

PENGARUH PERLAKUAN MEDIA PENDINGINAN TERHADAP KOROSI BAJA COR ACI CF-8M DALAM LINGKUNGAN ASAM SULFAT

Agus Solehudin^{*)} Asep Lukman Koswara^{**)}

Intisari

ACI CF-8M adalah baja cor paduan tinggi Fe(CrNi) untuk aplikasi media korosif dibawah suhu 650°C. Karena ketahanan korosinya maka baja cor tersebut banyak digunakan sebagai komponen yang kontak langsung maupun tidak dalam lingkungan korosif, seperti sebagai impeller atau rumah impeller pompa sentrifugal. Metode percobaan uji korosi dilakukan dengan metode polarisasi linier. Tiga jenis bahan uji yaitu bahan uii tanpa perlakuan panas, perlakuan panas dengan pencelupan dalam air (quenching), perlakuan panas dengan pendinginan udara (normalizing) dilakukan proses korosi dalam larutan 1 N larutan asam sulfat dalam keadaan stagnan dan suhu kamar. Dilakukan pengukuran pH awal dan pH akhir dengan pH meter digital. Benda uji berupa elektroda kerja dari baja cor tahan karat tipe ACI CF-8M dengan komposisi kimia sebagai berikut : 0,06%C, 0,6%Mn, 0,013%P, 0,005%S, 17,65%Cr, 9,6%Ni, 2,7%Mo dan sisa Fe. Berdasarkan analisis kurva polarisasi dari ketiga bahan uji tersebut, maka bahan uji yang memiliki pasivasi (lapisan film) yang paling stabil adalah bahan uji yang mendapat perlakuan panas dengan pencelupan dalam air (quenching). Sehingga disimpulkan bahwa baja cor tahan karat ACI CF-8M yang mendapat perlakuan panas dengan pencelupan dalam air (quenching). memiliki ketahanan korosi yang paling baik.

Kata kunci : Baja cor, polarisasi, lapisan pasif, korosi, asam sulfat.

Abstract

ACI CF-8M is the high alloys cast steel of Fe(CrNi) for applications in corrosive environment under temperature of 650°C. Cast steel is applied as many components that direct and indirect contact in corrosive environment. Among them is used as a centrifugal pump impeller or centrifugal pump impeller home. The method of corrosion test was conducted with the linier polarization method on the three types of materials test. They were treated by water quenching, air normalizing and without solution treatment. They were immersed in 1N of acid sulphate solution under room temperature. The measurement of pH was done early and final with a digital pH meter. Test objects such as working electrode of stainless steel cast of ACI CF-8M type with chemical composition as follows: 0.06% C, 0.6% Mn, 0.013% P, 0.005% S, 17.65% Cr, 9.6 % Ni, 2.7% Mo and the remainder of Fe. Based on the analysis of polarization curve of the tests, the material that has film coating was the most stable material that had been water quench treated. It could be then concluded that stainless cast steel of ACI CF-8M with the condition of solution treatment followed by quench water, corrosion resistance was superior.

Keyword : cast steel, polarization curve, passive film, corrosion, sulfate acid

PENDAHULUAN

ACI CF-8M adalah baja cor paduan tinggi Fe(CrNi) untuk digunakan pada media korosif dibawah temperature 650°C karena adanya

pasivasi¹⁾. Karena ketahanan korosinya tersebut maka baja cor ini banyak diaplikasikan sebagai komponen yang kontak langsung maupun yang tidak kontak langsung dalam lingkungan agresif. Diantaranya digunakan sebagai *impeller* pompa

^{*)} Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FPTK UPI, Jl. Setiabudi 229 Bandung

^{**)} Kandidat Peneliti Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T), Deperindag,

Jl. Sangkuriang 14 Bandung

sentrifugal, rumah *impeller* pompa sentrifugal, dan lain-lain.

Melalui perlakuan panas yang tepat akan membuat baja cor tahan terhadap serangan korosi dalam lingkungan agresif. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan percobaan untuk kondisi perlakuan panas yang diikuti pendinginan dalam udara (*normalizing*) dan perlakuan panas yang diikuti pencelupan dalam air (*quenching*) serta tanpa perlakuan panas, pada media korosif yang sama yakni dalam larutan asam sulfat.

Korosi adalah kerusakan suatu material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan disekelilingnya. Jadi korosi merupakan sistem termodinamika logam dengan lingkungan, yang berusaha mencapai kesetimbangan. Daya tahan korosi logam atau paduan tergantung pada beberapa faktor seperti struktur mikro dan lingkungan korosif. Perbedaan struktur mikro dapat disebabkan oleh adanya factor perbedaan *solution treatment* ²⁾.

Pengujian korosi logam atau paduan dapat dilakukan dengan metode kurva polarisasi linier. Pinsipnya adalah jika anaoda dan katoda yang ada dalam suatu elektrolit terhubung singkat, maka reaksi-reaksi anodic dan katodik akan berlangsung dan system sel elektrokimia akan keluar dari kesetimbangan. Jika sel elektrokimia tidak lagi dalam keadaan kesetimbangan, maka potensial kedua elektroda pun akan bergeser dari potensial termodinamikanya. Peristiwa bergesernya potensial elektroda dari potensial kesetimbangannya inilah disebut sebagai polarisasi ²⁾.

Hasil dari pengujian korosi dengan metode kurva polarisasi linier akan menghasilkan suatu kurva polarisasi yakni kurva antara potensial terhadap rapat arus ($\log i$). Dari kurva polarisasi bias dihitung laju korosi dengan menentukan rapat arus pertukaran untuk system logam elektrolit. Laju korosi (r) dalam satuan mils per year (miliinchi per tahun) dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini ²⁾:

$$r = 0,1279 \frac{ai}{nD} \text{ (mpy)}$$

Dimana a adalah berat atom logam yang terkorosi (gram/mol), i adalah rapat arus korosi (micron amper/cm²), n adalah jumlah electron per mol yang

terlibat, dan D adalah berat jenis logam yang terkorosi (gr/cm³). Selain laju korosinya, kecenderungan logam untuk mengalami salah satu bentuk serangan korosi juga dapat diramalkan dari bentuk kurva polarisasinya. Berdasarkan kurva polarisasi tersebut dapat dilihat apakah logam atau paduan tersebut mengalami korosi merata, pasivasi, atau mengalami keduanya.

METODE PENELITIAN

Benda uji berupa elektroda kerja dari baja cor tahan karat tipe ACI CF-8M dengan komposisi kimia sebagai berikut : 0,06%C, 0,6%Mn, 0,013%P, 0,005%S, 17,65%Cr, 9,6%Ni, 2,7%Mo dan sisa Fe. Sebelum dilakukan pengujian korosi sebagian benda uji dikenai proses perlakuan panas sebagai berikut :

No. Uji	Dimensi (cm)	Waktu Penahanan	Suhu Pemanasan	Media Pendingin
1	1 x 1	-	-	-
2	0,95 x 1	1 jam	1100 °C	Dicelupkan ke dalam air
3	0,9 x 1	1 jam	1100 °C	Didinginkan di udara

Percobaan korosi dilakukan pada dalam keadaan stagnan dalam larutan asam sulfat 1 N pada suhu kamar. Dilakukan pengukuran pH awal dan pH akhir dengan pH meter digital. Kurva polarisasi yang didapat dari uji korosi tersebut adalah kurva polarisasi dari bahan uji tanpa perlakuan panas, bahan uji yang mengalami perlakuan panas yang diikuti pencelupan dalam air (*quenching*) dan bahan uji yang mengalami perlakuan panas yang diikuti pendinginan di udara (*normalizing*).

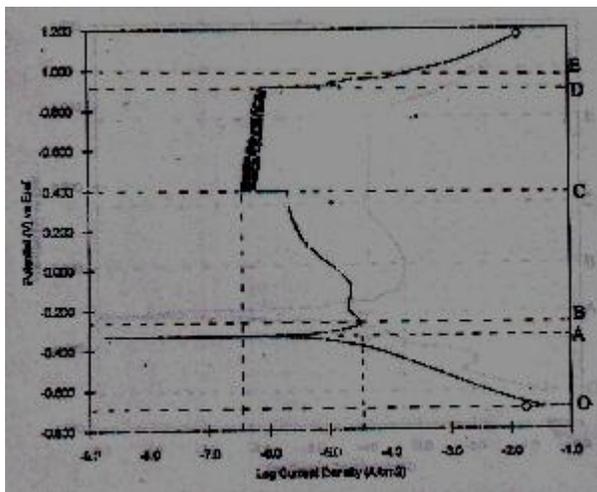
HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

Kurva polarisasi anodik untuk bahan uji (baja cor tahan karat ACI CF-8M) hasil percobaan dapat dilihat pada gambar 1, 2 dan 3. Kurva polarisasi tersebut dibagi menjadi beberapa daerah. Daerah OA adalah daerah pembentukan hidrogen, indikasinya adalah terbentuknya gelembung-gelembung gas pada saat reaksi berlangsung. Daerah A-B adalah daerah aktif dimana terjadi pelarutan logam. Pada daerah ini belum atau tidak terbentuk lapisan pasif, hubungan potensial

*) Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FPTK UPI, Jl. Setiabudi 229 Bandung

***) Kandidat Peneliti Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T), Deperindag, Jl. Sangkuriang 14 Bandung

dengan rapat arus akan mengikuti persamaan tafel²⁾. Daerah B-C adalah daerah transisi aktif-pasif atau transpasif. Dalam selang potensial tersebut logam sudah mulai membentuk lapisan pasif meskipun sebagiannya dapat larut kembali. Besar daerah pasif dan daerah transisi menunjukkan tingkat kesukaran logam untuk menjadi pasif. Setelah mencapai potensial C, film pasif protektif telah terbentuk pada seluruh permukaan logam, dan logam menjadi pasif. Pelarutan logam pada daerah ini akan sangat lambat. Pada daerah D-E menunjukkan terjadinya pelarutan film pasif, juga pelarutan logam (daerah transpasif). Setelah mencapai potensial E juga terjadi reaksi pembentukan oksigen (oksida air).

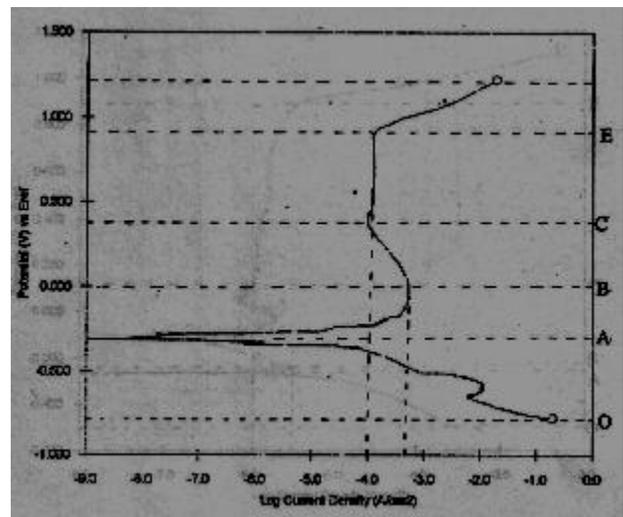


Gambar 1. Kurva polarisasi baja cor tahan karat ACI CF-8M pada kondisi *As-Cast* (tanpa perlakuan panas) diuji korosi dalam lingkungan 1 N asam sulfat.

Pada baja paduan Cr-Ni repasifikasi dapat terbentuk sebelum terjadi reaksi pembentukan oksigen, karena pelarutan yang terjadi pada daerah transpasif kedua hanya terjadi pada oksida krom, Cr_2O_3 , dan Cr pada potensial diatas atau sama dengan potensial D, sedangkan oksida besi, Fe_2O_3 masih membentuk film pasif. Pada kasus bahan uji ini terhambatnya proses pelarutan film pasif Cr_2O_3 , dan Cr, pada saat reaksi pembentukan gas oksigen berlangsung,

disebabkan oleh adsorpsi atom-atom oksigen pada permukaan logam⁹⁾.

Lapisan film pada benda uji ini relative tipis sekitar 10 – 50 Å, mungkin tidak seragam dan tidak homogen. Umumnya dianggap sebagai oksida dan atau hidroksida. Lapisan film tersebut dapat menghambat proses korosi lebih lanjut, karena film tersebut dapat menghambat pergerakan ion logam yang teroksidasi untuk masuk ke dalam larutan. Film tersebut masih mampu melewati elektron sehingga hamper tidak menghalangi reaksi reduksi. Sebagai indikasinya adalah pada saat lapisan film pasif mulai terbentuk (daerah transpasif) terjadi penurunan arus dan potensial tetap naik. Kemudian, pada saat memasuki daerah pasif, arus cenderung stabil pada potensial yang aktif meningkat tajam.



Gambar 2. Kurva polarisasi baja cor tahan karat ACI CF-8M hasil perlakuan panas pada 110°C, *holding time* 1 jam, *water quench* diuji korosi dalam lingkungan 1 N asam sulfat.

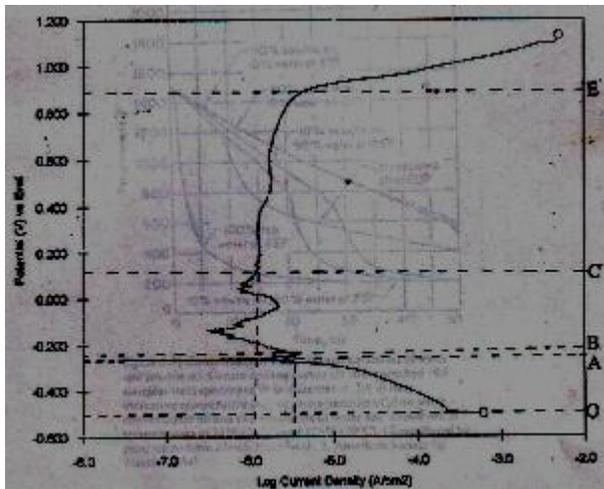
Dilihat dari kurva polarisasi hasil percobaan pada gambar 1, 2 dan 3, peningkatan potensial yang terukur saat lapisan pasif terbentuk homogeny (daerah pasif) berkisar antara 0,4 – 0,45 V. Pada selang potensial tersebut dan pada pH 4 – 7 adalah terjadi reaksi pembentukan Cr_2O_3 ⁷⁾. Dengan demikian dapat diperkirakan bahwa

*) Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FPTK UPI, Jl. Setiabudi 229 Bandung

***) Kandidat Peneliti Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T), Deperindag, Jl. Sangkuriang 14 Bandung

pasivasi terjadi karena terbentuknya lapisan pasif Cr_2O_3 dan Fe_2O_3 ⁶⁾.

Perbandingan ketiga kurva polarisasi hasil percobaan pada gambar 1, 2, dan 3, maka akan terlihat fenomena yang berbeda pada tiap tahap. Pada gambar 1 terlihat daerah aktif dan transisi (daerah pada selang potensial -0,32 – 0,4 V) lebih besar, hal ini menunjukkan bahwa pada benda uji ini terbentuknya pasivasi lebih sukar. Kemudian, pada daerah pasif (daerah pada selang potensial 0,4 – 0,92 V) terjadi ketidakstabilan rapat arus, hal ini menunjukkan bahwa film pasif yang terbentuk tidak homogen dan kemungkinan mudah pecah. Pada kurva gambar 1 ini terdapat daerah transpasif setelah daerah pasif (daerah pada selang potensial 0,92 – 1,0 V). Dari kurva tersebut, rapat arus pasif (i_p) didapat 0,005 mA/cm², dan rapat arus kritis (i_c) adalah 0,5 mA/cm².



Gambar 3. Kurva polarisasi baja cor tahan karat ACI CF-8M hasil perlakuan panas pada 110°C, holding time 1 jam, air cooling diuji korosi dalam lingkungan 1 N asam sulfat.

Pada gambar 2, terlihat daerah aktif dan daerah transisinya lebih sempit dari pada kurva pada gambar 1 yakni berada pada selang potensial -0,3 – 0,4 V. Hal ini menunjukkan bahwa benda uji tersebut lebih mudah mengalami pasivasi. Daerah pasif berada pada selang potensial 0,4 – 0,95 V, hal ini menunjukkan bahwa lapisan pasif sangat stabil dan lebih lebar. Kurva hasil

percobaan pada gambar 2 ini tidak menunjukkan adanya daerah transisi setelah daerah pasif (daerah transisi kedua). Dari kurva tersebut, rapat arus pasif (i_p) didapat 0,1 mA/cm², dan rapat arus kritis (i_c) adalah 3,0 mA/cm².

Pada gambar 3, terlihat daerah aktif dan daerah transisinya jauh lebih sempit dari pada kurva pada gambar 1 yakni berada pada selang potensial -0,25 – 0,13 V, akan tetapi daerah pasif berada pada selang potensial 0,13 – 0,9 V, terjadi peningkatan rapat arus yang mencolok, hal ini menunjukkan bahwa lapisan pasif mengalami pecah di beberapa tempat. Dari kurva tersebut, rapat arus pasif (i_p) didapat 0,095 mA/cm², dan rapat arus kritis (i_c) adalah 0,05 mA/cm².

Penelitian korosi baja cor ACI CF-8M telah dilakukan pada lingkungan 3,5% NaCl oleh Gunawan R (1999)⁵⁾. Hasilnya menunjukkan bahwa terjadi korosi sumuran pada permukaan baja cor yang tidak mengalami *solution heat treatment*. Hal ini karena pada permukaan material tersebut tidak terjadi lapisan pasif. Korosi sumuran dapat terjadi pada logam atau material yang mampu pasif^{2,4)}. Pada baja cor yang mengalami *water quenching* tidak terjadi korosi sumuran, tetapi terjadi korosi aktif. Sedangkan dalam lingkungan H_2SO_4 terjadi pasivasi seperti telah dibahas hasil penelitian di atas.

Adapun kemungkinan reaksi yang terjadi pada tiap tahap dalam kurva polarisasi dari gambar 1, 2, dan 3 adalah :

Reaksi reduksi oksigen dalam larutan asam :



Reaksi reduksi terjadi evolusi hydrogen :

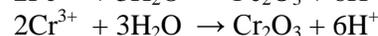
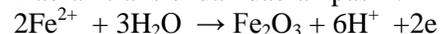


Reaksi oksidasi terdiri dari :

Daerah aktif :



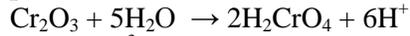
Daerah transisi dan daerah pasif :



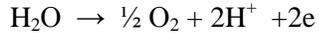
*) Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FPTK UPI, Jl. Setiabudi 229 Bandung

***) Kandidat Peneliti Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T), Deperindag, Jl. Sangkuriang 14 Bandung

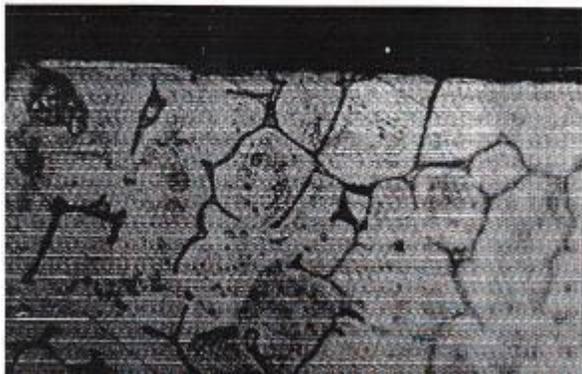
Daerah transisi kedua yakni pelarutan lapisan pasif :



Daerah pembentukan oksigen :



Hasil pemeriksaan struktur mikro pada permukaan ketiga material benda uji seperti pada gambar 4, 5, dan 6, terlihat bahwa pada permukaan material tersebut tidak terlihat adanya korosi antar butir. Sementara, hasil penelitian Faizal Riza (1999)³⁾ melaporkan bahwa baja cor ACI CF-8M pada kondisi *as-cast* dan *water quenching* yang mengalami proses korosi dalam larutan 10% asam nitrat + 3% asam florida pada 60°C selama 4 jam, pada permukaan materialnya terjadi korosi antar butir. Hal ini karena terjadi sentisisasi pada batas butir. Sentisisasi dapat terjadi karena adanya zona deplesi Cr akibat terbentuknya karbida-karbida pada batas butir, yang berkonsekuensi terhadap kerawanan korosi batas butir²⁾. Berdasarkan perbandingan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa proses korosi material ACI CF-8M dalam lingkungan asam sulfat sangat lambat, sehingga tidak terdeteksi melalui pemeriksaan struktur mikro pada potongan melintang benda uji hasil proses korosi.



Gambar 4. Struktur mikro baja cor ACI CF-8M kondisi As-Cast (tanpa perlakuan panas) diuji korosi dalam lingkungan 1 N asam sulfat (*Ferric Chloride Acide*, 400x)



Gambar 5. Struktur mikro baja cor ACI CF-8M baja cor tahan karat ACI CF-8M hasil perlakuan panas pada 110°C, holding time 1 jam, *water quench* diuji korosi dalam lingkungan 1 N asam sulfat (*Ferric Chloride Acide*, 400x)



Gambar 6. Struktur mikro baja cor ACI CF-8M baja cor tahan karat ACI CF-8M hasil perlakuan panas pada 110°C, holding time 1 jam, *Air normalizing* diuji korosi dalam lingkungan 1 N asam sulfat (*Ferric Chloride Acide*, 400x)

KESIMPULAN

1. Berdasarkan analisis kurva polarisasi dari ketiga bahan uji, maka material yang memiliki pasivasi (lapisan film) yang paling stabil adalah material yang mendapat perlakuan *water quench*. Hal ini karena daerah aktif dan daerah transisinya lebih sempit dibanding dengan bahan uji yang lainnya dan tidak menunjukkan adanya daerah transisi setelah daerah pasif (daerah transisi kedua). Sehingga baja cor tahan karat ACI CF-8M hasil perlakuan panas pada 110°C,

*) Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FPTK UPI, Jl. Setiabudi 229 Bandung

**) Kandidat Peneliti Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T), Deperindag,
Jl. Sangkuriang 14 Bandung

holding time 1 jam, *water quench* diuji korosi dalam lingkungan 1 N asam sulfat memiliki ketahanan korosi yang paling baik.

2. Hasil pemeriksaan struktur mikro pada potongan melintang benda uji hasil laku korosi terlihat bahwa pada permukaan material tersebut tidak adanya korosi antar butir.
3. Hasil pemeriksaan komposisi kimia, baja cor hasil pengecoran mengandung kadar Cr 17,65%, dan kadar Ni 9,6% membuat baja cor tersebut mampu mengalami pasivasi.

Daftar Pustaka

1. Berntain and Peckner, 1977, *Handbook of Stainless Steel*, Mc. Graw-Hill Book company, New York, USA. halaman 4-63.
2. Denny A Jones, 1992, *Principles and Prevention of Corrosion*, Mac Millan, New York, USA, halaman 143-148.
3. Faizal Riza, 1999, Proses pengecoran bearing housing pompa sentrifugal dari baja cor tahan karat, Laporan Penelitian, Unjani.
4. Fontana, M.G., 1987, *Corrosion Engineering*, Mc. Graw-Hill Book company New York, USA.
5. Gunawan Refiadi, 1999, Pembuatan impeter pompa sentrifugal dengan proses pengecoran baja cor tahan karat, Laporan Penelitian, Unjani.
6. Isdiriyani, 1978, Kinetika Korosi Aqueous, Diktat Pelatihan, ITB.
7. Pourbaix, M., 1974, *Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous solution*, NACE, Houston, Texas, USA, halaman 311-313.
8. Rubijanto, 2006, Pengaruh proses pendinginan pasca pelakuan panas terhadap kekerasan pada baja tahan karat 304, Traksi, Vol. 4., (1). Unimus, halaman 19.
9. Sunara Purwadaria, 1995, Konsep-konsep dasar Korosi Aqueous, Diktat Pelatihan, ITB.

*) Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FPTK UPI, Jl. Setiabudi 229 Bandung

***) Kandidat Peneliti Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T), Deperindag,
Jl. Sangkuriang 14 Bandung