

SINERGISME KONSENTRASI NaCl DAN UKURAN PARTIKEL TERHADAP KOROSI EROSI PADA BAJA KARBON RENDAH

Somawardi
somawardi_haf@yahoo.com
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

ABSTRAK

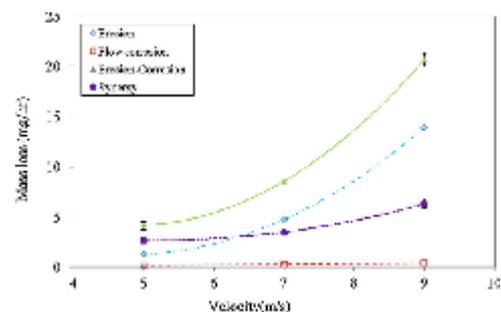
Korosi erosi merupakan salah satu kerusakan yang sering terjadi pada sistem perpipaan akibat adanya pergerakan relatif fluida korosif dengan permukaan logam. Konsentrasi NaCl sangat mempengaruhi laju korosi pada suatu material. Kecepatan fluida yang relatif tinggi dan mengandung partikel akan menyebabkan erosi, dan kecepatan fluida yang relatif lambat akan menimbulkan korosi saja. Hanya pada kecepatan tertentu (kecepatan kritis) korosi erosi dapat terjadi. Laju kerusakan yang diakibatkan oleh sinergi antara korosi dan erosi lebih besar dibandingkan dengan kerusakan oleh korosi saja atau erosi saja. Kerusakan permukaan hasil pengujian diamati dengan kamera makro dan mikroskop stereo. Cross section diamati dengan mikroskop optik Kontur permukaan diukur dengan dial gauge. Distribusi tegangan geser pada permukaan spesimen disimulasikan dengan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Hasil pengujian mengindikasikan konsentrasi NaCl 3.5% memiliki kelarutan oksigen yang optimal dibandingkan dengan konsentrasi NaCl 5%, kelarutan oksigen yang optimal ini mengakibatkan proses terjadinya autokatalitik oleh ion Cl⁻ menjadi optimal. Kondisi kerusakan permukaan benda kerja pada pengujian dengan konsentrasi NaCl 3.5 % lebih dominan dibandingkan dengan konsentrasi NaCl 5%. Pengujian menggunakan partikel lebih besar akan mengakibatkan peningkatan *weight loss*. Hal ini disebabkan partikel yang lebih besar memiliki inersia yang lebih besar sehingga mengalami hambatan yang lebih kecil pada saat sebelum terjadi impact. Peristiwa ini menyebabkan efisiensi benturan (*collision efficiency*) tetap tinggi. Efisiensi benturan yang besar akan menghasilkan energi kinetik yang besar.

Kata Kunci : korosi-erosi; kecepatan; baja karbon rendah; liquid jet impingement.

I. Pendahuluan

Salah satu jenis korosi yang banyak ditemukan pada sistem perpipaan adalah korosi erosi. Korosi erosi adalah kerusakan pada material logam (pipa) akibat adanya pergerakan relatif fluida korosif dengan permukaan logam. Kecepatan fluida yang relatif tinggi dan mengandung partikel akan menyebabkan erosi, dan kecepatan fluida yang relatif lambat akan menimbulkan korosi saja. Hanya pada kecepatan tertentu (kecepatan kritis) korosi erosi dapat terjadi. Laju kerusakan yang diakibatkan oleh sinergi antara korosi dan erosi lebih besar dibandingkan dengan kerusakan oleh korosi saja atau erosi saja. Dengan adanya penelitian ini akan lebih memperlihatkan pengaruh kecepatan fluida terhadap terjadinya korosi erosi untuk menentukan kecepatan kritis yang terjadi.

Kecepatan kritis ditentukan oleh media fluida, partikel dan sifat logamnya. Penelitian yang dilakukan oleh S.S. Rajahram, T.J. Harvey, R.J.K.Wood [1] dengan melakukan pengujian untuk material UNS S31603 didapatkan adanya peningkatan *weight loss* yang dialami oleh benda kerja dengan peningkatannya kecepatan setelah 5 m/s (gambar 1).



Gambar 1 Pengaruh kecepatan terhadap mass loss [1]

Gambar tersebut juga menunjukkan hasil yang diperoleh untuk total erosi-korosi (T) dan komponen-komponennya (E, C dan S). Semua komponen termasuk erosi, aliran korosi, sinergi dan erosi-korosi meningkat seiring dengan kecepatan fluida meningkat. Sebuah kemungkinan yang dapat dijelaskan untuk hal ini adalah bahwa pada kecepatan rendah, meskipun partikel padat berhasil merusak lapisan pasif, tidak semua partikel padat berhasil menghapus lapisan tersebut, oleh sebab itu efek sinergis yang terjadi lebih tinggi dibandingkan erosi. Pada kecepatan yang lebih tinggi ada energi kinetik yang cukup untuk merusak material oleh impact partikel padat sehingga laju korosi-erosi yang terjadi lebih didominasi oleh aspek mekanik dari proses erosi.

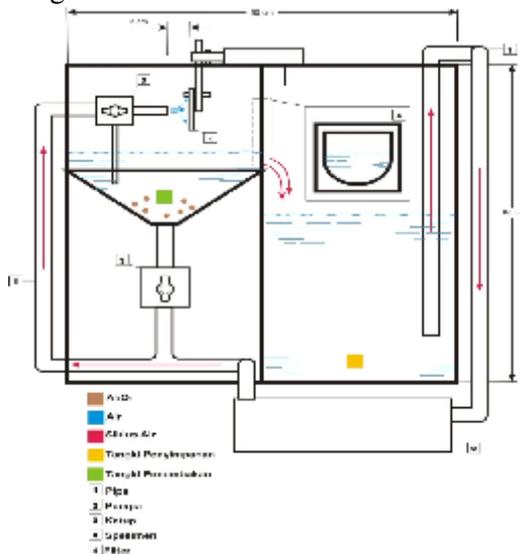
Y. G. Zheng; 2007 [2] menemukan bahwa kecepatan kritis untuk 3C carbon steel dan baja paduan rendah 10CrMoAl adalah 3 sampai 4 m/s pada fluida 2,4% NaCl.

II. Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, beberapa tahapan proses dirancang untuk mendapatkan hasil penelitian yang ilmiah. Tahapan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

2.1. Persiapan Alat Uji

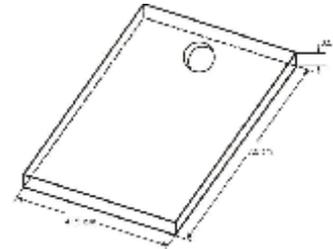
Pembuatan alat uji spesimen mempergunakan prinsip liquid jet impingement yang sering digunakan peneliti lain dalam menganalisa fenomena kerusakan korosi erosi.



Gambar 2. Alat uji korosi erosi

2.2. Persiapan Spesimen

Material uji yang akan digunakan sebagai spesimen adalah baja karbon rendah (St 37) berbentuk kotak yang telah diproses milling, drilling dan grinding. Dimensi spesimen 75 mm x 45 mm x 4,5 mm. Pada tahap ini spesimen baja karbon rendah St 37 yang permukaannya telah digerinda dicuci menggunakan H₂O dan aseton. Setelah kering diukur massanya dengan menggunakan neraca digital.



Gambar 3. Spesimen uji korosi erosi

2.3. Pengujian dan Pengambilan Data

Adapun tahapan proses pengujian dan pengambilan data yang dilakukan sebagai berikut :

2.4.1. Persiapan parameter uji

Sebelum dilakukan pengujian, disiapkan parameter yang akan dipergunakan untuk pengujian, seperti penentuan kecepatan fluida, diameter partikel dan konsentrasi NaCl yang bervariasi

Tabel 1. Parameter proses pengujian

No	Kecepatan Fluida (m/s)	Konsentrasi NaCl (%)	Diameter Partikel (µm)
1	2,1	3,5	30
2		5	30
3	2,1	3,5	100
4		5	100
5	4,42	3,5	30
6		5	30
7	4,42	3,5	100
8		5	100
9	6,63	3,5	30
10		5	30
11	6,63	3,5	100
12		5	100

2.4.2. Proses pengujian

Proses pengujian dilakukan pada 12 benda kerja yang telah dipersiapkan dengan menyemprotkan fluida yang sudah dicampur dengan NaCl dan partikel dengan sudut impact antara fluida yang mengalir sebesar 900 terhadap benda kerja.

2.4.3. Proses Pickling

Proses pickling ialah proses menghilangkan scale atau produk korosi yang terbentuk selama pengujian. Larutan yang dipergunakan adalah HCl 1000 mL; 20gr Sb₂O₃ & 50gr SnCl₂. Proses pickling dilakukan untuk menentukan kehilangan berat (*weight loss*) akibat fenomena erosi-korosi tersebut dapat ditentukan.

2.4.4. Proses Penimbangan

Untuk mengetahui *weight loss* yang terjadi pada benda kerja setelah proses pengujian, dilakukan penimbangan specimen sebelum dan sesudah proses pengujian. Proses penimbangan dilakukan menggunakan neraca digital yang memiliki kecermatan 10⁻⁴ g.

2.4.5. Proses Pemeriksaan Permukaan

Pemeriksaan permukaan benda kerja dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh adanya variasi kecepatan, konsentrasi NaCl dan partikel terhadap bentuk pola aliran dan tegangan geser. Pemeriksaan kerusakan dilakukan secara makro dengan menggunakan kamera dan pemeriksaan secara detail dengan menggunakan mikroskop stereo dengan pembesaran 40 kali. Spesimen dipotong dengan arah sumbu x dan arah sumbu y kemudian diampelas sampai grid 2000. Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik.

2.4. Pengolahan dan Analisa Data

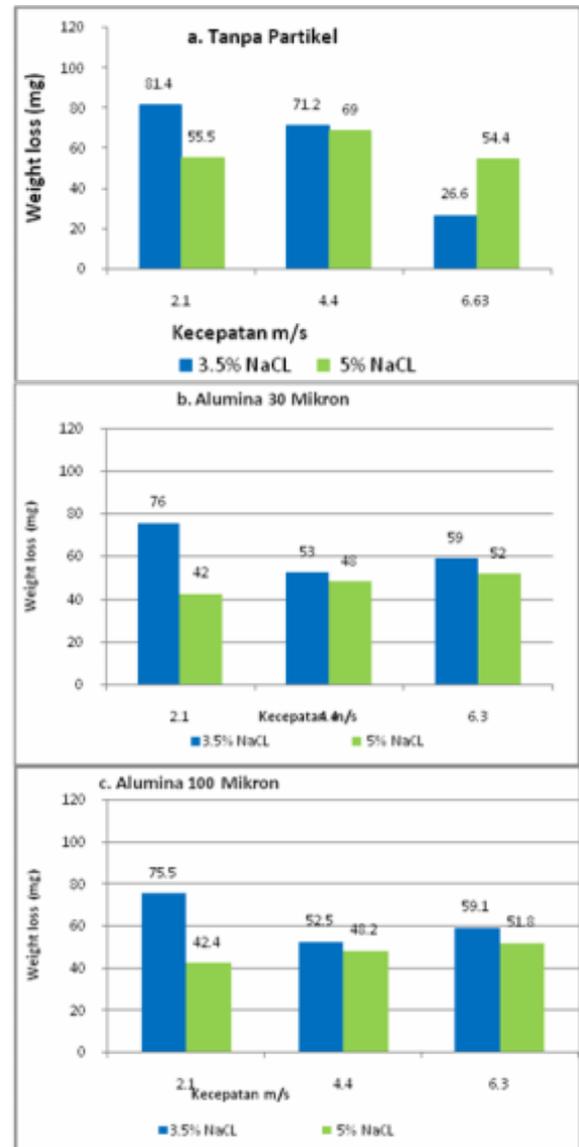
Tahap akhir dalam penelitian ini adalah pengolahan data menggunakan statistik yang selanjutnya dibandingkan dengan hasil distribusi tegangan geser pada permukaan specimen yang disimulasikan dengan Computational Fluid Dynamics (CFD)

III. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Ukuran Partikel dan Konsentrasi NaCl terhadap *Weight loss*

Pengaruh konsentrasi NaCl dan kecepatan terhadap *weight loss* akibat kerusakan korosi erosi yang terjadi pada masing-masing

konsentrasi fluida ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 4 a,b dan c. Grafik pengaruh konsentrasi NaCl dan ukuran partikel terhadap *weight loss*

Pada pengujian tanpa menggunakan partikel, penurunan *weight loss* lebih dominan dibandingkan dengan pengujian menggunakan partikel. Hal ini menunjukkan bahwa proses korosi lebih mendominasi penyebab penurunan *weight loss* benda uji. Pada alumina yang lebih besar akan mengalami *weight loss* yang besar pula. Ukuran partikel yang lebih besar akan membawa pengaruh kerusakan yang lebih besar. Hal ini disebabkan partikel yang lebih besar memiliki inersia yang lebih besar sehingga mengalami hambatan yang lebih kecil pada saat sebelum terjadi impact. Peristiwa ini menyebabkan efisiensi benturan (*collision efficiency*) tetap tinggi. Efisiensi benturan yang besar akan menghasilkan energi kinetik yang besar. Pada partikel yang berukuran kecil,

hambatan yang dialami sebelum impak terjadi meningkat secara signifikan karena inersia yang kecil. Hal ini menyebabkan efisiensi benturan menurun sehingga energi kinetik dan laju erosi yang dihasilkan rendah.

Dari gambar 4. b dan c dapat dijelaskan, dengan konsentrasi NaCl 3.5% di kecepatan 2 memiliki laju korosi yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan NaCl 5%, hal ini disebabkan pada konsentrasi NaCl 3.5% memiliki kelarutan oksigen yang optimal dibandingkan dengan konsentrasi NaCl 5%, kelarutan oksigen yang optimal ini mengakibatkan proses terjadinya autokatalitik oleh ion Cl⁻ menjadi optimal. Pada kecepatan 4 supply oksigen untuk masing-masing konsentrasi meningkat, akan tetapi di sisi lain meningkatnya kecepatan juga dapat mengakibatkan ion Cl⁻ yang menjadi penyebab terjadinya auto katalitik ikut terbawa oleh aliran fluida.

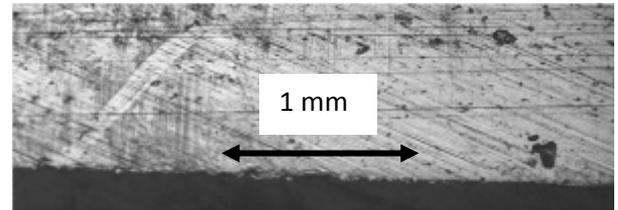
Pada konsentrasi NaCl 3.5% memiliki kelarutan oksigen yang tinggi akan tetapi pada kecepatan tinggi, ion Cl⁻ yang konsentrasinya lebih rendah bila dibandingkan dengan konsentrasi NaCl 5% semakin berkurang akibat ikut terbawa oleh aliran fluida, hal inilah yang menyebabkan laju korosi di konsentrasi NaCl 5% cenderung turun. Jika kecepatan fluida makin tinggi maka erosi yang akan lebih dominan.

Pada kecepatan rendah lebih dominan terjadinya peristiwa korosi dibandingkan erosi. Peristiwa auto katalitik lebih dominan terjadi pada kecepatan rendah yang disebabkan kelarutan oksigen pada kecepatan tersebut lebih optimal. Namun pada kecepatan yang lebih tinggi yaitu pada kecepatan 6,63, *weight loss* yang dialami benda kerja lebih besar dari dua kecepatan sebelumnya. Hal ini mengindikasikan bahwa pada kecepatan tinggi peristiwa erosi lebih dominan dibandingkan korosi.

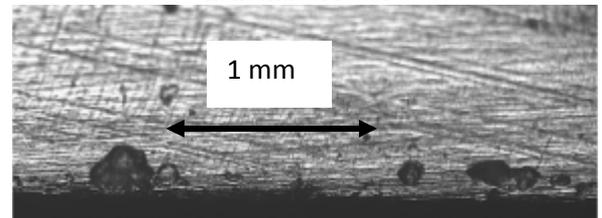
3.2. Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Permukaan Cross Section benda kerja

Adanya NaCl didalam fluida yang mengalir akan mempengaruhi terjadinya peristiwa korosi erosi, seperti yang diperlihatkan gambar dibawah. Pada gambar 5 menunjukkan foto *cross section* untuk pengujian tanpa menggunakan NaCl dan gambar 6 menggambarkan foto *cross section* dengan 3.5% NaCl. Dari gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa pada benda kerja dengan

pengujian menggunakan NaCl 3.5% mengalami kerusakan yang lebih parah. Hal ini disebabkan oleh adanya ion Cl⁻ yang mengakibatkan terjadinya peristiwa auto catalytic.



Gambar 5 Foto *cross section* benda kerja tanpa konsentrasi NaCl

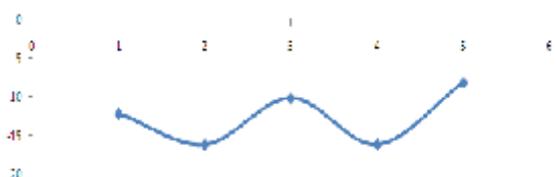


Gambar 6 Foto *cross section* benda kerja dengan konsentrasi 3.5 % NaCl

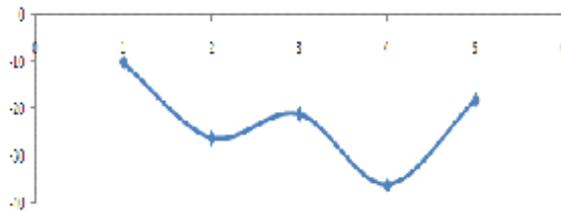
Hasil foto *cross section* ini juga dapat dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan menggunakan dial indicator untuk melihat penyimpangan benda kerja secara umum pada arah sumbu x dan y.

Gambar 7 dan 8 menunjukkan adanya perbedaan penyimpangan yang dialami benda kerja jika pada proses pengujian ditambahkan NaCl. Penipisan benda kerja yang ditampilkan pada gambar 7 menunjukkan penyimpangan yang terjadi lebih besar. Hal ini disebabkan oleh adanya ion Cl⁻ yang mengakibatkan terjadinya peristiwa auto catalytic.

Dari gambar dibawah juga dapat dijelaskan bahwa pada titik pengukuran 2 dan 4 mengalami penyimpangan yang lebih besar dibandingkan titik pengukuran no 3. Kondisi ini disebabkan karena pada saat fluida mengenai benda kerja, posisi 3 menerima beban normal, sedangkan posisi no 2 dan 4 mengalami beban geser. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tegangan geser akan menyebabkan kondisi kerusakan yang lebih parah dibandingkan tegangan normal. Tegangan geser akan menyebabkan adanya pengikisan benda kerja yang memudahkan terjadinya sinergisme proses korosi erosi.



Gambar 7 Penyimpangan benda kerja sumbu x pada pengujian tanpa konsentrasi NaCl

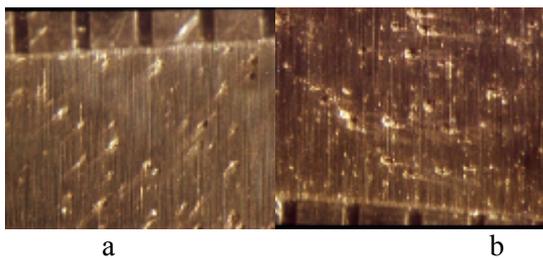


Gambar 8 Penyimpangan benda kerja sumbu x pada pengujian konsentrasi 3.5 % NaCl

3.3. Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Permukaan Benda Kerja

Konsentrasi NaCl 3.5% memiliki kelarutan oksigen yang optimal dibandingkan dengan konsentrasi NaCl 5%, kelarutan oksigen yang optimal ini mengakibatkan proses terjadinya autokatalitik oleh ion Cl^- menjadi optimal. Kondisi kerusakan permukaan benda kerja pada pengujian dengan konsentrasi NaCl 3.5 % lebih dominan dibandingkan dengan konsentrasi NaCl 5%. Hal ini juga sebanding dengan grafik weigh loss yang ditampilkan pada gambar 4 dimana *weight loss* yang dihasilkan pada pengujian dengan konsentrasi NaCl 3.5 % lebih besar.

Hal ini disebabkan oleh pengaruh dari oksigen terlarut dan konduktivitas dari larutan NaCl. Pada kondisi fluida diam, larutan NaCl 3,5 % memberikan efek korosifitas paling tinggi. Semakin naik kecepatan maka supply oksigen akan semakin banyak dan memberikan peluang terjadinya korosi menjadi semakin besar tetapi akan berpengaruh juga pada terbawanya spesi agresif oleh aliran fluida.



Gambar 9 Permukaan benda kerja hasil uji dengan konsentrasi a. NaCl 5% dan b. NaCl 3.5 %, dengan Alumina 30 mikron dan Kecepatan 2,1 m/s

IV. Kesimpulan

Konsentrasi NaCl 3.5% memiliki kelarutan oksigen yang optimal dibandingkan dengan konsentrasi NaCl 5%, kelarutan oksigen yang optimal ini mengakibatkan proses terjadinya autokatalitik oleh ion Cl^- menjadi optimal. Kondisi kerusakan permukaan benda kerja pada pengujian dengan konsentrasi NaCl 3.5 % lebih dominan dibandingkan dengan konsentrasi NaCl 5%. Hal ini juga sebanding dengan grafik weigh loss

Pada alumina yang lebih besar akan mengalami *weight loss* yang besar pula. Ukuran partikel yang lebih besar akan membawa pengaruh kerusakan yang lebih besar. Hal ini disebabkan partikel yang lebih besar memiliki inersia yang lebih besar sehingga mengalami hambatan yang lebih kecil pada saat sebelum terjadi impak. Peristiwa ini menyebabkan efisiensi benturan (*collision efficiency*) tetap tinggi. Efisiensi benturan yang besar akan menghasilkan energi kinetik yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Rajahram S.S., Harvey T.J., Wood R.J.K. (2008) : *Evaluation of a semi-empirical model in predicting erosion-corrosion*, University of Southampton, Highfield, Southampton SO17 1BJ, Hampshire, UK.
- [2]. Zheng Y.G., H. Yu, S.L. Jiang, Z.M. Yao. (2007) : *Effect of the sea mud on erosion-corrosion behaviors of carbon steel and low alloy steel in 2.4% NaCl solution*, Environmental Corrosion Center, Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, PR China.
- [3]. Widyanto, Bambang, (2008) : *Slide Kuliah Teknik Pengendalian Korosi*, Institut Teknologi Bandung,