laju korosi lapisan *chrom* baja karbon rendah HQ7210.

H_{iA} : Ada perbedaan pengaruh variasi konsentrasi larutan natrium klorida (NaCl) terhadap laju korosi lapisan *chrom* baja karbon rendah HQ7210.

H_{0A} : Tidak ada perbedaan pengaruh interaksi antara variasi konsentrasi asam askorbat (vitamin C) dan konsentrasi larutan natrium klorida (NaCl) terhadap laju korosi lapisan *chrom* baja karbon rendah HQ7210.

H_{iA} : Ada perbedaan pengaruh interaksi antara variasi konsentrasi asam askorbat (vitamin C) dan konsentrasi larutan natrium klorida (NaCl) terhadap laju korosi lapisan *chrom* baja karbon rendah HQ7210.

Komputasi

a. Komponen jumlah kuadrat

NO		A1	A1 ²	A2	A2 ²	A3	A3 ²
1		1.882	3.54	1.037	1.08	0.667	0.44
2	B1	2.083	4.34	1.109	1.23	0.505	0.26
3		2.192	4.80	1.005	1.01	0.195	0.04
4		2.106	4.44	1.468	2.16	0.753	0.57
5	B2	2.610	6.81	1.324	1.75	0.499	0.25
6		3.478	12.10	1.207	1.46	0.582	0.34
7		3.207	10.28	1.635	2.67	1.129	1.27

8	B3	3.122	9.75	1.443	2.08	1.233	1.52
9		3.352	11.24	1.503	2.26	0.762	0.58
JML		24.03	67.30	11.73	15.69	6.33	5.27

ΣY^2 88.25999

Jumlah
AB

B/A	2,5%	3,5%	4,5%	Total	Total ²
100 ppm	6.16	3.15	1.54	10.85	117.61403
150 ppm	8.23	4.00	2.41	14.64	214.30032
200 ppm	9.73	4.58	3.90	18.21	331.67694
Total	24.12	11.73	7.84	43.70	
Total ²	581.8709	137.616361	61.512649		

kuadrat sel	A1	A2	A3
B1	37.90865	9.928801	2.362369
B2	67.79876	15.992001	5.788836
B3	94.69236	20.985561	15.21
dibagi n (3)			
B1	12.63622	3.3096003	0.787456
B2	22.59959	5.330667	1.929612
B3	31.56412	6.995187	5.07
TOTAL	90.22244		

90.22244

$$R_y = \frac{G^2}{N} = \frac{1909.340416}{27} = 70.7163117$$

$$\Sigma Y^2 = 90.95204$$

$$A_y = \sum_i \left(\frac{A_i^2}{nb} \right) - R_y$$

$$= 1.892613$$

$$B_y = \sum_j \left(\frac{B_j^2}{na} \right) - R_y$$

$$= 16.0614543$$

$$J_{ab} = T - R_y$$

$$= 90.22244 - 70.7163117$$

$$= 19.506133$$

$$ABy = Jab - Ay - By = 1.55119$$

$$Ey = \Sigma Y^2 - Ry - Ay - By - ABy = 0.72959933$$

b. Komponen derajat kebebasan.

$$dk_A = A - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_B = A - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{AB} = dk_A \times dk_B = 2 \times 2 = 4$$

$$dk_E = AB(n - 1) = 3.3(3 - 1) = 18$$

c. Komponen rerata kuadrat.

$$KTA = Ay / dk_A = 1.508027$$

$$KTB = By / dk_B = 8.030727$$

$$KTAB = ABy / dk_{AB} = 0.387799$$

$$KTE = Ey / dk_E = 0.040533$$

2. Statistik uji

$$a. F_A = KTA / KTE = 134,6453$$

$$b. F_B = KTB / KTE = 717,0292$$

$$c. F_{AB} = KTAB / KTE = 9,5675$$

3. Daerah kritik (daerah penolakan H_0)

a. Menetapkan kriteria pengujian yaitu :

$$H_{01} \text{ ditolak apabila } F_A > F_{A\{a-1, ab(n-1)\}}$$

$$H_{02} \text{ ditolak apabila } F_B > F_{B\{b-1, ab(n-1)\}}$$

$$H_{03} \text{ ditolak apabila } F_{AB} > F_{AB\{(a-1)(b-1), ab(n-1)\}}$$

$$F_{t0,01(2,18)} = 6,01$$

$$F_{t0,01(2,18)} = 6,01$$

$$F_{t0,01(4,18)} = 4,58$$

b. Kesimpulan.

$$F_A > F_{Tabel} ; F_B > F_{Tabel} ; F_{AB} > F_{Tabel}$$

Rangkuman Anava Dua

Jalan

Sumber Variasi	Dk	JK	KT	Fobs	F α	p
Rata-rata Perlakuan	1	90.952				

Var Asam askorbat (A)	2	3.016	1.5080	134.6453	6.01	>0,01
Natrium klorida (B)	2	16.061	8.0307	717.0292	6.01	>0,01
Interaksi (AB)	4	0.429	0.1072	9.5675	4.58	>0,01
Kekeliruan (galat)	18	0.105	0.0112	-	-	-
Jumlah	27	110.563	-	-	-	-

4. Keputusan uji

Dengan melihat rata-rata dan uji analisis variansi dua arah di atas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Ada perbedaan pengaruh variasi konsentrasi asam askorbat (vitamin C) terhadap laju korosi lapisan *chrom* baja karbon rendah HQ7210.
- b. Ada perbedaan pengaruh variasi konsentrasi larutan natrium klorida (NaCl) terhadap laju korosi lapisan *chrom* baja karbon rendah HQ7210.
- c. Ada perbedaan pengaruh interaksi antara variasi konsentrasi asam askorbat (vitamin C) dan konsentrasi larutan natrium klorida (NaCl) terhadap laju korosi lapisan *chrom* baja karbon rendah HQ7210 .

Lampiran 5

UJI PASCA ANAVA

(metode Scheffe)

Hipotesis

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Hi : Terdapat perbedaan yang signifikan.

Komputasi

$n_{A_1} = 9$	$\bar{X}_{A_1} = 2,67$
$n_{A_2} = 9$	$\bar{X}_{A_2} = 1,30$
$n_{A_3} = 9$	$\bar{X}_{A_3} = 0,87$
$n_{B_1} = 9$	$\bar{X}_{B_1} = 1,21$
$n_{B_2} = 9$	$\bar{X}_{B_2} = 1,62$
$n_{B_3} = 9$	$\bar{X}_{B_3} = 2,02$
$n_{A_1B_1} = 3$	$\bar{X}_{A_1B_1} = 2,05$
$n_{A_1B_2} = 3$	$\bar{X}_{A_1B_2} = 2,73$
$n_{A_1B_3} = 3$	$\bar{X}_{A_1B_3} = 3,23$
$n_{A_2B_1} = 3$	$\bar{X}_{A_2B_1} = 1,05$
$n_{A_2B_2} = 3$	$\bar{X}_{A_2B_2} = 1,33$
$n_{A_2B_3} = 3$	$\bar{X}_{A_2B_3} = 1,53$
$n_{A_3B_1} = 3$	$\bar{X}_{A_3B_1} = 0,51$
$n_{A_3B_2} = 3$	$\bar{X}_{A_3B_2} = 0,80$
$n_{A_3B_3} = 3$	$\bar{X}_{A_3B_3} = 1,30$

Uji Komparasi Antar Baris.

$$F_{A_1-A_2} = \frac{(\bar{X}_{A_1} - \bar{X}_{A_2})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A_1}} + \frac{1}{n_{A_2}} \right)}$$

$$= \frac{(2,67 - 1,30)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right)}$$

$$= 750,5684573$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(2;18;1\%) = 6,01$

$F_{\text{komparasi}} > (q - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$750,5684573 > (2)(6,01)$$

$750,5684573 > 12,02$ sehingga keputusan diterima.

$$F_{A1-A3} = \frac{(\bar{X}_{A1} - \bar{X}_{A3})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A1}} + \frac{1}{n_{A3}} \right)}$$

$$= \frac{(2,67 - 0,87)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right)}$$

$$= 1468,13388$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(2;18;1\%) = 6,01$

$F_{\text{komparasi}} > (q - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$1468,13388 > (2)(6,01)$$

$1468,13388 > 12,02$ sehingga keputusan diterima.

$$F_{A2-A3} = \frac{(\bar{X}_{A2} - \bar{X}_{A3})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A2}} + \frac{1}{n_{A3}} \right)}$$

$$= \frac{(1,30 - 0,87)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right)}$$

$$= 74,98285714$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(2;18;1\%) = 6,01$

$F_{\text{komparasi}} > (q - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$74,98285714 > (2)(6,01)$$

74,98285714 > 12,02 sehingga keputusan diterima

Uji Komparasi Antar Kolom.

$$\begin{aligned} F_{B1-B2} &= \frac{(\bar{X}_{B1} - \bar{X}_{B2})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{B1}} + \frac{1}{n_{B2}} \right)} \\ &= \frac{(1,21 - 1,62)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right)} \\ &= 69,903353 \end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(2;18;1\%) = 6,01$

$F_{\text{komparasi}} > (q - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$69,903353 > (2)(6,01)$$

69,903353 > 12,02 sehingga keputusan diterima.

$$\begin{aligned} F_{B1-B3} &= \frac{(\bar{X}_{B1} - \bar{X}_{B3})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{B1}} + \frac{1}{n_{B3}} \right)} \\ &= \frac{(1,21 - 2,02)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right)} \\ &= 265,567902 \end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(2;18;1\%) = 6,01$

$F_{\text{komparasi}} > (q - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$265,567902 > (2)(6,01)$$

265,567902 > 12,02 sehingga keputusan diterima.

$$\begin{aligned} F_{B2-B3} &= \frac{(\bar{X}_{B2} - \bar{X}_{B3})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{B2}} + \frac{1}{n_{B3}} \right)} \\ &= \frac{(1,62 - 2,02)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right)} \\ &= 62,971076 \end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(2;18;1\%) = 6,01$

$F_{\text{komparasi}} > (q - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$62,971076 > (2)(6,01)$$

62,971076 > 12,02 sehingga keputusan diterima

Uji Komparasi Antar Sel Dalam Satu Baris.

$$\begin{aligned} F_{A1B1-A1B2} &= \frac{(\bar{X}_{A1B1} - \bar{X}_{A1B2})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A1B1}} + \frac{1}{n_{A1B2}} \right)} \\ &= \frac{(2,05 - 2,73)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)} \\ &= 134,46482 \end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$134,46482 > (8)(3,71)$$

134,46482 > 29,68 sehingga keputusan diterima.

$$F_{A1B1-A1B3} = \frac{(\bar{X}_{A1B1} - \bar{X}_{A1B3})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A1B1}} + \frac{1}{n_{A1B3}} \right)}$$

$$= \frac{(2,05 - 3,23)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}$$

$$= 317,62500$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$317,62500 > (8)(3,71)$$

$317,62500 > 29,68$ sehingga keputusan diterima

$$F_{A1B2-A1B3} = \frac{(\bar{X}_{A1B2} - \bar{X}_{A1B3})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A1B2}} + \frac{1}{n_{A1B3}} \right)}$$

$$= \frac{(2,73 - 3,23)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}$$

$$= 38,76482$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$38,76482 > (8)(3,71)$$

$38,76482 > 29,68$ sehingga keputusan diterima.

$$F_{A2B1-A2B2} = \frac{(\bar{X}_{A2B1} - \bar{X}_{A2B2})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A2B1}} + \frac{1}{n_{A2B2}} \right)}$$

$$= \frac{(1,05 - 1,33)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}$$

$$= 261,87537$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$261,87537 > (8)(3,71)$$

$261,87537 > 29,68$ sehingga keputusan diterima.

$$\begin{aligned}
F_{A_2B_1-A_2B_3} &= \frac{(\bar{X}_{A_2B_1} - \bar{X}_{A_2B_3})^2}{RKG\left(\frac{1}{n_{A_2B_1}} + \frac{1}{n_{A_2B_3}}\right)} \\
&= \frac{(1,05 - 1,53)^2}{0,01227\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)} \\
&= 498,52595
\end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$498,52595 > (8)(3,71)$$

$498,52595 > 29,68$ sehingga keputusan diterima.

$$\begin{aligned}
F_{A_2B_2-A_2B_3} &= \frac{(\bar{X}_{A_2B_2} - \bar{X}_{A_2B_3})^2}{RKG\left(\frac{1}{n_{A_2B_2}} + \frac{1}{n_{A_2B_3}}\right)} \\
&= \frac{(1,33 - 1,53)^2}{0,01227\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)} \\
&= 37,76263
\end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$37,76263 > (8)(3,71)$$

$37,76263 > 29,68$ sehingga keputusan diterima.

$$\begin{aligned}
F_{A_3B_1-A_3B_2} &= \frac{(\bar{X}_{A_3B_1} - \bar{X}_{A_3B_2})^2}{RKG\left(\frac{1}{n_{A_3B_1}} + \frac{1}{n_{A_3B_2}}\right)} \\
&= \frac{(0,51 - 0,80)^2}{0,01227\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)} \\
&= 387,05357
\end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$387,05357 > (8)(3,71)$$

387,05357 > 29,68 sehingga keputusan diterima

$$\begin{aligned} F_{A3B1-A3B3} &= \frac{(\bar{X}_{A3B1} - \bar{X}_{A3B3})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A3B1}} + \frac{1}{n_{A3B3}} \right)} \\ &= \frac{(0,51 - 0,80)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)} \\ &= 497,32085 \end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$497,32085 > (8)(3,71)$$

497,32085 > 29,68 sehingga keputusan diterima.

$$\begin{aligned} F_{A3B2-A3B3} &= \frac{(\bar{X}_{A3B2} - \bar{X}_{A3B3})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A3B2}} + \frac{1}{n_{A3B3}} \right)} \\ &= \frac{(0,80 - 1,30)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)} \\ &= 6,90121 \end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$6,90121 < (8)(3,71)$$

6,90121 < 29,68 sehingga keputusan ditolak

Uji Komparasi Antar Sel Dalam Satu Kolom.

$$\begin{aligned} F_{A1B1-A2B1} &= \frac{(\bar{X}_{A1B1} - \bar{X}_{A2B1})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A1B1}} + \frac{1}{n_{A2B1}} \right)} \\ &= \frac{(2,05 - 1,05)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)} \end{aligned}$$

$$= 61,74656$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$61,74656 > (8)(3,71)$$

$61,74656 > 29,68$ sehingga keputusan diterima.

$$F_{A1B1-A3B1} = \frac{(\bar{X}_{A1B1} - \bar{X}_{A3B1})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A1B1}} + \frac{1}{n_{A3B1}} \right)}$$

$$= \frac{(2,05 - 0,51)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}$$

$$= 184,80023$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$184,80023 > (8)(3,71)$$

$184,80023 > 29,68$ sehingga keputusan diterima.

$$F_{A1B2-A2B2} = \frac{(\bar{X}_{A1B2} - \bar{X}_{A2B2})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A1B2}} + \frac{1}{n_{A2B2}} \right)}$$

$$= \frac{(2,73 - 1,33)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}$$

$$= 10,70095$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$10,70095 < (8)(3,71)$$

$10,70095 < 29,68$ sehingga keputusan ditolak

$$F_{A1B2-A3B2} = \frac{(\bar{X}_{A1B2} - \bar{X}_{A3B2})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A1B2}} + \frac{1}{n_{A3B2}} \right)}$$

$$= \frac{(2,73 - 0,80)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}$$

$$= 30,43006$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$30,43006 > (8)(3,71)$$

$30,43006 > 29,68$ sehingga keputusan diterima.

$$F_{A_2B_2-A_3B_2} = \frac{(\bar{X}_{A_2B_2} - \bar{X}_{A_3B_2})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A_2B_2}} + \frac{1}{n_{A_3B_2}} \right)}$$

$$= \frac{(1,33 - 0,80)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}$$

$$= 5,04054$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$5,04054 < (8)(3,71)$$

$5,04054 < 29,68$ sehingga keputusan ditolak.

$$F_{A_1B_3-A_2B_3} = \frac{(\bar{X}_{A_1B_3} - \bar{X}_{A_2B_3})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A_1B_3}} + \frac{1}{n_{A_2B_3}} \right)}$$

$$= \frac{(3,23 - 1,53)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}$$

$$= 11,23751$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$11,23751 < (8)(3,71)$$

$11,23751 < 29,68$ sehingga keputusan ditolak..

$$\begin{aligned}
 F_{A1B3-A3B3} &= \frac{(\bar{X}_{A1B3} - \bar{X}_{A3B3})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A1B3}} + \frac{1}{n_{A3B3}} \right)} \\
 &= \frac{(3,23 - 1,30)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)} \\
 &= 83,09180
 \end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$83,09180 > (8)(3,71)$$

$83,09180 > 29,68$ sehingga keputusan diterima.

$$\begin{aligned}
 F_{A2B3-A3B3} &= \frac{(\bar{X}_{A2B3} - \bar{X}_{A3B3})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A2B3}} + \frac{1}{n_{A3B3}} \right)} \\
 &= \frac{(1,53 - 1,30)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)} \\
 &= 33,21482
 \end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$$33,21482 > (8)(3,71)$$

$33,21482 > 29,68$ sehingga keputusan diterima.

$$\begin{aligned}
 F_{A2B1-A3B1} &= \frac{(\bar{X}_{A2B1} - \bar{X}_{A3B1})^2}{RKG \left(\frac{1}{n_{A2B1}} + \frac{1}{n_{A3B1}} \right)} \\
 &= \frac{(1,50 - 0,51)^2}{0,01227 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)} \\
 &= 3,90430
 \end{aligned}$$

Dikonsultasikan dengan $F_{\text{tabel}}(8;18;1\%) = 3,71$

$F_{\text{komparasi}} > (pq - 1) F_{\text{tabel}}$ (keputusan diterima)

$32,90430 > (8)(3,71)$

$32,90430 > 29,68$ sehingga keputusan diterima.