

PERMASALAHAN UJI KOROSI SUHU TINGGI DENGAN TEKNIK TAHANAN POLARISASI

Sumijanto

Pusat Penelitian Teknologi Keselamatan Reaktor

ABSTRAK

PERMASAHAN UJI KOROSI SUHU TINGGI DENGAN TEKNIK TAHANAN POLARISASI. Pada saat ini sel korosi yang tersedia di BATAN tidak mampu beroperasi pada suhu tinggi. Telah ditentukan persyaratan-persyaratan dasar modifikasi sel korosi yang terdiri atas elektroda kerja, elektroda bantu, elektroda pembanding dan jembatan garam. Persyaratan dasar yang ditentukan meliputi aspek elektrokimia, mekanik dan material sedemikian sehingga sarana ini dapat digunakan untuk uji korosi suhu tinggi dengan teknik tahanan polarisasi.

ABSTRACT

HIGH TEMPERATURE CORROSION TEST PROBLEMS BY POLARIZATION RESISTANCE TECHNIQUE. Nowadays the corrosion cell in BATAN can not operate in high temperature. It has been determined, the basic requirements of corrosion cell modification that consist of working electrode, auxiliary electrode, reference electrode and electrolyte bridge. These basic requirements are include electrochemical, mechanical and material aspect such that this equipment will be applicable to high temperature corrosion test.

PENDAHULUAN

Perangkat uji korosi suhu tinggi merupakan sarana yang sangat diperlukan BATAN terutama untuk mempelajari fenomena korosi material reaktor daya (PLTN). Hal ini menguntungkan karena hasil pengujian yang diperoleh akan lebih mendekati kenyataan lapangan.

Sarana uji korosi dengan teknik polarisasi yang telah dimiliki BATAN (PPSM Potentiostat EG & G , PEBN Potentiostat EG & G , PPTKR CMS 100) hanya dapat beroperasi pada suhu rendah. Oleh karena itulah perlu diupayakan agar sarana tersebut mampu beroperasi pada suhu tinggi khususnya suhu operasi reaktor daya.

Dalam makalah ini dibahas tentang persyaratan-persyaratan dasar yang harus dipenuhi dalam memodifikasi sel korosi yang terdiri atas elektroda kerja, elektroda bantu, elektroda pembanding dan jembatan garam sehingga dapat dimanfaatkan untuk uji korosi suhu tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

Teknik tahanan polarisasi

Bila sepotong logam M sebagai elektrode kerja WE dicelupkan kedalam larutan elektrolit sebagai fluida kerja, maka akan terjadi keseimbangan reaksi korosi sebagai berikut:



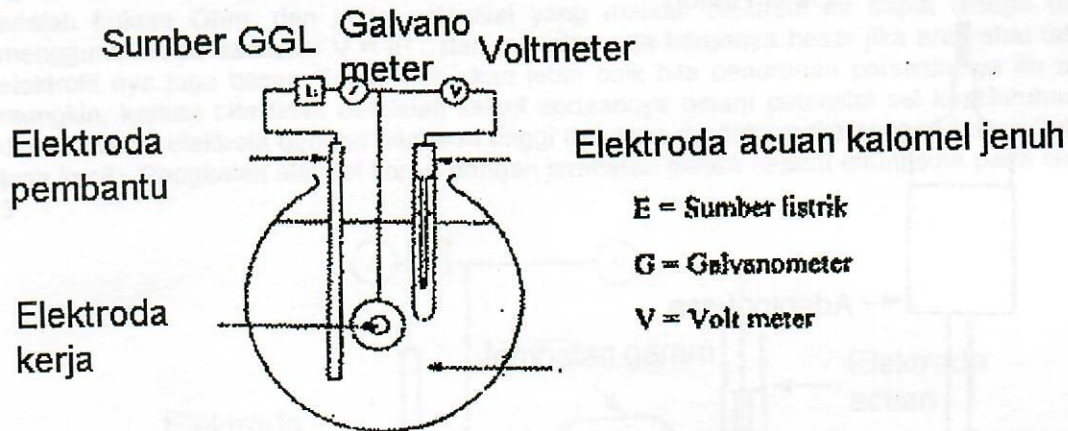
dengan e adalah elektron yang dilepas dan n adalah bulangan bulat.

Sistem keseimbangan ini berada pada suatu harga potensial relatif tertentu yang dapat diukur dengan pertolongan elektrode pembanding (RE)

Sistem reaksi tersebut dapat digeser dari keseimbangannya dengan jalan memberikan perbedaan tegangan antara logam M dan elektrode pembanding RE . Bila digeser kearah katodik maka kecepatan reaksi katodik akan lebih besar daripada reaksi anodik sehingga secara keseluruhan didapatkan reaksi katodik . Demikian pula sebaliknya bila digeser kearah anodik maka didapatkan reaksi anodik. Dengan menggunakan sistem instrumen ataupun perangkat lunak yang memadai maka arus listrik hasil reaksi korosi dapat dicatat dengan baik sehingga proses korosi dapat dipelajari.

Persyaratan dasar Sel korosi

Sel korosi terdiri dari tiga elektroda yaitu elektroda Kerja, elektroda pembanding dan elektroda bantu yang kesemuanya ini berada dalam lingkungan elektrolit seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 : Sel korosi suhu rendah

Elektroda kerja

Elektroda kerja adalah anoda logam yang akan diteliti dengan luas permukaan tertentu, akan tetapi untuk mempermudah penentuan kerapatan arus yang akan digunakan dalam perhitungan-perhitungan maka luas permukaan elektroda kerja sebaiknya 1 (satu) centimeter persegi. Elektroda ini disiapkan dalam berbagai cara, salah satu diantaranya adalah dengan memasang sebuah benda uji kecil dalam resin pendingin. Benda uji ini harus mempunyai hubungan listrik, dan dapat di siapkan sebelum pemasangan. Permukaan benda uji harus di gerinda dan diampelas untuk menghilangkan oksida-oksida yang mungkin ada dan meratakan / menghaluskan permukaan sehingga akan memberikan proses korosi yang seragam.

Pemasangan benda uji dalam rangkaian elektroda kerja seperti ditunjukkan pada Gambar

2.

Elektroda bantu

Elektroda ini dimaksudkan khusus untuk mengangkut arus hasil proses korosi yang terjadi dalam rangkaian sel. Bahan elektroda ini biasanya dipakai batang karbon, akan tetapi bahan lain pun dapat digunakan asalkan tidak menimbulkan kontaminasi ion-ion kedalam elektroda. Platina ataupun Emas dapat digunakan dengan baik sebagai elektroda bantu, terutama bila semua komponen harus berukuran kecil.

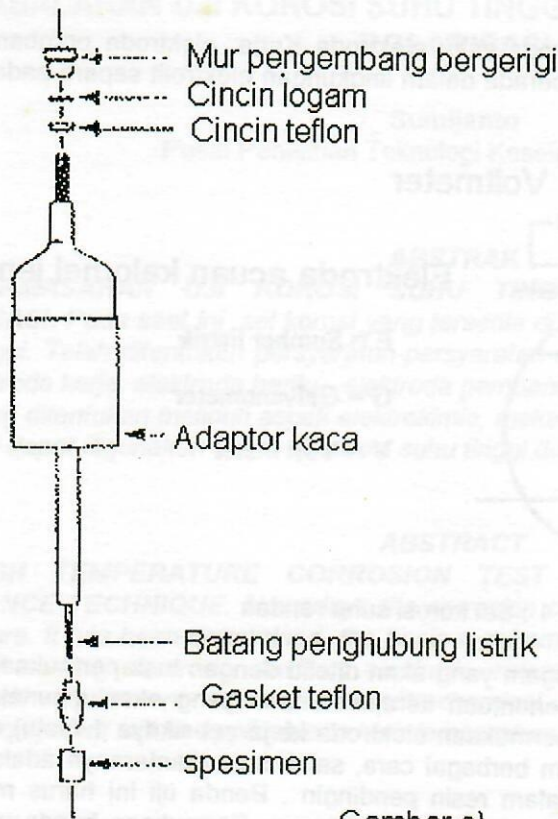
Elektroda pembanding

Elektroda ini dimaksudkan sebagai titik dasar yang sangat mantap untuk mengacukan pengukuran potensial elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini harus sekecil mungkin sehingga dapat diabaikan. Bila tidak demikian, elektroda ini akan ikut dalam reaksi sel dan potensialnya tidak lagi konstan. Oleh karena itulah dibutuhkan elektroda bantu untuk mengangkut arus listrik hasil proses korosi. Sejah ini elektroda pembanding yang paling praktis adalah elektroda kalomel jenuh. (*Saturated Calomel Electrode SCE*).

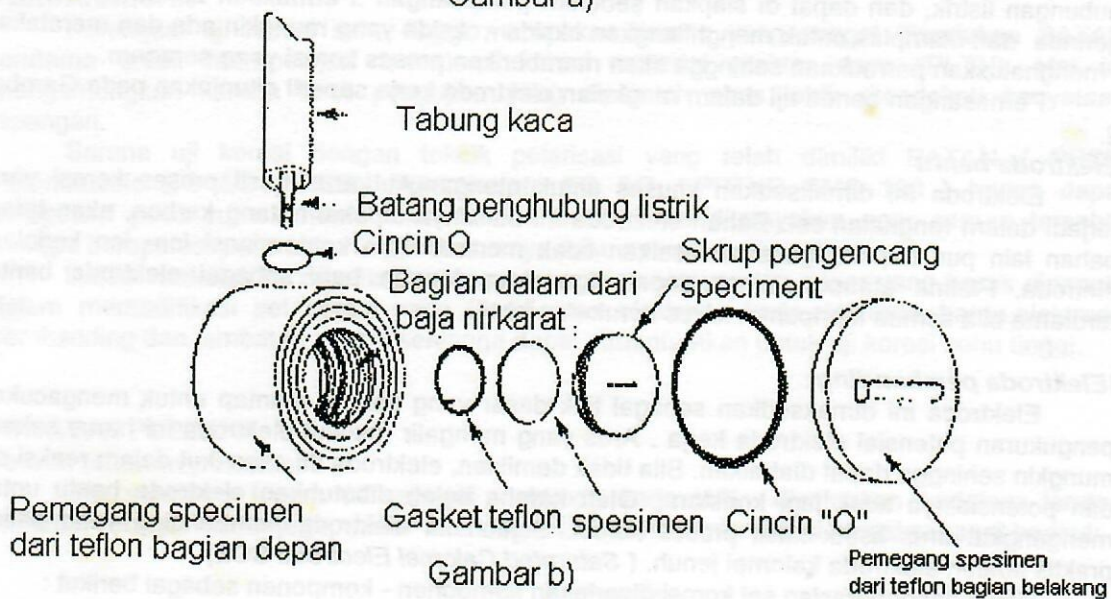
Untuk pengoperasian sel korosi diperlukan komponen-komponen sebagai berikut :

1. Sebuah alat pengukur arus yang dapat dibaca hingga mili ampere atau bahkan mikro ampere
2. Sebuah alat pengukur potensial. Selama pengukuran alat ini tidak boleh teraliri arus listrik. Alat yang cocok untuk ini adalah potensiometer.
3. Sebuah sumber potensial yang akan bertindak sebagai penggerak elektroda kerja sedemikian sehingga reaksi korosi yang dikehendaki berlangsung. Alat yang khas untuk ini adalah potensiostat.

Potensiostat memberikan potensial yang telah ditentukan terlebih dahulu kepada elektroda kerja sehingga pengukuran arus hasil proses korosi dapat dilakukan. Hal ini dilakukan dengan mengubah arus yang melalui elektroda bantu ke suatu harga yang sedemikian sehingga beda potensial antara elektroda kerja dan elektroda pembanding tidak berubah. Sumber tegangan sederhana yang menghasilkan tegangan konstan tidak cocok untuk keperluan ini.



Gambar a)



Gambar b)

Gambar 2 : Pemasangan benda uji dalam rangkaian elektroda kerja

Fasilitas pengatur otomatis dimungkinkan untuk pengaturan suatu rentang potensial selama waktu tertentu dengan laju yang tidak berubah. Akan tetapi fasilitas yang sederhana pun masih dimungkinkan untuk digunakan sebagai sarana pengukuran dengan teliti.

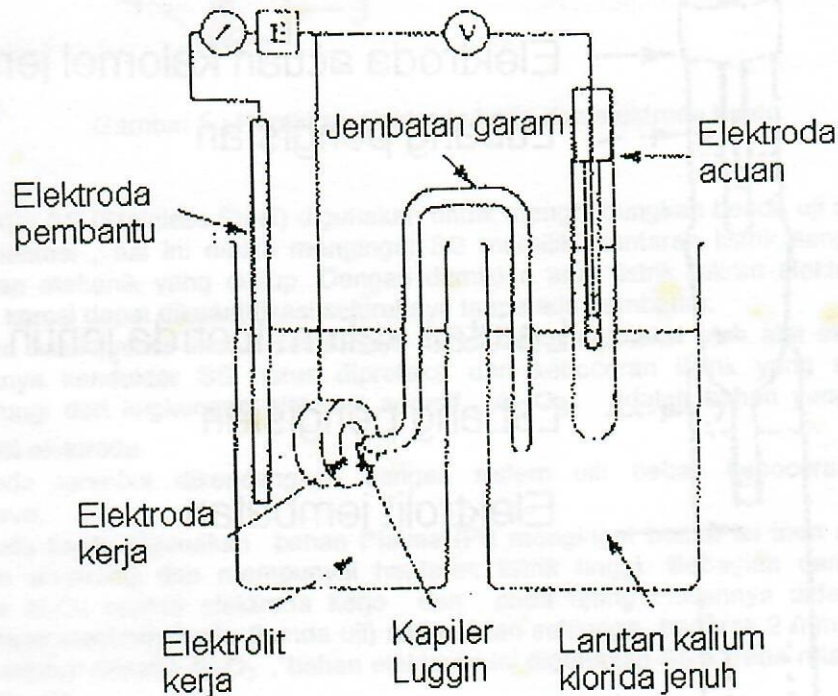
Ketiga elektroda tersebut diatas ditempatkan dalam sebuah bejana gelas yang sesuai, yang kemudian diisi dengan 1 atau 2 liter larutan elektrolit sesuai dengan keperluan.

Larutan elektrolit

Hantaran (konduktivitas) larutan elektrolit perlu diperhatikan, karena sebagai pengangkut arus ionik, elektrolit memainkan peran penting dalam reaksi korosi. Penggunaan elektroda pembanding dimaksudkan agar potensial elektroda kerja dapat diukur dan harus

ditempatkan sedekat mungkin dengan permukaan elektroda kerja . Hal ini dikarenakan potensial yang diukur akan selalu meliputi beda potensial yang melalui elektrolit dalam ruang antara elektrode kerja dan elektroda pembanding .

Karena kebanyakan korosi melibatkan penggunaan arus searah, maka yang berlaku adalah hukum Ohm, dan beda potensial yang melalui elektrolit ini dapat diduga dengan menggunakan persamaan $V = IR$, dan mungkin saja harganya besar jika arus atau tahanan elektrolit nya juga besar. Tentu saja akan lebih baik bila penurunan potensialnya itu sekecil mungkin, karena bila tidak demikian keikut sertaannya dalam potensial sel keseluruhan sulit diukur. Kalau elektrolit dengan hantaran tinggi (tahanan rendah) maka pengaruh tersebut akan juga kecil . Rangkaian alat sel korosi dengan jembatan garam seperti ditunjukkan pada Gambar 3 .



Gambar 3 : Rangkaian sel korosi dengan jembatan garam

Kalau eksperimen menuntut persyaratan larutan harus lebih encer maka diperlukan rancangan yang lebih canggih. Hal ini di mungkinkan dengan bantuan alat yang disebut Kapiler Luggin . Rangkaian kapiler Luggin seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Tujuan rangkaian kapiler luggin ini , adalah untuk menyediakan lintasan ber kehantaran tinggi dari permukaan elektroda kerja ke elektroda pembanding . Rancangan Luggin yang tradisional menggunakan sebuah kaca kapiler dengan ujung sangat lancip yang harus ditempatkan pada permukaan logam benda uji. Kapiler itu menghubungkan bejana reaksi korosi dengan sebuah bejana lain tempat elektroda Kalomel jenuh (SCE) yang terpasang dan terisi dengan larutan Kalium Klorida jenuh. Pipa berisi elektrolit antara elektroda pembanding dan elektroda kerja disebut jembatan garam.

Masalah paling besar dalam susunan sedemikian ini ditimbulkan oleh kontaminasi elektrolit berkehantaran rendah akibat difusi kalium klorida jenuh . Cara yang lebih baik adalah menggunakan perlengkapan Vycor yaitu sebuah ujung runcing khusus yang laju kebocorannya sangat rendah serta rendah pula penurunan potensial (IR) yang melalui ujung tersebut.

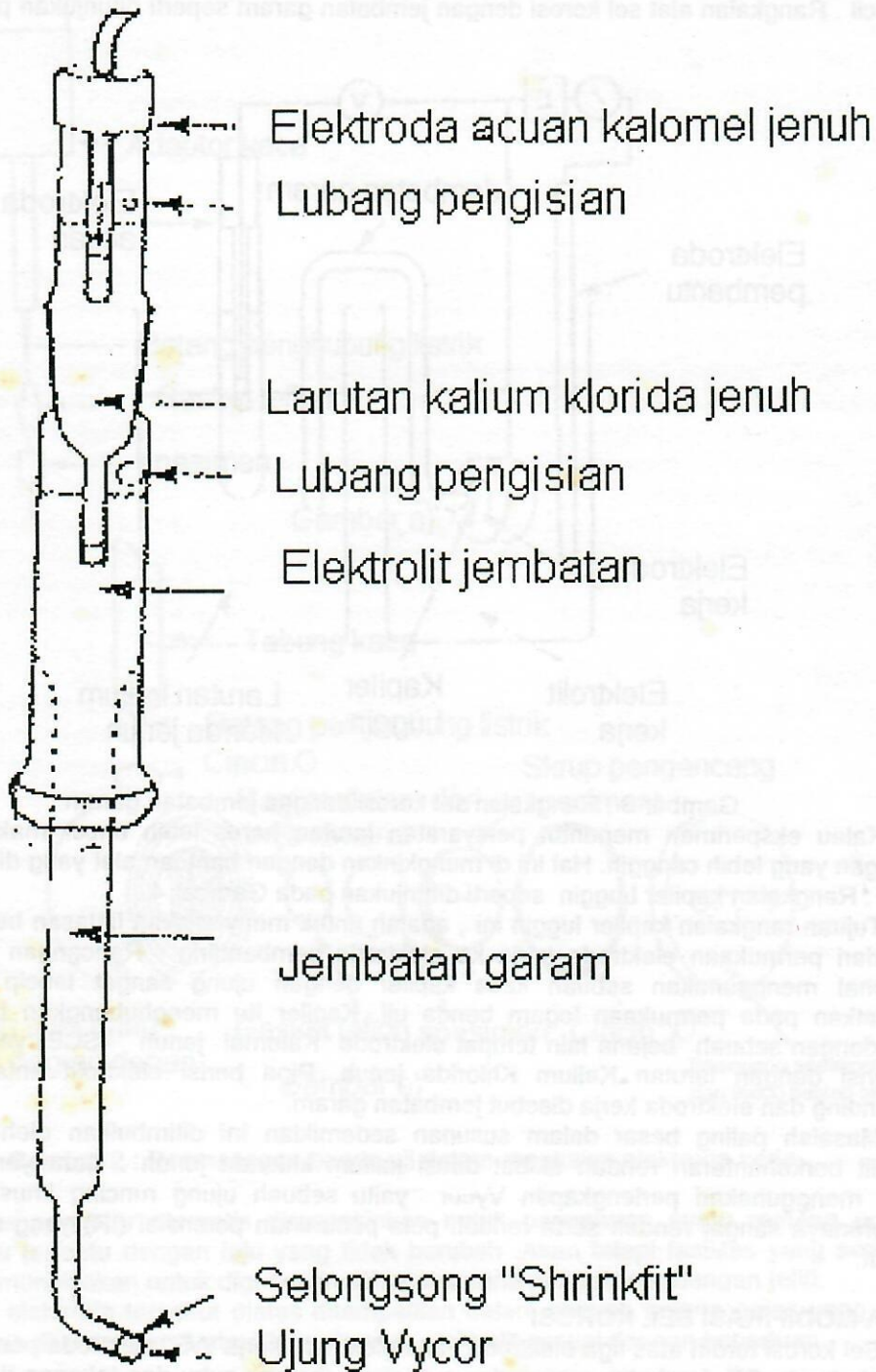
UPAYA MODIFIKASI SEL KOROSI

Sel korosi terdiri atas tiga elektroda yaitu elektroda kerja WE, elektroda pembanding RE, elektroda bantu CE, jembatan garam dan autoclave (bejana suhu dan tekanan tinggi) sebagai tempat elektroda , perlu dimodifikasi sehingga mampu bekerja pada tekanan dan suhu tinggi khususnya pada kondisi suhu dan tekanan operasi air pendingin reaktor daya.

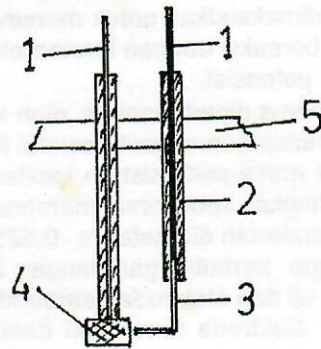
Persyaratan yang diterapkan mengacu pada prinsip elektrokimia sel korosi, mekanik , ketersediaan material dan aspek keselamatan operasi.

Elektroda kerja dan elektroda bantu

Pada dasarnya elektroda kerja merupakan benda uji . Prinsip perakitan dan pemasangan mengikuti prosedur perakitan dan pemasangan elektroda sel korosi pada suhu rendah. Hanya saja untuk isolator dan tabung penyangga gelas harus diganti dengan bahan isolator yang tahan terhadap suhu dan tekanan tinggi dalam hal ini bahan yang cocok adalah Al_2O_3 dan Teflon. Prinsip perakitan elektroda kerja dan elektroda bantu seperti ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 4 : Rangkaian kapiler Luggin



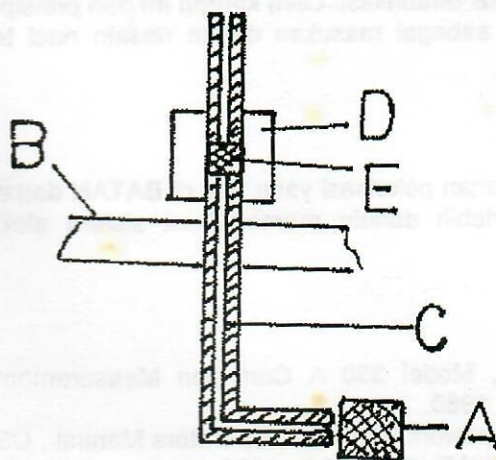
- Keterangan Gambar
1. Konduktor SS
 2. Isolator Al_2O_3
 3. Elektroda Platina.
 4. Benda uji
 5. Tutup autoclave

Gambar 5 : Perakitan elektroda kerja dan elektroda bantu

- Konduktor SS (Stainless Steel) digunakan untuk menghubungkan benda uji dengan sistem instrumentasi, hal ini dipilih mengingat SS memiliki hantaran listrik sangat baik serta kekuatan mekanik yang cukup. Dengan demikian arus listrik (aliran elektron) dari hasil proses korosi dapat dikuantifikasi seluruhnya tanpa ada hambatan.
- Elektron hasil proses korosi seluruhnya harus dapat dideteksi oleh alat ukur arus. Oleh karenanya konduktor SS harus diproteksi dari kebocoran listrik yang sekaligus juga melindungi dari lingkungan elektrolit agresif, Al_2O_3 adalah bahan yang cocok untuk melapisi elektroda.
- Elektroda tersebut dikencangkan dengan sistem ulir bebas kebocoran pada tutup autoclave.
- Elektroda bantu digunakan bahan Platina (Pt) mengingat bahan ini inert (tidak bereaksi dengan elektrolit) dan mempunyai hantaran listrik tinggi. Sebagian dari elektroda ini dilapisi Al_2O_3 seperti elektroda kerja dan pada ujung bawahnya didekatkan hingga mendekati elektroda kerja (benda uji) sedemikian sehingga berjarak 2 mm. Pada bagian yang tertutup dengan Al_2O_3 , bahan elektroda ini digunakan SS karena relatif lebih murah dibanding Pt.

Jembatan garam

Elektroda pembanding digunakan elektroda kalomel jenuh SCE yang dihubungkan dengan fluida kerja dalam autoclave melalui jembatan garam seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

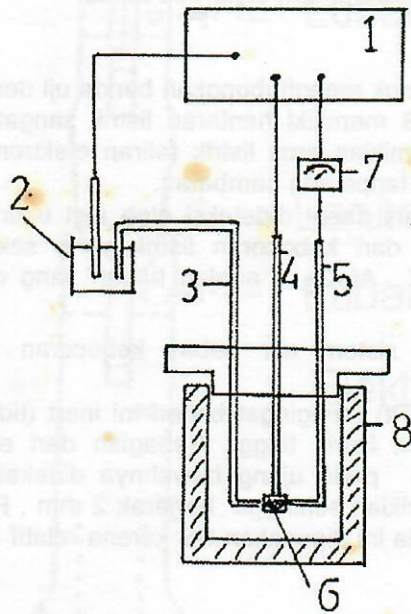


- Keterangan Gambar
- A. Benda uji
 - B. Tutup autoclave
 - C. Kapiler teflon
 - D. Gasket teflon
 - E. Membran selulosa

Gambar 6: Rangkaian Elektroda pembanding, jembatan garam dan benda uji

- Bodi utama jembatan garam ini dibuat dari SS 316 yang dipasang kedalam autoclave melalui sistem ulir .
- Kapiler teflon C menghubungkan antara SCE dan elektroda kerja (benda uji) sedemikian hingga berjarak ± 1 mm. Sistem kapiler dimaksudkan untuk menurunkan tekanan fluida , bahan teflon dipilih karena bahan ini tidak bereaksi dengan larutan elektrolit sehingga tidak menimbulkan gangguan pada pengukuran potensial. .
- Konsentrasi fluida dalam jembatan garam harus dipertahankan ,oleh karenanya kebocoran perlu dibatasi. Tetapi disisi lain diperlukan hubungan elektrik melalui fluida jembatan garam ini . Untuk memenuhi persyaratan tersebut maka pada sistem kapiler dipasang membran selulose berporositas rendah E (dengan tingkat kebocoran membran = 0,1 ml per hari) sebagai tutup pada kapiler teflon (yang berukuran diameter $\pm 0,625$ cm ; tebal 1,5 cm) ditempatkan pada gaskets teflon D sehingga berhubungan dengan SCE. Dengan sistem ini maka diperoleh hubungan antara benda uji dan elektroda pembanding .

Sel korosi yang terdiri dari sistem tiga elektroda di rangkai dalam autoclave seperti ditunjukkan pada gambar 7 .



Keterangan Gambar 7

1. Sistem instrumentasi
2. Elektroda pembanding (SCE)
3. Jembatan garam
4. Elektroda kerja
5. Elektroda bantu
6. Benda uji
7. Amper meter
8. Autoclave

Gambar 7 : Rangkaian sel korosi suhu tinggi dalam autoclave

Upaya untuk memodifikasi sel korosi ini dilakukan dalam rangka fungsionalisasi perangkat nuklir berdasarkan pada pengalaman operasi serta penerapan prinsip elektrokimia dari uji korosi , masih berupa persyaratan-persyaratan dasar yang harus dipenuhi , sehingga hasil yang diperoleh masih belum siap untuk difabrikasi. Oleh karena itu dari prinsip-prinsip dan persyaratan tersebut dapat digunakan sebagai masukan dalam desain rinci terhadap sel korosi yang diperlukan.

KESIMPULAN

Sarana uji korosi dengan teknik tahanan polarisasi yang ada di BATAN dapat digunakan untuk uji korosi suhu tinggi dengan terlebih dahulu memodifikasi sistem elektroda yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. EG&G Princeton Applied Research , Model 350 A Corrosion Measurement System , Operating and Service Manual , USA , 1980.
2. Gamry Instrumens Inc , CMS 100 Framework Software , Operators Manual , USA , 1994.
3. FONTANA , Corrosion Engineering , Third Edition, USA , 1986.
4. SEDRIKS , Corrosion Stainless Steels , John Wiley & Sons Inc , 1979.