

Uji Korosi Internal pada Pipa Baja Standar API 5 L Grade B Menggunakan Perangkat Lunak CMS 100

Oleh:

Abdoel Goffar

I. PENDAHULUAN

Pipa salur pada proses produksi minyak dan gas bumi diperkirakan 80 % mengalami kerusakan yang disebabkan oleh korosi, antara lain berupa pengurangan ketebalan (*loss metal*), korosi retak karena tegangan (*stress corrosion cracking*) dan penggetasan karena hidrogen (*hydrogen embrittlement*) (Jones, 1992). Uji laboratorium dapat dilakukan dengan menggunakan metode antara lain adalah uji celup kupon yang pengukurannya berdasarkan kehilangan berat (*loss metal*), tetapi metode ini membutuhkan waktu lama, tenaga dan biaya yang tinggi. Metode lain adalah Impedansi (EIS = *Electrochemical Impedance Spectroscopy*), *Tafel Extrapolation*, tetapi berbeda dalam hal penggunaannya.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi diantaranya: suhu, kecepatan pengadukan dan volume aliran gas CO₂ dengan menggunakan metode polarisasi tahanan yang menggunakan perangkat lunak CMS 100 untuk mendapatkan data korosi secara lebih cepat dan akurat. Larutan uji diambil dari air Lapangan Selatan dan air Lapangan Melibur dari PT Kondur Petroleum SA yang berlokasi di Kabupaten Bengkalis, Kepulauan Riau, Sumatera.

II. TEORI KOROSI

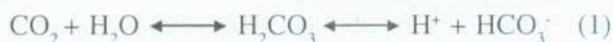
Korosi adalah suatu degradasi material karena reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya, yaitu termasuk atmosfer, larutan, suhu, tekanan dan tegangan. Pada umumnya korosi terjadi hanya dengan kelembaban *relatif* minimum sekitar 50 sampai 70 % di udara, juga pada logam basah dengan air atau lapisan berair yang terbentuk oleh hembusan angin yang mengandung air laut, air hujan atau tetesan embun (*ASM Handbook* vol 13, 1987). Bentuk korosi

terdiri atas 8 jenis yaitu merata (*uniform*), galvanis (*galvanic*), celah (*crevice*), sumuran (*pitting*), retak (*environmentally induced cracking*), intrusi hidrogen (*hydrogen damage*), antarbutir (*intergranular*), beda paduan (*dealloying*), erosi (*erosion*)

A. Faktor yang mempengaruhi korosi diantaranya:

a. Karbon Dioksida

Karbon dioksida yang terlarut dalam air membentuk asam karbonat H₂CO₃ dan meningkatkan keasaman (pH kurang dari 7) dengan disosiasi H dan ion karbonat HCO₃⁻:



Kesetimbangan dalam konsentrasi bikarbonat menambah keasaman (pH makin turun), ion bikarbonat membentuk kalsium karbonat tidak larut dalam larutan alkaline, (CaCO₃), sebagai permukaan film pada permukaan logam, reaksinya sbb:



Gas CO₂ pertama-tama akan berubah menjadi bentuk hidratnya, dan selanjutnya berubah menjadi asam karbonat (H₂CO₃). Kecepatan reaksi yang terjadi adalah lambat.

Reaksi:



Laju korosi dapat dihitung dari sistem elektrokimia baja karbon/ CO₂ basah:

$$\text{Log } R = -\frac{2320}{t+273} - \frac{5,55t}{1000} + 0,67 \log p \quad (5)$$

di mana: R = laju korosi [mpy], t = suhu [$^{\circ}\text{C}$], A = konstanta = 7,96 (atm) atau 8,78 [psi], dan p = tekanan parsial CO_2 [atm] (*ASM Handbook* vol 13, 1987).

b. Suhu

Suhu air makin tinggi lebih korosif dibandingkan dengan air dingin. Pada suhu air yang lebih tinggi akan mempengaruhi beberapa faktor, antara lain arus konveksi bertambah dan kekentalan (*viscosity*) berkurang, sehingga meningkatkan penyebaran (difusi) oksigen melalui *film* permukaan metal, selanjutnya nilai keasaman pH air turun (di bawah 7) dengan penambahan temperatur, akan meningkatkan endapan atom hidrogen pada area katodik. Banyaknya garam yang terdisosiasi akibat kenaikan temperatur, menyebabkan penambahan laju korosi.

c. Kecepatan pengadukan air

Penambahan kecepatan pengadukan air yang melewati ke permukaan logam, bila mencapai dalam keadaan turbulen akan meningkatkan laju korosi. Beberapa faktor yang diperhitungkan dalam kondisi ini adalah pergerakan air yang cepat di atas permukaan akan membawa jumlah oksigen yang sangat besar sehingga kontak yang terjadi antara oksigen dengan logam lebih besar daripada kecepatan difusi (Powell, 1978). Metode uji korosi laboratorium mengenai kontrol kecepatan pengadukan cairan (*velocity*), menurut NACE standar TM0270-72, item No. 21202, kecepatan air (*liquid velocity*) dalam kondisi uji dapat dihitung dari formula sebagai berikut:

$$\text{Kecepatan alir} = \frac{\text{rpm} \times \pi \times D}{12 \times 60} \quad (6)$$

di mana: rpm = putaran per menit,
 D = diameter [in] = 2,54 [cm],
 π = 3,14,
 V = kecepatan alir cair [ft/dt],
 (1 ft/dt = 30,48 cm/dt)

B. Polarisasi elektrokimia

Polarisasi, adalah perubahan potensial, E-e dari kesetimbangan potensial elektroda yang disebabkan oleh laju reaksi permukaan selama reaksi setengah sel. Polarisasi katodik, η_c adalah menerima elektron ke permukaan logam, menyebabkan perubahan potensial permukaan (E), muatan menjadi negatif (e),

sebaliknya anodik η_a adalah melepaskan elektron dari logam, sehingga mengakibatkan perubahan potensial (E) muatan menjadi positif. (Jones, 1992)

Rumus dan turunan (*derivatif*)

Kurva polarisasi percobaan dapat diturunkan dari:

$$i_{\text{app, c}} = i_c - i_a \quad [7]$$

di mana: i_c = rapat arus untuk reaksi reduksi katodik [A/cm^2], i_a = rapat arus untuk reaksi oksidasi anodik [A/cm^2], $i_{\text{app, c}}$ = rapat katodik yang terpakai. [A/cm^2]

Sedangkan untuk menghitung laju korosi, dengan menggunakan Hukum Faraday:

$$m = \frac{I t a}{n F} \quad [8]$$

C. Sistem pengukuran korosi DC perangkat lunak CMS 100

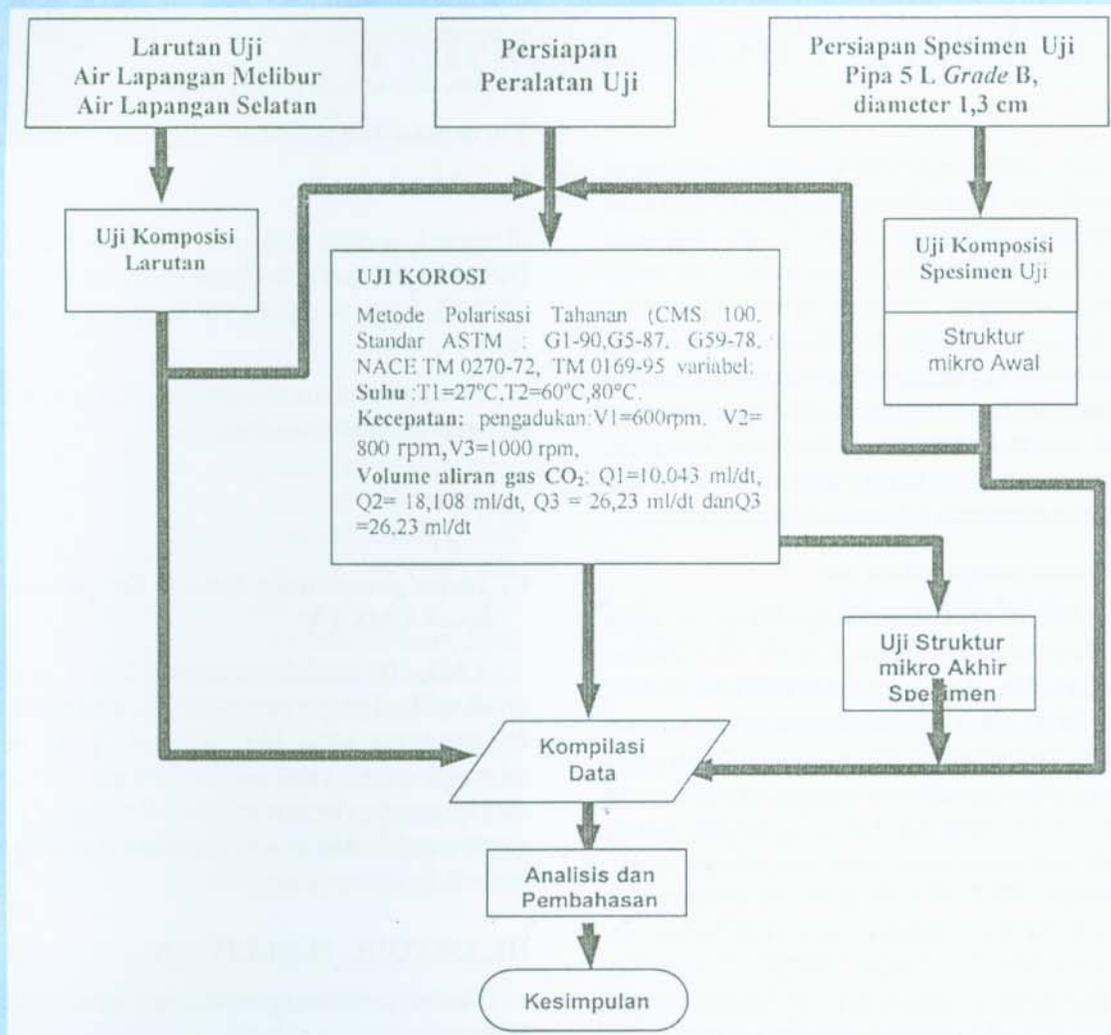
CMS 100 adalah perangkat lunak (*software*) untuk aplikasi sistem pengukuran korosi elektrokimia dengan layar kerja (*frame work*) yang berbasis *microsoft excel*, yang secara otomatis mentransfer data ke *macros* dengan analisis. Perangkat lunak ini mampu melakukan modifikasi biasa atau ekspor hasil analisis ke dalam *data base*.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Penyiapan sampel uji,
- Penyiapan peralatan uji,
- Penyiapan larutan yang digunakan dalam pengujian (air dari Lapangan Melibur dan Selatan)
- Pengujian laboratorium, meliputi analisis air, spesimen logam uji,
- Pengujian korosi dengan variabel suhu dan kecepatan pengadukan, dan bule CO_2 ,
- Evaluasi dan Pembahasan,
- Pembuatan Laporan.

Gambar 1 menunjukkan diagram alir metode penelitian untuk menguji korosi internal. Hal yang harus diperhatikan adalah preparasi dari spesimen harus benar dan sesuai prosedur, karena kesalahan preparasi (persiapan) menghasilkan data yang salah, antara lain *mounting*, *grinding*, *pickling*, pemolesan.



Gambar 1
Diagram alir penelitian korosi internal pada pipa API 5 L Grade B
menggunakan perangkat lunak CMS 100

IV. PELAKSANAAN PENELITIAN

A. Persiapan Peralatan

Sel elektrokimia ukuran 1000 ml, alat pemanas (*hot plate* dengan pengatur suhu), pengaduk listrik (*electric stirrer*), tabung CO₂, komputer dengan perangkat lunak CMS 100, elektroda referensi (SCE) dan elektroda bantu karbon, pengukur rpm (*stroboscope*), mikroskop optik untuk foto mikro pada spesimen baja

Rangkaian peralatan uji dengan menggunakan perangkat lunak CMS 100, seperti pada Gambar 2.

B. Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian diantaranya adalah kupon dari pipa baja standar API 5 L Grade B, sampel air dari Lapangan Melibur dan Selatan, *Nital 2 %* untuk etsa, *resin* untuk *mounting* uji metal, gas CO₂ (*bubble*), 100 ml asam sulfat (H₂SO₄, sp. gr. 1,84).

C. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel meliputi: sampel air dan pipa baja.

a. Pengambilan sampel air

Pengambilan sampel air dengan menggunakan tabung plastik masing-masing volume 5 liter langsung dari separator yang memisahkan air/fluida dari minyak. Suhu dan tekanan pada saat pengucuran sampel air/fluida dari separator harus dicatat dan tabung plastik tersebut segera ditutup.

b. Pengambilan sampel pipa baja standar API 5 L Grade B.

Sampel logam yang akan digunakan sebagai kupon (logam uji) berupa pipa baja dengan standar API 5L Grade B. Kupon yang dibuat berukuran tertentu dengan mengacu pada standar ASTM G31-72: *Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*.

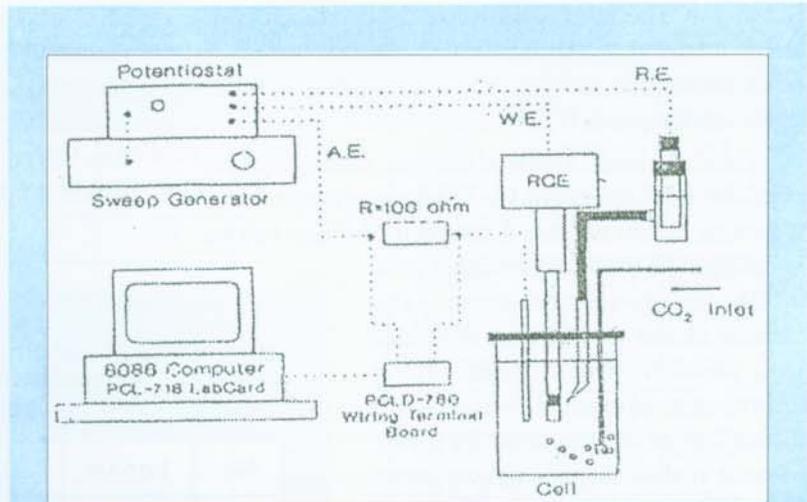
D. Pengujian Laboratorium

Pengujian polarisasi tahanan dengan menggunakan *software* CMS 100 mengacu standar ASTM G59-78 untuk mengukur laju korosi internal pipa baja standar API 5 L Grade B sesuai masing-masing variabel spesimen. Setelah pengujian, logam dibersihkan dan dilakukan pemolesan, lalu dicuci dan dietsa menggunakan *Nital 2 %* untuk uji foto mikro akhir dengan perbesaran 100 dan 500 kali.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dengan menggunakan peralatan AAS menunjukkan kandungan unsur-unsur logam yang terlarut di dalam air Lapangan Selatan sbb: kandungan Fe (besi) cukup tinggi yaitu 0,123 mg/Kg, karena unsur besi sebagai unsur yang terlarut, demikian juga unsur nikel, kobalt dan krom. Kandungan unsur logam yang terlarut dalam air Lapangan Selatan seperti pada Tabel 1.

Nilai unsur klorida yang dianalisis dengan metode titrimetri adalah sekitar 840.30 ppm. Hal ini karena air yang digunakan berupa air terproduksi dari



Gambar 2
Skema uji polarisasi tahanan dengan perangkat lunak CMS 100

Tabel 1
Kandungan unsur logam yang terlarut dalam air Lapangan Selatan

No.	Logam	Satuan	Hasil	Metode
1	Co (Cobalt)	mg/kg	0,046	ASTM D-3558
2	Cr (Chromium)	mg/kg	0,034	ASTM D-1687
3	Fe (Ferum)	mg/kg	0,123	ASTM D-1068
4	Ni (Nickel)	mg/kg	0,071	ASTM D-1886
5	V (Vanadium)	mg/kg	Nihil	ASTM D-3552
6	Klorida (Cl)	ppm-wt	840.3	Titrimetri
7	H ₂ S	ppm-wt	Nil	Titrimetri

Tabel 2
Kandungan unsur logam yang terlarut dalam air Lapangan Melibur

No.	Logam	Satuan	Hasil	Metode
1	Co	mg/kg	0,087	ASTM D-3558
2	Cr	mg/kg	0,073	ASTM D-1687
3	Fe	mg/kg	0,228	ASTM D-1068
4	Ni	mg/kg	0,171	ASTM D-1886
5	V	mg/kg	Nihil	ASTM D-3552
6	Klorida	ppm-wt	710.3	Titrimetri
7	H ₂ S	ppm-wt	Nihil	Titrimetri

Lapangan Selatan, yang pada dasarnya banyak mengandung garam (brine), sedangkan senyawa H₂S tidak menunjukkan angka, karena larutan tersebut tidak ada senyawa H₂S.

Tabel 2, hasil analisis dengan menggunakan peralatan AAS menunjukkan kandungan unsur-unsur logam di dalam air dari Lapangan Melibur bahwa kandungan Fe (besi) cukup tinggi yaitu 0,228 mg/kg, sebagai unsur yang terlarut akibat teroksidasi, demikian juga unsur Ni, Co, Cr juga terlarut dalam air sampel lebih sedikit dibandingkan dengan unsur Fe (besi). Metode analisis unsur/senyawa garam klorida (adanya kandungan *brine* di dalam) dan H₂S menggunakan metode titrimetri. Dari hasil analisis senyawa H₂S tidak menunjukkan angka, kemungkinan gas tersebut lepas ke udara waktu dilakukan *sampling*, atau peralatan yang tidak dapat mendeteksi senyawa gas tersebut.

Hasil uji laboratorium menggunakan AAS menunjukkan unsur besi = 0,228 mg/kg dari Lapangan Melibur, sedangkan unsur Ni = 0,171 mg/kg juga terlarut, terikut juga klorida, sedangkan senyawa H₂S dan CO₂ tidak ada, karena mungkin lepas ke udara waktu dilakukan sampel (*sampling*).

Tabel 3
Komposisi logam pipa standar API 5 L
Grade B dengan AAS

No.	Logam	Unit	Hasil	Metode
1	Co	mg/kg	333.6	ASTM D-3974
2	Cr	mg/kg	156.6	ASTM D-3974
3	Fe	mg/kg	920.9	ASTM D-3974
4	Ni	mg/kg	498.8	ASTM D-3974
5	V	mg/kg	61.41	ASTM D-3974

Tabel 4
Komposisi material pipa baja standar API 5 L Grade B menggunakan
alat Spark Emission Spectrometry

Data Pengujian							
Jumlah	Unsur						
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Al
N = 1	0,23	0,26	0,37	0,000	0,012	0,008	0,022
N = 2	0,22	0,25	0,37	0,000	0,009	0,008	0,022
Rata2	0,22	0,26	0,37	0,000	0,010R	0,008	0,022
	Ni	Cr	Mo	Sn	Pb	Fe	Int-1
N = 1	0,045	0,035	0,039	0,003	0,000	93,348	0,000
N = 2	0,044	0,035	0,036	0,003	0,000	93,348	0,000
Rata2	0,044	0,035	0,038	0,003	0,000	93,348	0,000
	Int-2						
N = 2	0,000						
N = 2	0,000						
Rata2	0,000						

Tabel 3, hasil analisis dari sampel kupon menunjukkan kandungan unsur logam pada kupon dari pipa standar API 5 L Grade B di laboratorium menggunakan alat AAS.

Tabel 3 tersebut menunjukkan bahwa unsur besi adalah yang paling tinggi (920.900 mg/kg) yang berarti baja tersebut hampir 92 % tersusun dari unsur besi, sedangkan unsur Ni, Co, Cr dan V sebagai unsur paduan yang jumlahnya kecil sekali dibanding unsur besi (Fe).

Kandungan unsur dalam pipa baja API 5 L Grade B dengan alat Spark Emission Spectrometry (Penembakan dengan atom), seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.

Pada Tabel 4 diperoleh data unsur-unsur logam yang terkandung dalam pipa tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan tertinggi adalah besi (Fe), berikutnya Mn, Si dan C.

Pada struktur metalurgi unsur paduan tersebut dimaksudkan untuk menambah keuletan dan kekerasan logam pipa tersebut, sebaliknya bila unsur logam Ni dan Cr sangat kecil maka pipa (logam) masih mudah teroksidasi. Bila unsur Ni dan Cr tinggi, akan menambah sifat kekuatan logam, baik ketahanan terhadap korosi maupun panas, tetapi harganya menjadi lebih mahal dan sulit pengelasannya.

Tabel 5 menunjukkan bahwa laju korosi lebih tinggi pada suhu 27 °C. pada volume aliran gas CO₂ rendah 10 ml/dt dan kecepatan 600 rpm dan 800 rpm, tetapi kemudian cenderung turun pada suhu 60 °C hingga suhu 80 °C.

Dengan kondisi yang mempengaruhi volume aliran gas CO₂ dan kecepatan aliran, pada kecepatan aliran cairan 1000 rpm laju korosi lebih tinggi dari pada kecepatan aliran 600 rpm dan 800 rpm.

Pada suhu naik dari 27 °C ke 80 °C dengan kondisi volume aliran gas CO₂ dan kecepatan pengadukan makin tinggi, dari 600 rpm ke 1000 rpm menunjukkan kecenderungan laju korosi naik. Laju korosi dipengaruhi oleh konduktivitas larutan dan arus larutan ion.

Larutan yang mengandung ion dinamakan elektrolit, lebih tepatnya elektrolit adalah substansi

Tabel 5
Laju korosi dengan menggunakan air
Lapangan Selatan terhadap suhu

No kode	Aliran CO ₂ ml/dt	Kecepatan (rpm)	Suhu		
			27 °C	60 °C	80 °C
1	10	600	23,668	18,534	17,735
2		800	88,656	42,625	38,849
3		1000	23,891	8,237	67,309
4	18	600	18,700	15,996	28,032
5		800	22,657	15,995	45,654
6		1000	18,142	32,224	64,364
7	26	600	28,046	26,270	57,893
8		800	28,960	40,058	38,411
9		1000	34,801	61,574	54,615

yang menghasilkan ion yang terurai dalam suatu solvent atau dengan pemanasan pada suhu tinggi. Konsentrasi suatu *solute* di dalam larutan cair dapat dinyatakan berat molekul *solute* per unit volume larutan. Konduktor ionik adalah muatan listrik yang dibawa hanya oleh elektron yaitu suatu partikel negatif/massa sangat kecil di dalam elektrolit, dalam hal ini arus bergerak (*transport*) dengan partikel. Konduktor bergantung pada suhu, dan konduktivitas spesifik meningkat dalam elektrolit dengan kenaikan suhu. Kenyataan bahwa ion adalah partikel yang mempunyai baik muatan atau massa, konsekuensinya suatu arus mengalir di dalam elektrolit disertai oleh *mass transport*.

Difusi dan konveksi alamiah seringkali terjadi dekat spesimen (*working electrode*). Reduksi dan konsumsi kation pada antarmuka logam-elektrolit (*metal-electrolite interface*) dapat menjadi lebih cepat dari pada penggantinya oleh migrasi dari larutan (*bulk of the solution*). Dalam hal ini ada pengurangan (*depletion*) kation yang bereaksi dekat elektroda dan gradient konsentrasi mempengaruhi (*induces*) suatu proses difusi. Lebih jauh perbedaan di dalam konsentrasi di antara larutan (*bulk of the solution*) dan permukaan elektroda mengakibatkan perbedaan densitas yang dapat membangkitkan konveksi alamiah.

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa laju korosi naik terhadap suhu = 27 °C hingga suhu 80 °C dengan

aliran gas CO₂ rendah = 10 ml/dt dengan kecepatan aliran dari 600 rpm hingga ke 1000 rpm. Pada volume aliran gas CO₂ = 18 ml/dt kecepatan aliran cairan 1000 rpm mempunyai laju korosi menurun dibandingkan dengan kecepatan aliran 600 rpm dan 800 rpm.

Pada Tabel 6 juga menunjukkan laju korosi turun terhadap suhu 80°C dengan kondisi yang mempengaruhi adalah volume aliran gas CO₂ = 18 ml/dt hingga = 26 ml/dt pada kecepatan aliran = 1000 rpm, tetapi laju korosi terhadap suhu = 27 °C dengan kondisi yang mempengaruhi volume aliran gas CO₂ = 10 ml/dt hingga = 26 ml/dt dan kecepatan pengadukan larutan dari = 600 rpm hingga = 1000 rpm mempunyai laju korosi naik (lebih tinggi). Ini berarti pada suhu tinggi dan kecepatan pengadukan larutan tinggi (1000 rpm) dapat menurunkan laju korosi, karena gas CO₂ lepas ke udara.

VI. MENGGUNAKAN ANALISIS DENGAN FOTO SCANNING

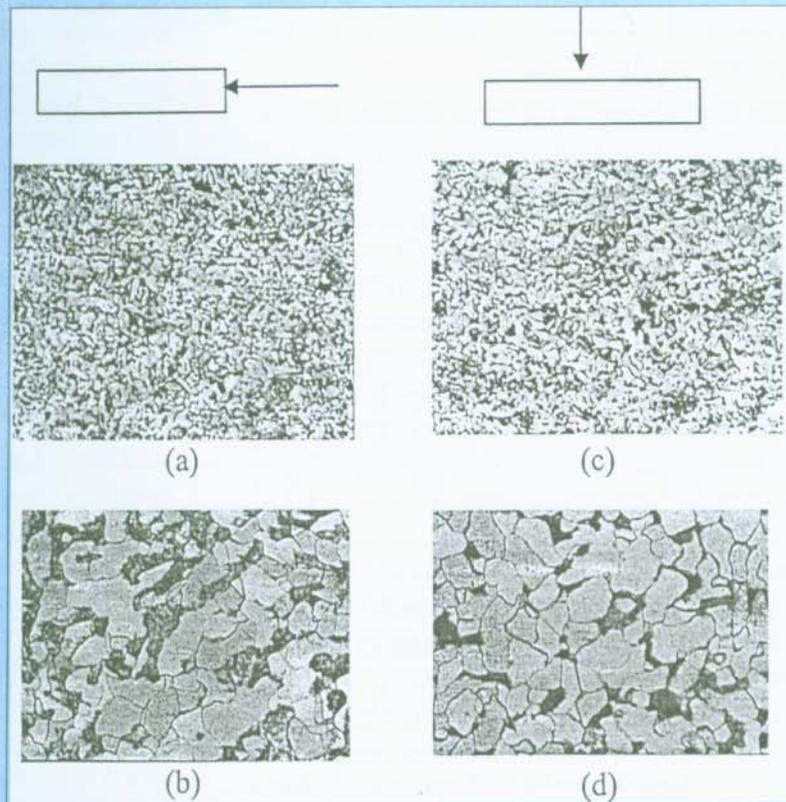
Cara pemotretan dan hasil pemotretan dapat dilihat pada gambar berikut:

Gambar 3 menunjukkan butiran logam yang tersusun dengan batas (*boundary*) secara tersebar dan merata pada seluruh permukaan, karena belum terdeformasi.

Gambar 4 dan 5 adalah hasil foto *Scanning Electron Microscope (SEM)* menunjukkan gundukan karat pada

Tabel 6
 Laju korosi larutan Lapangan Melibur terhadap suhu

No kode	Bubble	Velocity	Suhu		
	CO ₂	(rpm)	27 °C	60 °C	80 °C
1	10	600	11.061	16.418	22.537
2		800	12.979	22.981	34.403
3		1000	17.607	38.808	63.018
4	18	600	7.256	51.464	35.326
5		800	9.643	72.735	49.701
6		1000	15.415	8.527	11.042
7	26	600	12.731	69.915	61.337
8.		800	9,429	30,584	49,093
9.		1000	16,99	31,059	27,402



Gambar 3
 Hasil foto optik pipa API 5 L Grade B sebelum dilakukan uji korosi, dilakukan etsa Nital 2% selama 3 hingga 5 detik
 (a) perbesaran mikroskop 100 X, (b) 500 X, (c) 100 X, (d) 500 X

aliran gas CO₂ rendah = 10 ml/dt dengan kecepatan aliran dari 600 rpm hingga ke 1000 rpm. Pada volume aliran gas CO₂ = 18 ml/dt kecepatan aliran cairan 1000 rpm mempunyai laju korosi menurun dibandingkan dengan kecepatan aliran 600 rpm dan 800 rpm.

Pada Tabel 6 juga menunjukkan laju korosi turun terhadap suhu 80°C dengan kondisi yang mempengaruhi adalah volume aliran gas CO₂ = 18 ml/dt hingga = 26 ml/dt pada kecepatan aliran = 1000 rpm, tetapi laju korosi terhadap suhu = 27 °C dengan kondisi yang mempengaruhi volume aliran gas CO₂ = 10 ml/dt hingga = 26 ml/dt dan kecepatan pengadukan larutan dari = 600 rpm hingga = 1000 rpm mempunyai laju korosi naik (lebih tinggi). Ini berarti pada suhu tinggi dan kecepatan pengadukan larutan tinggi (1000 rpm) dapat menurunkan laju korosi, karena gas CO₂ lepas ke udara.

VI. MENGGUNAKAN ANALISIS DENGAN FOTO SCANNING

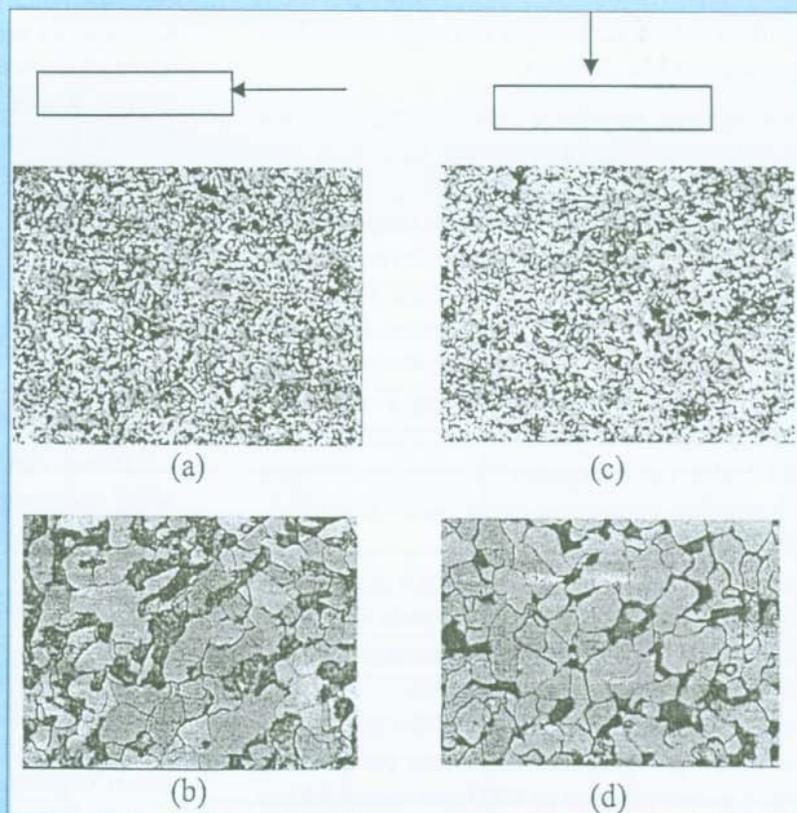
Cara pemotretan dan hasil pemotretan dapat dilihat pada gambar berikut:

Gambar 3 menunjukkan butiran logam yang tersusun dengan batas (*boundary*) secara tersebar dan merata pada seluruh permukaan, karena belum terdeformasi.

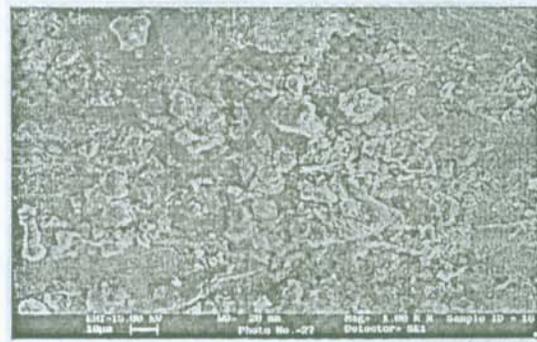
Gambar 4 dan 5 adalah hasil foto *Scanning Electron Microscope (SEM)* menunjukkan gundukan karat pada

Tabel 6
 Laju korosi larutan Lapangan Melibur terhadap suhu

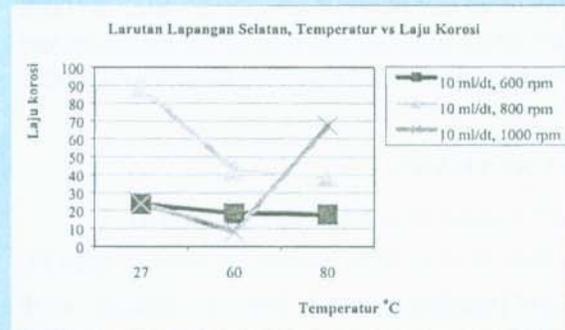
No kode	Bubble	Velocity	Suhu	Suhu	Suhu
	CO ₂	(rpm)	27 °C	60 °C	80 °C
1	10	600	11.061	16.418	22.537
2		800	12.979	22.981	34.403
3		1000	17.607	38.808	63.018
4	18	600	7.256	51.464	35.326
5		800	9.643	72.735	49.701
6		1000	15.415	8.527	11.042
7	26	600	12.731	69.915	61.337
8.		800	9,429	30,584	49,093
9.		1000	16,99	31,059	27,402



Gambar 3
 Hasil foto optik pipa API 5 L Grade B sebelum dilakukan uji korosi, dilakukan etsa *Nital* 2 % selama 3 hingga 5 detik
 (a) perbesaran mikroskop 100 X, (b) 500 X, (c) 100 X, (d) 500 X



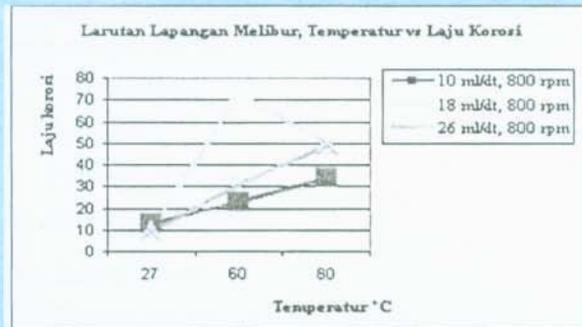
Gambar 4
Hasil foto SEM setelah uji korosi sampel dengan air Lapangan Selatan



Gambar 6
Temperatur terhadap laju korosi pipa menggunakan media Lapangan Selatan dengan kondisi volume aliran gas CO₂ tetap



Gambar 5
Hasil foto SEM setelah uji korosi sampel dengan air Lapangan Melibur



Gambar 7
Suhu terhadap laju korosi pipa menggunakan media ex Lapangan Melibur dengan kondisi volume aliran gas CO₂ tetap

permukaan spesimen setelah mengalami pengujian dalam sel elektrokimia, yang berarti logam terjadi oksidasi/karat.

Material pipa baja standar API 5 L Grade B mempunyai komposisi sesuai dengan klasifikasi baja paduan 10xx. Oleh karena itu, berdasarkan uji komposisi material pipa baja standar API 5 L Grade B dengan menggunakan alat *Spark Emission Spectrometry* adalah mempunyai klasifikasi standar AISI /SAE 1023. Dari hasil foto menggunakan SEM pada sampel uji no. 18 dan 31 tampak bahwa permukaan logam itu mengalami korosi.

Hasil pengolahan data ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 6, laju korosi tertinggi = 88, 656 mpy

terhadap suhu (tanda segitiga) = 27 °C dengan kondisi volume aliran gas CO₂ = 18 ml/dt dan kecepatan aliran 800 rpm, karena logam akan terkorosi pada keadaan tersebut di atas, sesuai dengan teori yang disebutkan sebelumnya. Demikian juga pada Gambar 7 laju korosi tertinggi = 72 mpy dari Lapangan Melibur

VIII. KESIMPULAN

- Hasil uji komposisi material dengan menggunakan *Spark Emission Spectrometry*, diketahui pipa termasuk jenis baja karbon rendah standar API 5 L Grade B atau AISI/SAE 1023.
- Hasil uji polarisasi tahanan (*resistance polarization*) pada media Lapangan Selatan menunjukkan

= 800 rpm, suhu = 60 °C, laju korosi = 72,735 mpy. Hasil foto metallografi dengan perbesaran 100 X dan 500 X juga dengan foto SEM. menunjukkan permukaan spesimen pipa yang mempunyai produk korosi.

KEPUSTAKAAN

1. API Standar Pipa 5 L, 1995, Edition 41.
2. ASME B 31.8, 1992, seventh edition, chapter IV.
3. ASM Handbook vol 13, 1987, 'Corrosion', ninth edition.
4. Basic Course Appalachian, 1985, 'Underground Corrosion' short course, West Virginia University Morgan Town W. Va.
5. Dieter, George E., 1997. ASM Handbook vol 20, 'Material Selection and Design'.
6. Endean, H.J., 1989 'Oilfield Corrosion Detection and Control Handbook', Champion Chemicals, Inc Houston, Texas.
7. Fontana, Mars G., 1986, 'Corrosion Engineering', third edition, Mc Graw Hill Book Company.
8. Jones, Denny A, 1992, 'Principles and Prevention of Corrosion, Macmillan Publishing Company.
9. Manganon, Pat L., 1999, 'Principles of Materials Selection for Engineering Design, Prentice Hall International. Inc.
10. McAllister, E.W., 1974. editor; 'Pipeline Rules of Thumb Handbook', second edition, Manual of Quick, Accurate Solution to Everyday Pipeline Problem.
11. Powell, Sheppard T., 1954, 'Water Conditioning for Industry', first edition, Mc Graw Hill Book Company, Inc. Kogakusha Company Ltd. •