



ANALISA FENOMENA KOROSI PELAT PIPA BAJA KARBON API 5L-X65 DALAM LARUTAN 250 ML ASAM ASETAT DAN 4750 ML AQUADES PADA KONDISI GAS CO₂ DAN H₂S JENUH PADA SUHU RUANG

Nendi Suhendi Syafei¹, Darmawan Hidayat², Bernard Y Tumbelaka³, Liu Kin Men⁴

^{1,2,3}Prodi Teknik Elektro, ⁴Prodi Fisika, FMIPA Universitas Padjadjaran Bandung

¹n.suhendi@unpad.ac.id, ²Darmawan.hidayat@unpad.ac.id, ³ btumbelaka@ymail.com.

⁴Liu@phys.unpad.ac.id

ABSTRACT

Pada penelitian pipa baja karbon API 5L-X65 digunakan rumah sampel dengan spesimen tiga titik pembebanan berada lingkungan gas CO₂ dan H₂S jenuh dalam larutan 250 ml asam asetat dan 4750 ml aquades, maka akan terjadi peristiwa fenomena korosi. Bila terjadi pada pemipaan jalur migas minyak dan gas akan menjadi masalah, karena dapat menghambat proses produksi akibat terjadinya korosi dan akibat yang fatal adalah pipanya akan pecah. Dari hasil penelitian bahwa sampel uji diberikan variasi defleksi dengan variasi waktu paparan maka laju korosinya makin lama semakin besar dan dalamnya crack semakin besar, karena sampel uji mendapatkan tegangan semakin besar akibat variasi defleksi yang diberikan pada sampel uji tersebut. Dan berdasarkan hasil mikrostruktur bahwa sampel pipa baja karbon API 5L-X65 terjadi korosi retak tegangan baik **korosi transgranular** ataupun **korosi intergranular**.

Keywords : *korosi retak tegangan, spesimen tiga titik pembebanan, lingkungan.*

PENDAHULUAN.

Penelitian laju korosi pada pipa baja karbon API 5L-Grade B pada di lingkungan gas H₂S kondisi CO₂ jenuh dalam larutan NaCl (Nendi Suhendi Syafei, 2014), laju korosi pada pipa baja karbon API 5L-Grade B di lingkungan gas H₂S dan kondisi CO₂ jenuh dalam larutan NaCl dan larutan asam asetat (Nendi Suhendi Syafei, jurnal Fisika Indonesia no.55, Vol. XIX, edisi Nopember 2015, ISSN. 1410-2994), kajian korosi retak tegangan akibat sweet gas (H₂S dan CO₂) pada pipa baja karbon API 5L-X65 terhadap laju korosi dalam larutan asam asetat (Nendi Suhendi Syafei, 2016; Nendi Suhendi Syafei,

Prosiding Semnas Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri, Malang 4 februari 2017). Karakteristik Pipa Baja Karbon API 5L-X65 dengan Metoda Pembebanan Tiga Titik pada Lingkungan Gas H₂S Kondisi Jenuh CO₂ dalam Larutan Asam Asetat (Nendi Suhendi Syafei, Prosiding Seminar Nasional Energi dan Teknologi atau SINERGI 2017, Bekasi 9 Mei 2017). Analisis Pipa Baja Karbon API 5L-X65 dengan Metoda Pembebanan Tiga Titik pada Lingkungan Gas H₂S Kondisi Jenuh CO₂ dalam Larutan Asam Asetat (Nendi Suhendi Syafei, Seminar Nasional SENFA 2017, Balai Sawala Universitas Padjadjaran, 22 Juli 2017). Pengujian Kekerasan dan Uji Tarik Untuk

Menentukan Koefisien Pengerasan n Suatu Bahan API 5L-X65. (Nendi Suhendi Syafei, Darmawan Hidayat, Dessy Novita, Bernard Y Tumbelaka, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXXI HFI Jateng & DIY, Yogyakarta 18 Maret 2017 ISSN : 0853-0823). Dalam industri migas bila terjadi korosi retak regangan akan mengakibatkan fatal, yaitu pecahnya pipa sehingga akan mengakibatkan produksi migas akan terhenti.

Dari hasil penelitian pada pipa baja karbon API 5L-X60 yaitu 17H₁S akan rentan terhadap korosi retak tegangan. Dan sifat mekanik pipa baja karbon API 5L-X60 terdegradasi menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi terhadap korosi retak tegangan dari pada pipa baja karbon. Berdasarkan hasil pengamatan dengan fraktografik bahwa pipa baja karbon akibat proses embrittlement hidrogen akan terjadi korosi retak tegangan, yaitu akibat disebabkan oleh atom hidrogen yang meresap kedalam pipa baja karbon (O. I. Zvirko , S. F. Savula , V. M. Tsependa , G. Gabetta , H. M. Nykyforchyn, 2016).

Ketahanan korosi yang tinggi pada pipa baja karbon tahan karat (super martensit) pada umumnya digunakan dalam industri minyak dan gas, yaitu terutama di lingkungan asam. Namun ada beberapa yang rentan dengan adanya hidrogen dan mekanisme proses korosi akan terjadi dengan adanya H₂S serta tergantung pada pH. H₂S akan berdifusi merembes di sepanjang struktur logam maka akan terbentuk pori logam sulfida karena bereaksi pada permukaan logam, sehingga akan membebaskan hidrogen

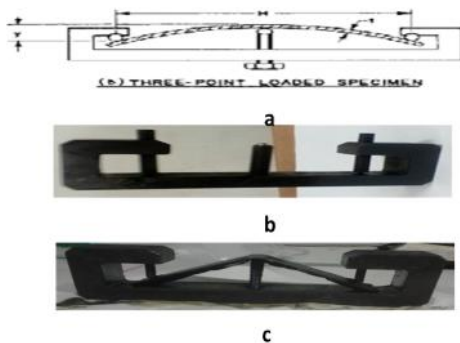
terikat dengan sulfur yang dapat diserapnya dan hidrogen yang ada dalam larutan H₂S secara tidak langsung menyebabkan kegagalan (Martin Monnota, Ricardo P. Nogueira, Virginie Roche, Grégory Berthomé, Eric Chauveau, Rafael Estevez, Marc Mantel, 2017).

Hal ini menyebabkan hilangnya sifat mekanik awal terutama ketahanan terhadap patah getas, yaitu berdasarkan perhitungan teknik pada tahap desain pipa. Pada waktu bersamaan korosi retak tegang telah diidentifikasi sebagai salah satu kegagalan dominan pada pipa baja karbon di lingkungan lembab, yaitu akan menyebabkan pecahnya pipa transmisi gas bertekanan tinggi serta kerugian ekonomi yang serius dan bencana. (O. I. Zvirko , S. F. Savula , V. M. Tsependa , G. Gabetta , H. M. Nykyforchyn, Procedia Structural Integrity 2 (2016) 509–516. 20-24 June 2016).

METODE PENELITIAN

Untuk membuat rumah sampel (holder) uji korosi diperlukan lembaran baja berupa pelat atau flat extruded section yang berpenampang lintang persegi panjang, dan selain itu dapat juga digunakan besi cor atau besi dalam bentuk balok seperti terlihat pada gambar 1. Bahan sampel uji korosi API 5L-X65 yang akan diuji ditipiskan dalam bentuk pelat tipis kemudian ditekuk pada kedua ujungnya sehingga mendapatkan tegangan, dan besarnya regangan dapat diatur dengan memberikan lendutan melalui skrup yang digerakkan dengan ulir seperti pada gambar (1.b) untuk menentukan defleksi y . Dan penelitian ini

menggunakan sampel uji korosi berukuran panjang 12,5 cm, lebar 2 cm dan tebalnya 2 mm (gambar 2) disimpan pada holder spesimen tiga titik pembebanan seperti pada gambar (1.a), gambar (1.b) rancangan bentuk holder dan sampel uji (gambar 2) ditekan seperti pada gambar (1.c) dimasukkan kedalam ruang chamber uji korosi (gambar 3) dengan 2 variasi defleksi seperti pada gambar (1.c) (Nendi Suhendi Syafei, 2016).



Gambar 1. Bentuk holder dan pemasangan spesimen uji.

Penelitian sampel uji korosi (seperti pada gambar 2) yang tersimpan dalam holder (gambar 1.c) diisi larutan asam asetat 250 ml dan 4750 ml aquades seperti ditunjukkan pada gambar 3. Populasi sampel uji korosi setiap variasi waktu terdiri dua buah sampel uji dengan 2 variasi defleksi, dan baik berat sampel uji sebelum diuji korosi dan berat sampel sesudah diuji korosi ditimbang beratnya.



Gambar 2. Sampel uji korosi pelat API 5L-X65 diberi crack awalnya.



Gambar 3. Chamber uji korosi. (tabung berwarna putih berisi gas H_2S dan tabung berwarna hitam berisi CO_2) pada suhu ruang..

Uji tarik adalah uji stress-strain mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya bahwa bahan uji ditarik sampai putus dan biasanya yang menjadi fokus adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban tarik, dan kemampuan/kekuatan tarik maksimum ini umumnya disebut “*Ultimate Tensile Strength (UTS)*”. Perubahan panjang dalam kurva disebut sebagai regangan teknik (ϵ), yang didefinisikan sebagai perubahan panjang yang terjadi akibat perubahan statik (L) terhadap panjang batang mula-mula (L_0). Tegangan yang dihasilkan pada proses ini disebut dengan tegangan teknik (σ), dimana didefinisikan sebagai nilai pembebanan yang terjadi (F) pada suatu luas penampang awal (A_0) seperti gambar 4. Tegangan normal tersebut akibat beban tekan statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

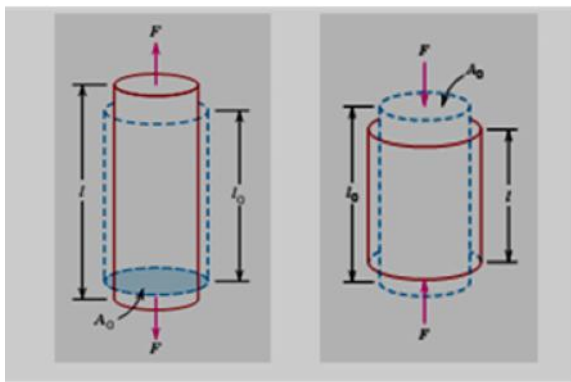
$$= F/A_0 \quad (1)$$

dengan :

= Tegangan normal akibat beban tarik statik (N/mm^2),

F = Beban tarik (N).

A₀ = Luas penampang spesimen mula-mula (mm^2) seperti gambar 3.



Gambar 4 . Prinsip dasar tegangan/stress.(Callister, D. William 2007).

Regangan akibat beban tarik statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$= L/L \quad (2)$$

dengan:

$L = L - L_0$ = Regangan akibat beban tarik statik.

L = Perubahan panjang spesimen akibat beban tarik (mm).

L₀ = Panjang spesimen mula-mula (mm).

Spesimen berbentuk keping datar mempunyai dimensi lebar, panjang, dan ketebalan spesimen biasanya ditentukan,

dan penyangga spesimen sampel uji dikedua ujung ditahan kemudian ditekuk/ditekan dengan sekrup (dilengkapi dengan bola) dimana penyangga pendorong berada ditengah seperti pada gambar (1.a) dan (1.b). Dimensi spesimen sampel yang digunakan dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan, tetapi diperkirakan dimensinya secara proposional. Perhitungan regangan elastik seperti pada persamaan berikut :

$$= 6 E t y/H^2 \quad (3)$$

dengan:

= Tegangan tarik maksimum (N/m^2).

E = modulus elastisitas (N/m^2).

t = ketebalan spesimen (mm)

y = defleksi maksimum (mm).

H= jarak antara penyangga luar (mm) dan defleksi kecil (y / H kurang dari 0,1) seperti ditunjukkan pada gambar (1.a). Spesimen keping datar dengan 25-51 mm (1-2 inci), panjang 127-254 mm (5 - 10 inci) dan ketebalan spesimen uji bahan yang digunakan seperti pada gambar 2.

Data yang diperoleh berdasarkan berat sebelum dan sesudah diuji korosi dari sampel uji, yaitu untuk menghitung laju korosinya. Kemudian sampel uji tersebut diuji menggunakan mikrostruktur, yaitu untuk melihat pola struktur pelat baja karbon. Penelitian ini perlu dikembangkan dengan menggunakan metoda ultrasonik untuk mengetahui panjang crack yaitu berdasarkan pantulan gelombang yang mengenai permukaan plat baja karbon.

Sampel pelat baja karbon API 5L-X65 pada holder dimasukkan kedalam ruang chamber uji korosi, kemudian diisi gas CO₂ hingga kondisi jenuh lalu diisi gas H₂S selama 10 menit. Data perhitungan laju

korosi sampel uji dalam ruang chamber diisi gas H₂S selama 10 menit dengan variasi waktu paparan 720 jam, 1080 jam, 1440 jam dengan defleksi 0,5 cm, 1,0 cm 1,5 cm seperti pada tabel 1 dan data perhitungan regangan seperti pada tabel 2. Tabel 3 data grafik laju korosi terhadap dalamnya crack, dan tabel 4 data grafik dalamnya crack terhadap regangan menggunakan persamaan (3) diperoleh seperti pada tabel 1.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian.

Tabel 1. Data perhitungan laju korosi sampel uji.

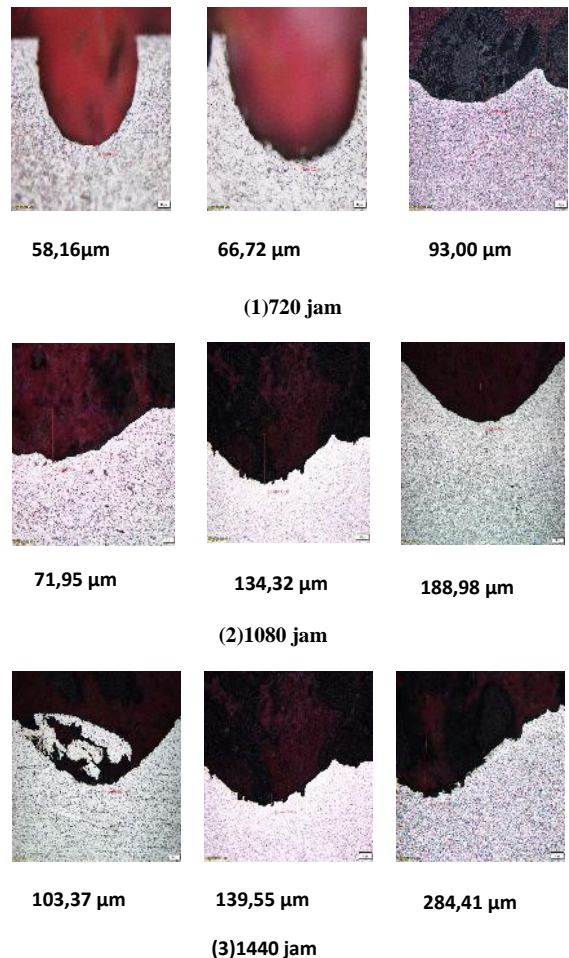
No.	Waktu (jam)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm ²)	M awal (gr)	M akhir (gr)	Beda M (mgr)	Laju Korosi (mmpy)
1	720	12.48	2.305	2.3	28.7664	45.86	41.7	4160	14.83141492
	720	12.5	2.3	2.25	28.75	44.98	41.6	3380	27.70110052
	720	12.515	2.21	2.5	27.65815	46.03	42.05	3980	41.13520866
2	1080	12.5	2.405	2.1	30.0625	47.71	44.55	3160	28.38396103
	1080	12.495	2.36	2.5	29.4882	46.19	44.31	1880	61.20837733
	1080	12.52	2.33	2	29.1716	44.51	44	510	117.0032262
3	1440	12.52	2.3	2.25	28.796	45.94	42.5	3440	39.50978509
	1440	12.202	2.285	2.5	27.88157	45.43	43.35	2080	57.87351066
	1440	12.49	2.3	2.3	28.7664	45.66	45.3	360	118.8140535

Tabel 2. Data perhitungan tegangan .

No	E (N/m ²)	t (m)	y (m)	H (m)	H ² (m ²)	(N/m ²)
1	2.05E+11	0.0015	0.005	0.097	0.009409	980444255.5
2	2.05E+11	0.0015	0.01	0.097	0.009409	1960888511
3	2.05E+11	0.0015	0.015	0.097	0.009409	2941332767

Tabel 3. Data grafik laju korosi terhadap dalamnya crack sampel uji.

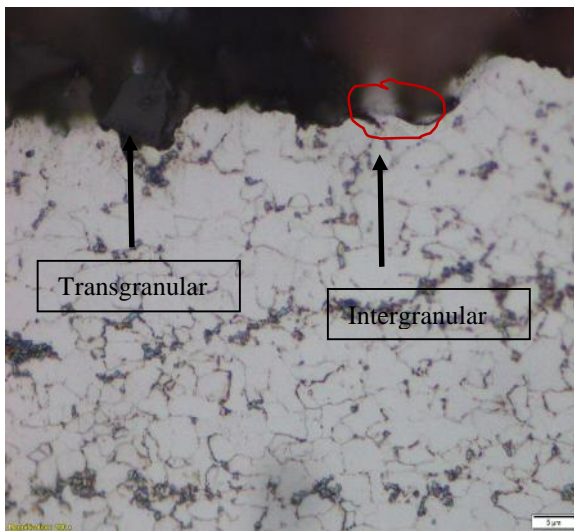
No.	Laju Korosi (mmpy)	Dalamnya Crack (µm)
1	14.83141492	58.16
	27.70110052	66.72
	41.13520866	93
2	28.38396103	71.95
	61.20837733	134.32
	117.0032262	188.98
3	39.50978509	103.37
	57.87351066	139.55
	118.8140535	284.41



Gambar 4. Hasil uji mikrostruktur dalamnya crack (1)720 jam, (b)1080 jam dan (c)1440 jam untuk variasi defleksi 0,5 cm, 1,0 cm dan 1,5 cm.

Tabel 4. Data Grafik dalamnya crack terhadap defleksi.

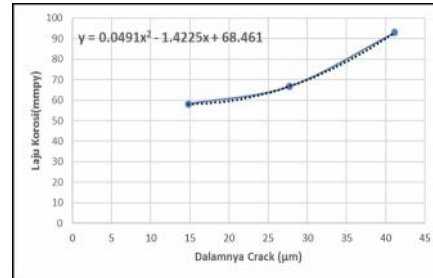
No.	Dalamnya Crack(μm)	Defleksi y (cm)
1	58.16	0.5
	66.72	1
	93	1.5
2	71.95	0.5
	134.32	1
	188.98	1.5
3	103.37	0.5
	139.55	1
	284.41	1.5



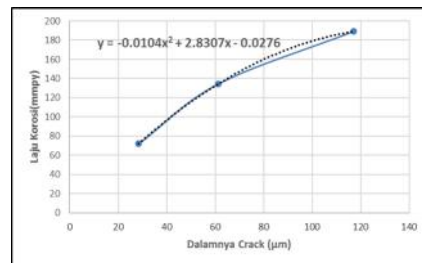
Gambar 5. Hasil mikrostruktur terjadi korosi retak tegangan transgranular dan intergranular.

Grafik laju korosi terhadap dalamnya crack berdasarkan tabel 3 ditunjukkan pada gambar 6. Dan grafik

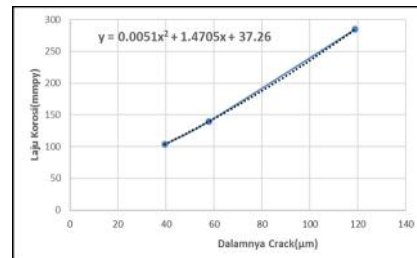
dalamnya crack terhadap defleksi y berdasarkan tabel 4 ditunjukkan pada gambar 7.



(1)Waktu paparan 720 jam.

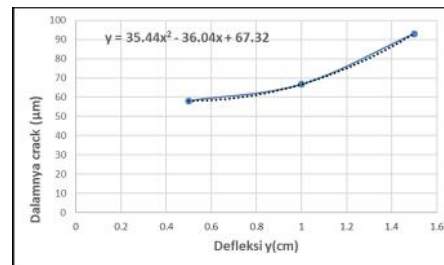


(2)Waktu paparan 1080 jam.

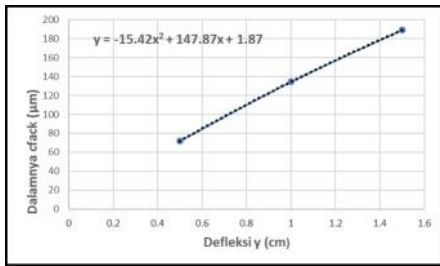


(3)Waktu paparan 1440 jam.

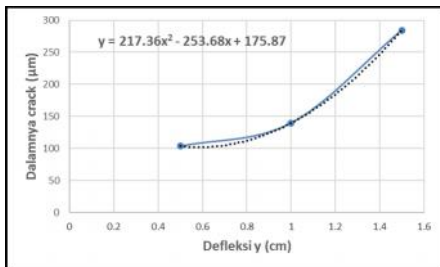
Gambar 6. Grafik laju korosi (mmpy) terhadap dalamnya crack (μm).



(1) Waktu paparan 720 jam/



(2) Waktu paparan 1080 jam.



(3) Waktu paparan 1440 jam.

Gambar 7. Grafik dalamnya crack (μm) terhadap defleksi (cm).

Tabel 5. Laju korosi dan dalamnya crack untuk defleksi yang sama dengan variasi waktu paparan.

No.	Waktu Paparan (jam)	Defleksi (cm)	Laju Korosi (mmpy)	Dalamnya Crack (μm)
1	720	0.5	14.83141492	58.16
	1080	0.5	28.38396103	71.95
	1440	0.5	39.50978509	103.37
2	720	1	27.70110052	66.72
	1080	1	61.20837733	134.32
	1440	1	57.87351066	139.55
3	720	1.5	41.13520866	93
	1080	1.5	117.0032262	188.98
	1440	1.5	118.8140535	284.41

2. Pembahasan.

Berdasarkan dari tabel 1, tabel 2, tabel 4 bahwa laju korosi akan meningkat dengan semakin besar tegangan dikarenakan defleksi y semakin besar seperti terlihat pada

gambar 7. Dan berdasarkan tabel 3 bahwa laju korosi semakin meningkat dan dalamnya crack semakin besar seperti ditunjukkan pada gambar 6.

Berdasarkan mikrostruktur seperti pada gambar 4 untuk waktu paparan yang sama dengan variasi defleksi bahwa dalamnya crack akan semakin besar, yaitu sampel uji dengan semakin besar defleksi yang diberikan maka tegangannya semakin besar.

Berdasarkan mikrostruktur seperti ditunjukkan pada gambar 5, bahwa sampel uji dalam larutan 250 ml asam asetat dan 4750 ml aquades kondisi gas CO_2 dan H_2S (gambar 3) dalam keadaan jenuh terjadi peristiwa korosi retak tegangan yaitu transgranular dan intergranular.

Berdasarkan tabel 5 bahwa laju korosi dan dalamnya crack akan semakin besar untuk defleksi yang sama dengan variasi waktu paparan

KESIMPULAN

Bahwa sampel uji dari pelat baja karbon API 5L-X65 berada dalam larutan 250 ml asam asetat dan 4750 ml aquades dalam kondisi gas CO_2 dan H_2S jenuh, berdasarkan hasil uji mikrostruktur terjadi peristiwa korosi retak tegangan transgranular dan intergranular. Laju korosi dan dalamnya crack yang terjadi semakin besar defleksi yang diberikan (berarti tegangan yang diberikan semakin besar) untuk waktu paparan yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nendi Suhendi-Sri Suryaningsih-Otong Nurhilal. (Nopember 2014), "Kajian Korosi Retak Tegangan akibat sweet gas (H_2S dan CO_2) pada Pipa Baja

- Karbon”, FMIPA Universitas Padjadjaran.
- [2] Nendi Suhendi Syafei, Sri Suyaningsih, Otong Nurhilal, Febi Luthfiani.(Ed. Nov 2015), “Analisa Regangan (Stress) Pada Pipa Baja Karbon API 5L GradeB Terhadap Laju Korosi Dalam Larutan NaCl dan Asam Asetat”. Jurnal Fisika Indonesia No. 56 Vol. XIX ISSN 1410-2994.
- [3] Nendi Suhendi Syafei-Zaida-Liu Kin Men.(Desember 2016). “Kajian Korosi Retak Tegangan akibat sweet gas (H_2S dan CO_2) pada pipa baa karbon API 5L-X65 terhadap Laju Korosi dalam Larutan Asam Asetat dan Dianalisis dengan Metoda Ultrasonik”, Program Studi Teknik elektro FMIPA Universitas Padjadjaran.
- [4] Nendi Suhendi Syafei - Darmawan Hidayat - Bernard Y Tumbelaka – Zaida - Liu Kin Men. (4 Februari 2017), “Analisa Laju Korosi pada Pipa Baja Karbon API 5L-X65 dengan Metoda Pembebanan Tiga Titik pada Lingkungan Gas H_2S Kondisi Jenuh CO_2 dalam Larutan Asam Asetat”, Prosiding Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri, ITN Malang, hal. D12.1-D12.5, ISSN 2085-4218.
- [5] Nendi Suhendi Syafei, Darmawan Hidayat, Dessy Novita, Bernard Y Tumbelaka, Pengujian Kekerasan dan Uji Tarik Untuk Menentukan Koefisien Pengerasan n Suatu Bahan API 5L-X65, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXXI HFI Jateng & DIY, Yogyakarta 18 Maret 2017 ISSN : 0853-0823.
- [6] Nendi Suhendi Syafei-Darmawan Hidayat-Bernard Y Tumbelaka-Muhammad taufik. (9 mei 2017), “Karakteristik Pipa Baja Karbon API 5L-X65 dengan Metoda Pembebanan Tiga Titik pada Lingkungan Gas H_2S Kondisi Jenuh CO_2 dalam Larutan Asam Asetat”, Prosiding Seminar Nasional Energi dan Teknologi (Seinergi) Unisma Bekasi, hal.33-39, ISSN:2527-3108.
- [7] O. I. Zvirko , S. F. Savula , V. M. Tsependa , G. Gabetta , H. M. Nykyforchyn. (2016), “Stress corrosion cracking of gas pipeline steels of different strength”, 21st European Conference on Fracture, ECF21, 20-24 June 2016, Catania, Italy. Procedia Structural Integrity 2 509–516.
- [8] Martin Monnota, Ricardo P. Nogueira, Virginie Roche, Grégory Berthomé, Eric Chauveau, Rafael Estevez, Marc Mantel.(2017). “Sulfide stress corrosion study of a super martensitic stainless steel in H_2S sour environments: Metallic sulfides formation and hydrogen embrittlement”, Applied Surface Science 394 132–141.