



Corrosion never sleeps:
Peristiwa korosi di sekitar kita.

Rini Riastuti

Pidato Pada Upacara Pengukuhan Sebagai
Guru Besar Tetap Dalam Bidang Korosi
Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Depok, 5 Juli 2023



Corrosion never sleeps:
Peristiwa korosi di sekitar kita.

Rini Riastuti

Pidato Pada Upacara Pengukuhan Sebagai
Guru Besar Tetap Dalam Bidang Korosi
Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Depok, 5 Juli 2023

Bismillahirrohmanirrohim

Yang saya hormati,

- Bapak Rektor dan para Wakil Rektor Universitas Indonesia,
- Ketua, Sekretaris dan para Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia,
- Ketua, Sekretaris dan para Anggota Senat Akademik Universitas Indonesia
- Ketua, Sekretaris dan Para Anggota Dewan Guru Besar Universitas Indonesia
- Para Dekan dan Direktur Sekolah di Lingkungan Universitas Indonesia
- Bapak Dekan, para Wakil Dekan dan seluruh jajaran pimpinan Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Ketua, Sekretaris dan para Anggota Dewan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Ketua dan Anggota Senat Akademik Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Keluarga saya yang tercinta,
- Prof Dijan Supramono dan Prof Dewi Tristantini yang berbahagia, bersama-sama hari ini di kukuhkan.
- Para Guru Besar Tamu, sahabat, kerabat dan seluruh tamu undangan yang saya muliakan.

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua

Pada kesempatan yang berbahagia ini, ijinilah kami mengucapkan syukur alhamdulillah ke hadirat Allah SWT atas Rahmat dan karuniaNya sehingga pada hari ini, Rabu 5 Juli

2023, kita dapat berkumpul di Gedung Macara Art Centrum Kampus UI Depok dalam rangka upacara pengukuhan saya sebagai Guru Besar Tetap di Bidang Ilmu Korosi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Sebelum saya menyampaikan pidato pengukuhan ini, perkenankanlah saya menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada seluruh hadirin yang telah berkenan meluangkan waktu mengikuti upacara ini. Kehadiran bapak dan ibu sekalian sungguh merupakan kehormatan dan kebahagiaan bagi saya dan keluarga.

Terima kasih kepada Bapak Rektor Universitas Indonesia atas kesempatan yang diberikan kepada saya untuk menyampaikan pidato dengan judul :

“*Corrosion never sleeps*: Peristiwa korosi di sekitar kita”

Bapak ibu sekalian, judul ini saya pilih untuk mengenalkan kepada kita bahwa ada peristiwa korosi disekitar kita yang merusak struktur logam yang menimbulkan banyak kerugian.

Kebanyakan orang mengenal korosi dengan istilah karat (*Rust*). Istilah karat ini, secara khusus digunakan untuk produk korosi pada logam besi. Mengapa logam terkorosi?

Korosi logam adalah penurunan kualitas logam atau perusakan permukaan logam pada lingkungan yang agresif. Korosi logam adalah proses elektrokimia oksidasi, dimana logam akan mentransfer elektronnya ke lingkungan dan valensinya berubah dari nol menjadi nilai positif. Lingkungan ini dapat berupa cairan, gas atau tanah. Lingkungan ini dianggap sebagai elektrolit karena memiliki konduktivitas untuk transfer ionik.[1.2]

Meskipun besi bukan logam pertama yang digunakan oleh manusia, namun yang paling banyak digunakan, dan menjadi

salah satu yang pertama kali mengalami masalah korosi yang serius. Besi bereaksi dengan lingkungan yang mengandung oksigen, air, kelembaban akan menghasilkan produk korosi yang disebut KARAT (rust).

Korosi logam dapat terjadi dalam air tanah, air laut, larutan garam, media asam dan basa, lingkungan atmosfer dan juga lingkungan tanah. Korosi dapat terjadi apabila ada oksigen yang terlarut. Larutan air dengan cepat melarutkan oksigen dari udara, dan ini menjadi sumber oksigen dalam proses korosi. Yang paling umum pada jenis korosi ini adalah karat pada besi yang terbentuk saat besi terekspos kelembaban di atmosfer.

Sebagai gambaran dibawah ini adalah reaksi logam besi yang berada dalam lingkungan asam atau basa. Di bawah ini adalah reaksi yang terjadi :



Pada reaksi ini menjelaskan bahwa besi bercampur dengan air dan oksigen menghasilkan produk korosi yang tidak larut yang berwarna coklat-kemerahan, yang mengendap pada dasar larutan.

Selama proses pengkaratan di atmosfer, ada kesempatan mengering, dan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ oksida besi terdehidrasi menjadi Fe_2O_3 berupa karat berwarna coklat-merah dengan reaksi sebagai berikut :



Jadi intinya pada proses korosi terjadi reaksi oksidasi dan reduksi (redoks) dimana,

Reaksi oksidasi/korosi logam besi (sebagai contoh) :



Reaksi reduksi lingkungan dimana oksigen terlarut bersifat asam atau netral,



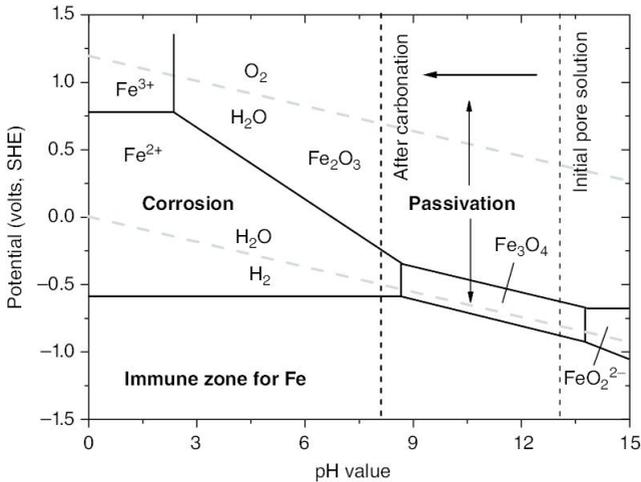
Maka karat akan terbentuk dari reaksi oksidasi (3) dan reduksi (4) membentuk senyawa oksida atau hidroksidanya yaitu Fe_2O_3 , Fe_3O_4 atau bentuk hidroksida $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Para hadirin yang mulia,

Secara termodinamik, korosi logam dapat diprediksi dengan mengukur potensial logam dan pH lingkungannya. Marcel Pourbaix seorang ilmuwan dari Belgia yang pada tahun 1938 membuat suatu diagram yang sesuai untuk mempelajari korosi dan aplikasi elektrokimia lainnya seperti *electroplating*, *electrowinning*, *hydrometallurgy* dan lainnya. Dikenal dengan diagram Pourbaix yang merupakan hubungan potensial logam dan pH ($E_h - \text{pH}$). Suatu logam bila berada dalam lingkungan tertentu, misal lingkungan bersifat asam, netral atau basa, maka akan membentuk oksida atau hidroksida. Dibawah ini ditampilkan Diagram Pourbaix untuk logam besi dalam larutan air (encer) (*aqueous*).

Diagram Pourbaix atau diagram Eh-pH ini menggambarkan pemetaan daerah kestabilan logam, bentuk ion logamnya, bentuk oksida logam dan hidroksidalogam pada potensial dan pH tertentu. Dengan menggunakan diagram Eh-pH ini, prediksi kemungkinan terjadi korosi atau tidak dalam lingkungan tertentu dapat dilakukan, selain itu juga dapat diagram ini digunakan untuk memprediksi cara proteksi korosi.

Namun keterbatasan diagram E-pH ini tidak dapat mengukur kinetika reaksi logam untuk mengetahui kecepatan korosi dari suatu logam.



Gambar 1. Diagram Pourbaix Fe – H₂O [3]

Maka untuk mengukur kecepatan korosi (*corrosion rate*) yang umum digunakan adalah dengan perhitungan *weight loss* logam yang dilakukan di laboratorium, atau mengukur sisa ketebalan logam terpasang. Metode polarisasi dengan alat potensiostat atau galvanostat, dan EIS (Electrochemical Impedance Spectrometry), dapat digunakan selain untuk mengukur kecepatan korosi, juga melihat perilaku logam didalam lingkungannya.

Studi dalam pemahaman proses korosi logam ini menjadi penting. Karena justru yang harus dipahami adalah mekanisme proses terjadinya karat dan kerusakan logam dari peristiwa korosinya. Dengan demikian pemahaman ini dapat

sebagai upaya untuk melakukan proteksi korosi juga agar dapat meminimalkan kerugian yang sangat besar yang dikeluarkan setiap tahunnya untuk merawat dan memperbaiki perusakan logam dari serangan korosi.

Ditinjau dari sisi ekonomi, banyak kerugian yang harus dialami per tahunnya akibat peristiwa korosi ini. Sayangnya di Indonesia belum ada data yang terkumpul secara nasional. Tentunya ini menjadi himbauan dan usulan kepada Indokor sebagai Asosiasi Korosi Indonesia, untuk memulai mengumpulkan data tentang kerugian korosi ini, sehingga bisa memberikan gambaran berharga untuk industry di Indonesia.

Kerugian yang disebabkan korosi, antara lain:

Kerugian karena korosi yang utama tentunya penampilan visual yang menjadi buruk, selain itu juga akan menjadikan *Plant Downtime*, dimana industry harus terhenti karena penggantian peralatan yang terkorosi. Kerugian berupa *loss of product*, yaitu adanya kebocoran kontainer, tangki, perpipaan, yang akan memberikan kehilangan produknya, yang bernilai tinggi.

Kerugian berupa *loss of efficiency*, yang disebabkan adanya proses korosi ini membuat industry banyak menderita kerugian dalam bentuk apapun, termasuk biaya yang dikeluarkan cukup tinggi [4]

Terjadinya kontaminasi, *yaitu* bila terbentuk produk korosi yang mudah larut, yang dapat menjadi racun dan mencemari sekitarnya. Contoh kecil didalam kehidupan kita adalah, bila kemasan makanan dalam kaleng seperti ikan sardine saus tomat pedas, saat kalengnya penyok, maka lapisan timah

putih di bagian dalam kaleng akan terkelupas, sehingga saus tomat pedas akan bereaksi dengan kaleng baja nya, dan baja akan teroksidasi menjadi atom besi yang akhirnya terlarut dalam saus tomat pedas nya.

Bapak, ibu hadirin yang mulia,

Memang proses korosi ini tidak pernah berhenti namun bukan berarti reaksi korosi tidak dapat dikendalikan atau dihambat. Beberapa upaya dilakukan untuk mengendalikan dan menghambat reaksi korosi, antara lain dengan penggunaan:

1. Inhibitor adalah zat kimia (organic dan anorganik) yang ditambahkan ke system dalam jumlah sedikit, dan membentuk lapisan pasif pada permukaan logam yang akan diproteksi. Biasanya inhibitor digunakan pada pipa transportasi air dan minyak ataupun gas. Inhibitor dapat berupa cairan ataupun uap.

Saat ini mahasiswa pada Departemen Metalurgi dan Material melakukan banyak penelitian pemanfaatan tumbuhan baik dari daun, buah ataupun kulit kayunya untuk dijadikan inhibitor. Contoh yang sudah diteliti adalah daun sirih, daun the hijau, daun the putih (white tea), daun sirsak, daun bayam merah, buah jambang, kayu secang, kulit buah manggis, dan masih banyak lagi, yang mana semua ini banyak mengandung zat polyphenolic, anthocyanin sebagai antioksidan yang tinggi. Yang diharapkan dapat menjadi inhibitor yang ramah lingkungan.

2. Upaya pencegahan terjadinya korosi logam dapat juga dengan metode pelapisan (Coating), seperti lapis listrik, galvanisasi, *organic coating* (cat), dan tipe *coating* lainnya,

menjadi alternatif dalam menghambat terjadinya reaksi korosi.

Pelapisan, pada dasarnya memberi suatu lapisan penghalang (barrier) untuk menghambat air dan oksigen kontak langsung dengan permukaan besi. Namun pelapisan dapat ini menjadi tidak efektif bila terjadi guratan (*scratch*), atau terkelupas, karena menjadi pemicu reaksi berikutnya.

3. Proteksi logam dengan metode proteksi katodik, menjadi pilihan untuk industri besar, perpipaan dimana dilakukan dengan dua cara yaitu dapat menggunakan anoda korban ataupun *impressed current*.

Pada metode anoda korban, digunakan logam yang lebih mudah teroksidasi (memiliki potensial yang lebih negative dibandingkan besi), seperti seng, aluminium dan magnesium yang dipasangkan pada struktur yang akan diproteksi. Keuntungan metode ini, dapat dipantau dan dilakukan penggantian saat diperlukan. Atau dengan proteksi katodik dengan memberikan arus dari sumber listrik luar yang memaksa logam yang akan dilindungi bertindak menjadi katoda.

Peristiwa korosi di sekitar kita,

Para hadirin yang mulia,

Dalam kehidupan sehari-hari, karat terlihat pada pagar besi, jembatan, tiang baja, kapal laut, juga perpipaan termasuk pipa air di perumahan, pipa penyalur minyak dan gas pipa air minum yang ada di dalam tanah. dimana korosi dapat menyerang pipa bagian dalam dan luar.

Bila logam terkena korosi, maka kualitas logam tersebut sudah menurun, baik sifat mekanik, sifat fisik dan sifat

ketahanan korosinya. Dan bisa jadi sebagian bentuk korosi hampir tidak terlihat secara visual atau tidak tampak ada perubahan pada dimensi, namun dengan terjadinya perubahan sifat-sifat diatas, maka material bisa gagal tanpa diperkirakan sebelumnya.

Perusahaan saat ini, tidak lagi men-tolerir adanya kerusakan yang disebabkan karena korosi, khususnya yang melibatkan keselamatan manusia, terhentinya proses yang tidak terjadwal (*shutdown*), dan kontaminasi lingkungan. Untuk alasan ini, segala upaya dilakukan dalam mengendalikan terjadinya proses korosi disekitar kita. Karena proses korosi menjadikan infrastruktur pabrik, mesin-mesin menjadi rusak, yang mana biasanya akan membutuhkan biaya untuk perbaikan, biaya tambahan karena kontaminasi pada produk, kerusakan karena lingkungan korosif dan juga biaya untuk menjaga keselamatan kerja.

Tingkat pemeliharaan struktur sangat tergantung pada tingkat korosifitas lingkungannya. Bisa saja peralatan infrastruktur perpipaan hanya memerlukan pengecatan ulang secara regular dan inspeksi berkala. Walaupun desain sudah tepat, bisa saja tidak dapat diharapkan untuk mengantisipasi disegala kondisi yang memungkinkan adanya peningkatan proses korosi selama struktur terpasang.

Dengan melihat hal tersebut, sangat mudah untuk menemukan korosi yang terjadi disekitar kita sama halnya dengan menemukan logam-logam yang tidak tampak terkorosi sama sekali.

Inspeksi dan pemantauan korosi dilakukan untuk menentukan kondisi struktur dan seberapa baik program pengendalian dan perawatannya dilakukan. Praktek inspeksi konvensional pada

pabrik biasanya memerlukan perencanaan penghentian proses secara berkala.

Bapak, ibu dan hadirin yang mulia,

Dibawah ini beberapa contoh masalah korosi yang terjadi di sekitar kita:

1. Korosi atmosferik

Disebut korosi atmosferik, karena struktur logam yang terpapar lingkungan atmosfer yang banyak mengandung oksigen, kelembaban, baik dari curah hujan, embun, kondensasi atau yang memiliki *relative humidity* (RH) yang tinggi.

Banyak peristiwa korosi atmosferik disekitar kita, seperti jembatan yang berkarat, tiang bendera, bangunan, monument, pagar, kendaraan dan masih banyak lagi. Bila dikategorikan ke dalam bentuk korosi, maka korosi atmosferik bisa terjadi melalui mekanisme korosi merata, korosi galvanic ataupun korosi sumuran dan korosi celah.[5]

Saya mencoba mengambil contoh kubah musholla dilingkungan perumahan yang terbuat dari tembaga, dimana saat awal pemasangan kubah ini berwarna coklat ke-emas-an. Dalam beberapa waktu kemudian kubah ini akan berubah warnanya menjadi hijau kebiruan. Hal ini disebabkan adanya reaksi kimia antara kubah tembaga tadi dengan atmosfer sekitarnya.

Hal serupa terjadi pada patung Liberty yang tersohor di Amerika, patung ini mengalami perubahan warna. Saat patung ini pertama kali dikirim dari Perancis pada tahun 1886, penampakkannya adalah berwarna coklat tembaga keemasan. Perubahan warna terlihat pada foto tahun 2018, dimana

penampakkannya menjadi bewarna hijau kebiruan. Diketahui komponen utama patung Liberty adalah material logam tembaga.

Peristiwa apa yang sudah terjadi pada contoh patung Liberty ini?

Karena proses korosi itu adalah proses reaksi oksidasi-reduksi antara logam dan lingkungannya, maka logam tembaga yang merupakan komponen utama patung ini bereaksi dengan udara disekitar yang secara perlahan mengalami reaksi oksidasi secara bertahap.

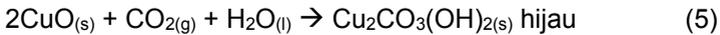


Gambar 2. Patung Liberty yang mengalami perubahan warna [6]

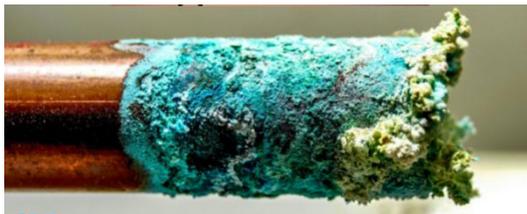
Pada tahap awal, tembaga mengalami oksidasi dengan terbentuknya oksida tembaga valensi satu (Cu_2O) yang berwarna merah, dan sejalan dengan waktu reaksi oksidasi

berlanjut dengan terbentuknya oksida tembaga valensi dua (CuO) berwarna hitam.

Atmosfir disekitar patung Liberty ini diketahui banyak mengandung hasil pembakaran *coal* sehingga kandungan sulfur trioksidanya yang cukup tinggi, ditambah lagi ada karbon dioksida, dan air yang semuanya ini akan bereaksi dengan CuO. Dibawah ini reaksi kimia dari peristiwa perubahan warna pada tembaga [6]



Ketiga hasil reaksi ini yang memberikan karakter warna biru-kehijauan yang disebut **patina** (karat tembaga), yang akan mampu membentuk lapisan protektif yang menghambat proses korosi selanjutnya pada tembaga ini. Pembentukan lapisan proteksi ini merupakan bentuk pamasifan pada permukaan logam. Beberapa logam seperti aluminium dan tembaga, akan membentuk lapisan protektif saat logam ini bereaksi dengan udara. Lapisan tipis yang terbentuk di permukaan logam ini akan mencegah oksigen bereaksi dengan logam sehingga tidak terjadi reaksi korosi selanjutnya.



Gambar 3. Foto produk korosi logam tembaga yang disebut **patina** warna biru-kehijauan. [7]

2. Korosi pada lingkungan atmosfer laut.

Lingkungan atmosfer laut (*marine atmospheric*), adalah satu lokasi yang mudah untuk terjadinya korosi. Marine atmosphere sarat dengan partikel halus dari kabut laut yang terbawa angin dan melekat pada permukaan struktur yang terekspose sehingga membentuk kristal garam. Kandungan air laut yang didominasi adanya Sulfat, Carbonat dan bicarbonate, yang mempercepat reaksi kimia di permukaan logam, ditambah lagi dengan adanya kandungan ion chloride dari garam laut, Dengan kandungan ion chloride yang tinggi ini, memiliki konsentrasi garam yang tinggi, sebagai syarat terjadinya proses korosi. Air laut memiliki pH tinggi dan kosntan, pH pada permukaan air adalah yang tertinggi, bisa lebih dari pH 8, ini disebabkan adanya kombinasi fotosintesis dan pertukaran udara. Dengan demikian pasir laut merupakan elektrolit yang efektif menyerang logam membentuk korosi.

Contoh industry yang mengalami korosi air laut adalah industry minyak dan gas, perkapalan, *power plant* yang menggunakan system air laut, dan masih banyak lagi. Lingkungan atmosfer industry biasanya dikarakteristikan oleh adanya polusi, yang utamanya adalah senyawa sulfur seperti sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida (NO_x). Juga atmosfer pada atau dekat pabrik kimia, maka polutan yang korosif akan banyak hadir disana.



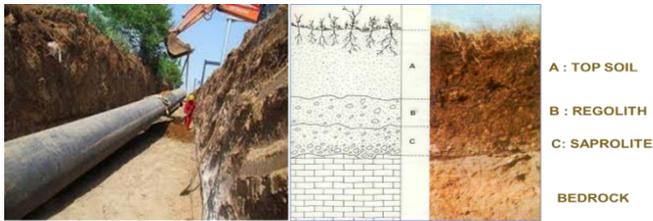
Gambar4. ilustrasi Kapal laut yang masih bagus dan yang sudah berkarat.[Wikipedia]

Bagian kapal yang mudah terkorosi adalah lambung kapal yang selalu terekspose air laut. Korosi pada kapal di lingkungan laut ini sering disebabkan oleh adanya kombinasi dari kelembaban yang tinggi dengan cipratan uap garam laut yang keduanya langsung menyerang baja sebagai badan kapal. Sehingga kapal laut sering mudah terserang korosi jenis fretting salah satu bentuk korosi akibat hantaman pergerakan ombak yang berulang, juga karena adanya vibrasi mesin, arus angin dan arus air laut.

Kapal yang dibangun dengan beberapa jenis logam, pada bagian yang berbeda logam dan saling kontak, maka akan memicu terbentuknya galvanic korosi dari beda potensial logam yang berbeda itu. Proses korosi galvanic termasuk kerusakan melalui oksidasi namun tidak selalu menghasilkan bentuk logam oksidanya.

3. Korosi pipa di dalam tanah.

Masalah korosi yang paling serius adalah korosi perpipaan, sebagai contoh pipa baja dengan ketebalan 6.3 mm telah mengalami kerusakan pada tahun pertama dipasang di dalam tanah.



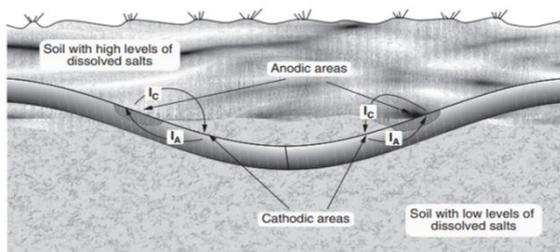
Gambar Profil Tanah [Copy dari Wikipedia]

Gambar 5. Ilustrasi pipa yang dipasang di dalam tanah [8]

Tekstur tanah yang ditentukan oleh jenis partikel mineral tanah, seperti pasir, *silt* dan tanah liat. Tanah yang porous akan banyak mengandung gas dan air.

Tingkat korosivitas tanah dapat diakumulasikan dengan tingkat aerasi, kelembaban, kandungan garam, air, keasaman tanah (pH), resistivitas tanah, kandungan garam yang terlarut dalam tanah, temperature dan keberadaan spesies dalam tanah.

Tanah yang mengandung batuan dan pasir lebih porous dibandingkan tanah liat, sehingga pada contoh ini, pipa yang melalui tanah liat kemudian melewati tanah berpasir akan terkorosi karena bagian pipa yang tertutup tanah liat menjadi lebih anodic.



Gambar 6. ilustrasi pipa dalam tanah [1]

Hadirnya mikroorganisme dalam tanah, dengan adanya genangan air, atau jumlah oksigen bebas yang sedikit, akan memungkinkan terbentuknya bakteri aerobik dan menyebabkan terjadinya *microbial corrosion*.

4. Korosi baja tulangan dalam beton

Beton, yang merupakan campuran semen, pasir, batu kerikil dan air serta ada bahan aditif bila diperlukan, dalam aplikasinya selalu dengan baja tulangan sebagai penguatnya.

Beton ini bersifat basa dengan pH 13 – 13,5, secara termodinamika lingkungan kondisi ini memberikan sifat proteksi korosi yang baik terhadap baja tulangan, karena baja akan stabil dalam bentuk oksida (Fe_3O_4 / γ - Fe_2O_3) atau hidroksida (α - FeOOH / γ - FeOOH)[9]. Lapisan oksida atau hidroksida yang terbentuk ini akan menghalangi proses besi tulangan teroksidasi lebih lanjut. Kemampuan beton untuk memproteksi baja tulangan akan terganggu jika gas di atmosfer seperti gas karbon dioksida yang bersifat asam, terpenetrasi ke dalam beton sehingga larutan pori beton berubah menjadi lebih kecil dari pH 12. Dengan demikian kapasitas logam menjadi tidak stabil yang menyebabkan baja tulangan akan terkorosi merata. Gas CO_2 dari lingkungan atmosfer ini akan terpenetrasi ke dalam beton dan akan bereaksi dengan ion Ca^{2+} membentuk CaCO_3 yang mengendap, proses ini merupakan proses karbonasi.

Di atmosfer, selain gas karbon dioksida juga ada ion Klorida yang agresif, yang dapat merusak lapisan pasif pada permukaan baja tulangan. Ion klorida ini akan lebih berbahaya karena dapat membentuk korosi sumuran (*pitting corrosion*) yang terjadi pada tempat yang lapisan pasifnya lebih lemah.

Jadi secara umum baja tulangan dalam beton dapat terserang korosi apabila bangunan atau konstruksi tersebut mengalami paparan pada lingkungan atmosferik dengan kelembaban yang tinggi dan mengandung gas karbon dioksida, tereletak dalam lingkungan pantai dan laut, atau campuran beton dibuat dengan menggunakan air, pasir atau agregat yang terkontaminasi air laut yang mengandung ion khlorida.



Gambar 7. Ilustrasi kerusakan baja tulangan di dalam beton

Struktur beton yang digunakan pada bawah tanah seperti footing, piers, tanks, piping dll, secara normal juga menggunakan baja tulangan sebagai penguat. Beton ini akan stabil di dalam tanah namun dapat terkorosi karena adanya beberapa hal, seperti komposisi kimia tanah, dan air tanah. Tanah yang agresif adalah yang memiliki pH dibawah 6, mengandung sulfat atau sulfide yang tinggi, dan juga mengandung magnesia. Sulfat dan magnesia akan sangat korosif terhadap beton walaupun pH tanah netral. Reaksi akan terjadi dengan garam kalsium dalam beton dan merusak gaya kohesifnya sehingga memungkinkan menjadi porous. [1,10]

Beberapa upaya untuk meminimalkan terjadinya korosi baja tulangan dalam beton ini, ditambahkan inhibitor korosi, melakukan pelapisan dengan epoksi pada baja tulangan, sehingga ada pembatas (barrier) agar ion agresif tidak bertemu dengan baja tulangan, hal lain dapat menggunakan baja tulangan galvanis, juga dengan proteksi katodik yang dapat menurunkan potensial baja ke daerah imunnya.

5. Corrosion under Insulation (CUI)

Hadirin yang saya hormati,

Tentunya masih ingat ulasan tentang pemicu kebakaran kilang PT Pertamina pada tahun 2021, yang salah satunya adalah karena *corrosion under insulation (CUI)*. [11]

Corrosion Under Insulation (CUI) adalah terjadinya suatu bentuk kerusakan korosi pada permukaan logam yang tertutup pelapisan seperti isolasi termal sebagai pelindung dari permukaan logam tersebut. Peristiwa korosi ini terjadi ketika air terserap ke dalam bawah lapisan isolasi, sehingga di permukaan logam tersebut terjadi reaksi elektrokimia korosi karena hadirnya air dan oksigen.[12]

Beberapa kerusakan CUI pernah terjadi pada pipa di kilang minyak dan pabrik yang pada proses aplikasinya ada pada suhu tinggi. Contoh, pada peralatan pipa kilang minyak untuk mengalirkan minyak atau uap panas, dimana dapat terjadi penumpukan cairan diantara permukaan logam dan lapisan insulasi. Penumpukan cairan dan oksigen yang terjebak ini menyebabkan proses elektrokimia yang menghasilkan korosi pada logam. Pada mekanisme terjadinya *Corrosion Under Insulation* ini dapat menyebabkan kerusakan pada perpipaan seperti adanya penipisan dinding pipa, kebocoran,

dan keretakan pada pipa, kadang tidak terdeteksi secara visual.

Beberapa kondisi lingkungan yang memicu kecepatan CUI antara lain adalah lingkungan marine, lingkungan lembab dan panas, iklim dengan curah hujan tinggi, kondisi intermiten basah-kering, kontaminan dari insulasi atau atmosfer seperti klorida dan sulfida yang larut dalam air, system insulasi yang tidak memungkinkan kelembabab dapat terbuang, dan material insulasi yang menyerap kelembaban. CUI terjadi di beberapa industry, jika diabaikan, maka akan tetap ada kerusakan tersembunyi dibalik insulasi.



Gambar 8. ilustrasi *corrosion under insulation*.

Saat ini, metode yang efektif untuk memastikan adanya CUI adalah dengan melepaskan *cladding* atau jaket bagian luar dan menginspeksi kondisi pipa secara visual. Dapat juga menggunakan metode NDT (Uji Tak Rusak) yang menginspeksi tanpa merusak materialnya, teknik NDT memiliki kelebihan dan kekurangannya, seperti teknik radiografi, ultrasonic yang secara luas digunakan untuk mendeteksi CUI. Tren akhir-akhir ini adalah menggunakan probe elektrokimia untuk mendeteksi korosi lokal, dan memanfaatkan permodelan untuk memprediksi CUI. *Machine learning* telah dikembangkan untuk mengumpulkan data dan mencoba model untuk lebih akurat. Pelapisan yang protektif, baik metalik atau organic, adalah lapisan penahan terakhir untuk melindungi dan menahan substrate pipa dari serangan

korosi dari luar. TSA (thermal spray aluminium) dan epoxy-phenolic umum digunakan pada pipa minyak dan gas akibat toleransi suhu yang fleksibel dan umur pakai yang lama.

Akhir-akhir ini pelapisan termal insulasi generasi baru (seperti polysiloxane-base) direkomendasikan sebagai sistem pelapisan canggih untuk mengurangi CUI secara efektif. Inspeksi berbasis risiko (RBI) adalah metodologi yang banyak digunakan untuk prediksi dan mitigasi CUI; namun, di sektor-sektor yang memiliki konsekuensi kegagalan korosi yang parah, RBI mungkin tidak cukup memadai.

6. Korosi pada Biomaterial.

Perkembangan teknologi saat ini adalah mengenai substitusi organ tubuh manusia yang rusak agar dapat berfungsi kembali sebagai mana mestinya. Hal ini disebabkan karena banyaknya kasus kerusakan organ manusia akibat kecelakaan ataupun penyakit, sehingga penelitian tentang biomaterial semakin banyak dilakukan.

Biomaterial adalah material yang digunakan untuk mengembalikan fungsi jaringan ikat yang mengalami trauma atau degenerasi sehingga meningkatkan kualitas hidup pasien. Biomaterial yang ideal memiliki sifat biokompatibilitas yang tinggi, dimana tidak ada respon jaringan yang dapat merugikan tubuh, dan tidak menyebabkan adanya trombogenic, toxic atau memberikan alergi inflamatory, saat diuji in vivo, serta memiliki ketahanan terhadap korosi, memiliki kekuatan fatik dan ketangguhan yang baik.

Implan terbuat dari berbagai jenis material seperti logam, polimer, keramik, atau kombinasi bahan tersebut.

Implan tubuh digunakan dalam berbagai bidang medis, termasuk ortopedi, kardiologi, kedokteran gigi, neurologi, dan lainnya. Beberapa contoh implan tubuh meliputi cangkuk sendi atau piringan sendi dan sekrup tulang untuk keperluan ortopedi. dan untuk implan gigi seperti implan gigi titanium.

Pada dasarnya, logam biomaterial, kecuali logam biodegradable adalah lebih tahan korosi dan lebih biokompatibel. Biokompatibel adalah persyaratan dasar untuk biomaterial. Jadi harus memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan jaringan tubuh tanpa menyebabkan reaksi negatif atau merusak jaringan sekitarnya. Selain itu, material implan juga harus tahan terhadap korosi, keausan, dan kerusakan lainnya agar dapat berfungsi dengan baik selama jangka waktu yang diinginkan.

Korosi pada material implan tubuh adalah proses degradasi atau kerusakan material implan yang terjadi akibat reaksi kimia antara material implan dan elektrolit tubuh. Ketika implan tubuh mengalami korosi, mereka dapat mengalami penurunan kualitas dan kehilangan fungsinya, dan juga dapat menyebabkan masalah seperti pelarutan partikel material ke dalam tubuh, reaksi inflamasi atau iritasi pada jaringan sekitar implan, terjadinya infeksi, gangguan penyembuhan tulang, dan bahkan kegagalan implant itu sendiri.

Pada awalnya baja tahan karat SS 316L menjadi pilihan material yang sering digunakan sebagai implan pada bidang orthopaedic, karena biaya produksi yang lebih murah dibandingkan dengan paduan Co-Cr atau Ti, dengan spesifikasi yang cukup mumpuni. Namun, adanya interaksi antara implan dengan cairan tubuh menimbulkan potensi

korosi. Selain itu, biokompatibilitas serta ancaman zat karsinogenik menjadi tantangan tambahan bagi implant.



Gambar 9. ilustrasi aplikasi biomaterial pada tubuh kita.

Biomaterial untuk implant gigi.

Di masa lalu, amalgam, gold, porselen, stainless steel dan plastic menjadi material implant di dalam rongga mulut untuk permasalahan gigi. Kemudian penggunaannya berkembang pada aplikasi baut, pelat dan kawat untuk memperbaiki kerusakan dan bedah kosmetik.

Implan gigi telah menjadi solusi yang populer dan efektif dalam menggantikan gigi yang hilang, dirancang untuk meniru struktur dan fungsi gigi asli dan dapat memberikan penopang yang stabil untuk gigi tiruan atau mahkota gigi. Meskipun implan gigi terbuat dari bahan yang tahan lama dan tahan korosi, namun korosi masih bisa terjadi dan merupakan masalah yang perlu diperhatikan.

Implan gigi adalah salah satu pilihan yang berkembang pesat pada bidang kedokteran gigi. Implan gigi ini tertanam dalam tulang rahang dan bagian implan yang menonjol pada jaringan mukosa digunakan untuk menghasilkan

penjangkaran yang dapat meningkatkan retensi dan kestabilan gigi tiruan pada bagian atas. [13]

Pada material implan gigi, korosi merujuk pada reaksi kimia antara logam implan dan cairan tubuh bagian mulut yang mengakibatkan perubahan struktur dan kinerja implan. Faktor-faktor seperti kualitas bahan implan, desain implan, lingkungan mulut, dan perawatan pasien dapat mempengaruhi tingkat korosi pada implan gigi.

Ada beberapa proses yang menimbulkan terjadinya resiko korosi pada implan gigi, dari fraktur implan, osteolisis, sitotoksik.



Gambar 10. ilustrasi logam implan untuk gigi

Larutan tubuh terdiri dari larutan teraerasi yang mengandung 1% NaCl, dengan sedikit zat-zat seperti garam dan senyawa organik pada suhu tubuh yang hangat, sehingga korosifitas larutan tubuh manusia memungkinkan terjadinya serangan korosi sumuran, celah ataupun galvanic.

Kebanyakan perangkat implant seperti baut dan pelat tidak terkorosi dalam selang waktu 2-4 tahun, namun terjadi iritasi jaringan tisu dan infeksi oleh adanya produk korosi. Bila diestimasi, kecepatan korosi implant dalam tubuh kurang dari 0.01 mpy untuk mencegah iritasi jaringan tisu tersebut. Saat

ini material implant berkembang pada paduan titanium yang lebih tahan terhadap reaksi larutan tubuh dan saliva.

Titanium adalah salah satu bahan implant yang umum digunakan dalam kedokteran gigi. Diantaranya adalah karena titanium memiliki sifat yang sangat baik seperti ketahanan mekanis, kepadatan rendah, tidak beracun, tahan terhadap korosi, dan biokompatibel.

Titanium telah dipilih sebagai sebuah material untuk implantasi endosseous. Penelitian jangka panjang dan pengamatan klinis telah menemukan bahwa titanium tidak mengalami korosi jika digunakan pada jaringan hidup, dan paduan Ti memiliki sifat-sifat mekanis yang baik, akan tetapi, memadukan titanium dengan material restoratif logam lainnya secara galvanik bisa menghasilkan korosi. Dengan demikian perlu hati-hati dalam memilih material untuk dipadukan dengan implant tersebut.

Korosi galvanik terjadi apabila paduan logam yang berbeda ditempatkan langsung dan kontak dengan rongga mulut atau dalam jaringan. Kompleksitas proses elektrokimia yang terlibat pada pertemuan implant dan struktur-teratas terkait dengan fenomena penggabungan galvanic dan melahirkan korosi. Korosi galvanik sebagai korosi logam yang cepat akibat kontak elektrik dengan sebuah konduktor non-logam pada sebuah lingkungan korosif. Apabila dua atau lebih alat prostetik gigi yang terbuat dari paduan yang berbeda terhubung satu sama lain dan kontak dengan cairan mulut, maka perbedaan antara potensial-potensial korosi kedua paduan tersebut akan menyebabkan aliran arus listrik (arus galvanic) diantara keduanya. Arus galvanic ini melewati jaringan, sehingga menimbulkan rasa nyeri. Arus listrik mengalir melalui dua elektrolit, saliva atau cairan lain dalam mulut dan cairan tulang dan jaringan. Korosi logam Titanium

pada lingkungan yang mengandung fluoride profilaksis bisa menjadi masalah baru. Biasanya untuk mengatasi korosi galvanic ini dilakukan pelapisan material dengan HA (hidroksiapatit) yang tidak toksik, memiliki sifat bioaktif, inert.

Korosi microbial pada Implan gigi berbasis Titanium.

Apakah bakteri yang sangat kecil dapat menjadi masalah besar?

Lingkungan dalam mulut dimana humidity yang tinggi, temperature konstan dan sumber komponen makanan akan memicu perkembangan mikroorganisme. Proses korosi microbial pada logam biomaterial dapat terjadi, dan akan menyebabkan kerusakan biomaterialnya [15] Beberapa penelitian terdahulu tentang jenis bakteri SRB (Sulfate-reducing bacteria) yang mampu mengoksidasi logam, yang akhirnya menjadi pemicu korosi karena pengaruh mikrobiologi (MIC). Bakteri jenis SRB ini dapat terjadi pada bentuk kaviti implant didalam rongga mulut. [16,17]

Salah satu mekanisme MIC menunjukkan bahwa SRB menunjukkan kemampuan memicu korosi. Dalam keadaan anaerob, dimana permukaan logam bertindak sebagai anoda, yang terjadi reaksi oksidasi secara reaksi elektrokimia menghasilkan ion logamnya. Sedangkan bakteri menghasilkan ion sulfur yang bereaksi dengan ion logam akan menghasilkan bentuk senyawa logam sulfida. Pada daerah katodanya ion Hidrogen akan terbentuk dan bereaksi dengan Hidroksil yang terdapat pada lingkungan aqueous. Sehingga oksigen dari Sulfat dikonsumsi untuk mengoksidasi logam, dan membentuk oksida logam.

Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa lingkungan aqueous dalam rongga mulut akan memicu menempelnya bakteri pada permukaan logam. Juga dikatakan bahwa [18] aktivitas SRB menyebabkan perbedaan potensial antara permukaan yang kontak atau tidak kontak dengan bakteri, dimana memicu terbentuknya korosi local seperti sumuran (pitting), yang dicirikan sebagai penetrasi local pada permukaan logam. [19] [28]. Demikian juga korosi logam biomedical pada tubuh manusia sangat kritikal. Dari penelitian sebelumnya memberikan pernyataan bahwa Paduan Titanium ini sangat kecil resiko terjadinya korosi karena bakteri. Logam [20]

Penutup:

Para hadirin yang mulia yang masih bersedia mendengarkan pidato ini,

Masih banyak lagi kasus peristiwa korosi disekitar kita, karena memang proses korosi tidak pernah berhenti. Untuk itu perlu adanya edukasi tentang proses ini, mulai dari tingkat edukasi, fungsi dari personel yang diperlukan, kursus dan pelatihan tentang kasus korosi yang terjadi.

Ada 4 kategori yang diidentifikasi oleh European Federation of Corrosion (EFC) untuk personel yang berkecimpung di lapangan korosi yaitu, [1]

Kategori A: *corrosion scientist and engineers*, yaitu mereka yang terlibat pada pekerjaan yang mengembangkan Teknik dan metode-metode dimana diperlukan pemahaman tentang mekanisme korosi-personel seperti ahli kimia, ahli metalurgi, ahli fisika, dan mereka yang meneliti serta memberikan pelatihan teori dan praktikal nya.

Kategori B dan C: *Corrosion Technologist and Technicians*, yaitu mereka yang dapat berkolaborasi langsung dengan ilmuwan, yang juga memiliki pemahaman yang baik prinsip dasar keilmuannya dan mampu mengaplikasikan pada masalah korosi yang ada.

Kategori D: *Operatives*, yaitu personel yang melaksanakan di lapangan dibawah supervise corrosion engineers. Dalam hal ini, kategori ini harus memahami pengetahuan dasar korosi.

Selain itu, sangat lah penting untuk praktik secara virtual keseluruhan pengendalian korosi yang berbasis risiko. Biasanya diawali dengan membuat identifikasi mekanisme utama dari serangan korosi, kemudian dilakukan intervensi yang beralasan. Hal ini dapat mencakup penggantian material, pemilihan inhibitor korosi, atau perubahan desain komponen atau kondisi fisik yang diharapkan. Tahap kritis bervariasi untuk menganalisis korosi, seringkali dengan pendekatan permodelan. [1]

Corrosion never sleeps: rust here, there and anywhere

Referensi :

1. Pierre R.Roberge, Handbook Of Corrosion Engineering-Third Edition, Mc Graw Hill, 2019
2. Trethewey KR, Chamberlain J. Corrosion for Science and Engineering, 2nd ed. Burnt Mill,UK: Longman Scientific & Technical, 1995
3. Marcel Pourbaix, Atlas of Electrochemical in Aqueous Solution, NACE Houston Texas – Cebelcorr Brussel, 1974
4. Jones. Denny A, Principles and Prevention of Corrosion, Maxwell Macmillan International Editions, 1991
5. Mars G.Fontana, Corrosion Engineering, third Edition, McGraww-Hill International Editions-1987
6. General college chemistry., chapter 17
7. <http://www.canada.ca> : piping mart
8. Corrosionpedia, Soil Corrosion -last update 15 April 2019
9. Montemor,M.F.,et.al.,Analytical Characterization of the Passive Film Formed on Steel in Solutions Simulating the Concrete Interstitial Electrolyte, Corrosion, Vol.54, No 5, 1998
10. Luca Bertolini, Bernhard Elsener et al, Corrosion of Steel in Concrete Prevention, Diagnosis, Repair,Wiley-VCH 2003
11. CNN Indonesia - Rentetan Kebakaran Kilang Pertamina Sepanjang 2021." CNN Indonesia, <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20210612075519-92-653456/rentetan-kebakaran-kilang-pertamina-sepanjang-2021>
12. "Corrosion Under Insulation (CUI) - Definition from Corrosionpedia." Corrosionpedia, 31Aug.2017, <https://www.corrosionpedia.com/definition/116/corrosion-under-insulation-cui>.

13. B.A.Khaidir et al., Titanium and its alloy OPTIMATION OF MULTIPASSES WELDING OF TITANIUM (Ti-6Al-4V) ALLOY BY USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY View project Titanium alloy. [Online] Available:<https://www.researchgate.net/publication/267034976>].
14. Singh B, Britton J, Poblete B, Smith G. The 3 R's-Risk rust and reliability, CORROSION 2005, Paper #553. Houston, Tex : NACE International 2005
15. KAMEDA T., ODA H., OKHUMA K., SANO N., BATBAYAR N., TARASHIMA Y., SATO S., TERADA K., Microbiologically influenced corrosion of orthodontic metallic appliances. *Dent.Mater.J.*,2014,33(2), 187-195.
16. LATA S., SHARMA C>H., SINGH A.K., Comparison of Biocorrosion due to *Desulfotomaculum desulfuricans* and *Desulfotomaculum nigrificans* Bacteria, *J. Mater. Eng. Perform.*,2013,22, 463-469
17. 20.NAZINA T.N., ROZANOVA E.P., BELYAKOVA E.V., LYSENKO A.M., POLTARAUS A.B., TOUROVA T.P., OSIPOV G.A., BELYAEV S.S., Description of “*Desulfotomaculum nigrificans* subsp.salinus” as a New Species. *Desulfotomaculum salinum* sp.nov, *Microbiol.*, 2005, 74(5), 567-574.
18. KURTZ W., RACKY J., Korozja microbiological oraz rola bakterii w przemyśle kopalni chemicznych, *Wiadomosci botaniczne*, 1964 Polish
19. ZUO R., Biofilms: strategies for metal corrosion inhibition employing microorganisms, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2007, 76, 1245-1253
20. JOANNA MYSTKOWSKA, Biocorrosion of dental alloys due to *Desulfotomaculum nigrificans* bacteria., *Acta of Bioengineering and Biomechanics* Vol.18, No 4,2016. DOI:10.5277/ABB-00499-2015-03

RIWAYAT HIDUP

Nama : Prof. Dr. Ir. Rini Riastuti, MSc
NIP : 195901051986032001
Jabatan : Guru Besar
Tempat,Tanggal Lahir : Jakarta, 5 Januari 1959
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Nama Suami : Ir. Bambang Widjajanto

Nama Anak/Menantu : 1. Pandu Bayu Ariaputra, S.Si., M.M
2. Satria Putra Pamungkas, S.Ars

Nama Menantu : Hychmayanti Poertis, S.Si
Nama Cucu : 1. Audrey Kanaya Ariaputra,
2. Deandra Zara Ariaputra,
3. Fraeya Karalyn Ariaputra

Nama Orang Tua
Bapak : Bapak Mukandaryowardono (alm)
Ibu : Ibu Mukandaryowardono (90 th)

Alamat Kantor : Departemen Teknik Metalurgi Dan
Material
Fakultas Teknik Universitas
Indonesia
Jl. Kampus Baru UI -Depok – 16424

Alamat Rumah : Jl. Cipete VII No 83B -Cilandak -
Jakarta Selatan 12430

Email : rini.riastuti@ui.ac.id
riastuti@metal.ui.ac.id

RIWAYAT PENDIDIKAN

- 1965 : TK Budi Waluyo – Jakarta
- 1966-1970 : SD Budi Waluyo – Jakarta
- 1970-1971 : SD Yapenka Jakarta
- 1972-1974 : SMP Negeri 68 Jakarta
- 1975-1977 : SMA Negeri XI Jakarta
- 1978-1985 : Sarjana Teknik, Jurusan Metalurgi
Universitas
Indonesia, Jakarta, Indonesia
- 1989-1990 : Master of Science in the Faculty of
Technology
The Victoria University Of Manchester, UK
- 2014 : Doktor, Program Studi Teknik Metalurgi dan
Material Fakultas Teknik, Universitas
Indonesia, Depok

RIWAYAT PEKERJAAN

- 1986-sekarang : Staf Pengajar DTMM, FTUI
- 1989 – 1996 : Sekretaris Departemen Teknik Metalurgi
- 1990 -1996 : Tim Kurikulum FTUI
- 2016 : Anggota Tim ISO 14001 & OHSAS 18001
- 2016 : Tim Auditor Internal Mutu & Tim Auditor
Internal K3L FTUI

- 2017- 2021 : Ketua Kelompok Ilmiah Korosi & Kimia Material
- 2021-sekarang : Tim Kurikulum Departemen Teknik Metalurgi dan Material
- 2021-sekarang : Kepala Laboratorium Korosi DTMM
- 2021-sekarang : Anggota Senat Akademik Fakultas Teknik-UI

PENGHARGAAN

1. Best research paper in ICMRSE (Virtual Conference), Failure Analysis Of Ex-spool 16" Mol: An Insight Of Machine Learning And Experimental Results, 5th International Conference On Multy-Diciplinary Research Studies And Education IICMRSE 2022)
2. Penghargaan Satyalancana Dharma Makara FTUI Tahun 2021
3. Piagam Tanda Kehormatan Satyalancana Karya Satya XXX Tahun, Keputusan Presiden Republik Indonesia No 77/TK/ Tahun, 2019
4. Penghargaan Kepala Laboratorium Berkomitmen Terbaik Sistem Lingkungan dan Keselamatan ISO 14001 & OHSAS 18001 FTUI 2017
5. Pemakalah Terbaik, Seminar Nasional Metalurgi Dan Material X 2017
6. Penghargaan (Award) Fakultas Teknik UI 2015, Judul Paper, Pitting Corrosion Study of Hyperduplex Stainless steel 3207 in $FeCl_3$ using weight loss, Potentiodynamic Polarization Methods and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) Analysis- QIR 2015

7. Penghargaan (Award) Fakultas Teknik UI 2015, Judul Paper, Crevice Corrosion Study of 3207 Hyperduplex SS in FeCl₃ Solution using Polarization, weight loss and EIS Methods- QIR 2015
8. Piagam Tanda Kehormatan Satyalancana Karya Satya 20 Tahun KEPRES RI No 051/TK/Tahun 2007
9. Piagam Penghargaan Rektor Universitas Indonesia, Dosen Teladan III, Depok 15 Agustus 1995.

SEMINAR NASIONAL DAN INTERNATIONAL (2015-2023)

1. Wahyu Budiarto, **Rini Riastuti**, Nono Darsono and Yudi Nugraha Thaha, *Degradation kinetics studies of aluminum dross modified concrete in chloride solution*, AIP Conference Proceedings 2538, 050001 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0116372> Mei 2023
2. Wahyu Budiarto, **Rini Riastuti**, Nono Darsono and Yudi Nugraha Thaha, *Effect of aluminum dross on concrete reinforcement corrosion in chloride*, AIP Conference Proceedings 2538, 050002 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0116369> - Mei 2023
3. Wahyu Budiarto, **Rini Riastuti**, Nono Darsono and Yudi Nugraha Thaha, *EIS Analysis of Corrosion Behavior of Aluminum Dross Concrete in Chloride Environment*, AIP Conference Proceedings 2538, 050003 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0116366>- Mei 2023
4. **Dinda Putri Amalia**, **Rini Riastuti**, *Anticorrosive Epoxy Coatings Enhanced with Rice Husk Derived-Graphene*.

Jurnal Pendidikan Teknologi Indonesia. Vol 5 No 2 (2022).
<http://jptk.ppj.unp.ac.id/index.php/jptk/article/view/268>

5. Eko Cahyono, **Rini Riastuti**, Myrna Ariati Mochtar, Alfian; *Influence of Annealing on microstructure and pitting corrosion resistance of UNS S32760 super duplexstainless steelrepeated weld.*, AIP Conference Proceedings **2232**, 020003 (2020)
<https://doi.org/10.1063/5.0005020>
6. LUCKY A. MALIK, ²JOHNY W. SOEDARSONO, ³M. YUDIM.S, ⁴**RINI RIASTUTI**, ⁵HARRIS PRABOWO., *RISK BASED INSPECTION OF CORRODED GAS PIPELINES.*, Proceeding of Advanced Research Society for Science and Sociology (ARSSS) Conference, Doha, Qatar, 09th August, 2020
7. Lamria Mora Dhea Friskila, ² Dr. Ir. **Rini Riastuti**, ³Muhammad Asep Yudistira., *The Influence of Addition Quaternary Ammonium Chloride to Prevent CO2 Corrosion on ASTM A106 Grade B Steel.*, TEST Engineering &Management., Article Info Volume 83 Page Number: 23306 – 23314. ISSN: 0193-4120. Publication: 30 April 2020
8. ¹Muhammad Asep Yudistira, ²Dr. Ir. **Rini Riastuti**, M.Sc., ³ Lamria Mora Dhea Friskila., *Effect of Addition of Pyridine-Based Corrosion Inhibitors on Corrosion Behaviors of Carbon Steel in a Co2-Containing Environment.*, TEST Engineering &Management., Article Info Volume 83 Page Number: 23306 – 23314. ISSN: 0193-4120. Publication: 30 April 2020.

9. Yuli Setiawan and **Rini Riastuti**, *Study on imidazoline based inhibitor on A106 Grade B through elektrochemical impedance spectroscopy.*, AIP conference Proceeding 2232,020010(2020)., <https://doi.org/10.1063/5.0005253>.
10. A Nikitasari^{1,2}, M A Prasetyo¹, **R Riastuti**², and E Maburi¹., *Pitting corrosion resistance of CA6NM as geothermal turbine blade material in simulated artificial geothermal brine.*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 541 (2019) 012016 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/541/1/012016.
11. Ciswandi^{1,2}, **Rini Riastuti**¹, Agus Sukarto Wismogroho², Bambang Hermanto², Toto Sudiro^{2*} *Microstructure, Phases Transformation and Hardness of Sintered Fe-Mo-Si Alloys Prepared by Powder Metallurgy Technique.*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 553 (2019) 012023 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/553/1/012023
12. S Devanny and **R Riastuti**., *Corrosion resistance of epoxy primer, polyurethane, and silyl acrylate anti-fouling on carbon steel.*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 541 (2019) 012052 IOP Publishing., doi:10.1088/1757-899X/541/1/012052
13. **Rini Riastuti**¹, Bravola A H Bancin¹, Zamri Rahmat¹, and Sonia T Siallagan¹., *The Influence of Spray Distance of Thermal Sprayed Aluminum (TSA) on its Corrosion Resistance and Bond Strength.*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 553 (2019) 012029 IOP Publishing., doi:10.1088/1757-899X/553/1/012029.

14. **R Riastuti¹**, S T Siallagan¹, A Rifki¹, F Herdino¹, C Ramadini¹., *The effect of saccharin addition to nickel electroplating on the formation of nanocrystalline nickel deposits.*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 541 (2019) 012053 IOP Publishing., doi:10.1088/1757-899X/541/1/012053.
15. **R Riastuti^{1*}**, A Cahyadi¹, Y Pratesa¹, and S T Siallagan¹., *The study of corrosion resistance of reinforcement steel embedded in concrete composed of commercial Portland cement and final tin slag against chloride environment.*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 431 (2018) 052006 doi:10.1088/1757-899X/431/5/052006.,
16. **Rini Riastuti^{1,a}**, Falah Herdino^{1,b}, Achmad Rifki^{1,c}, Cika Ramadini^{1,d}, and Sonia Taruli Siallagan^{1,d} ., *The effect of sodium citrate as an additive on properties of electroplated nickel on SPCC steel.* AIP Conference Proceedings **2043**, 020013 (2018); <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.5080032>
17. **Rini Riastuti**, Achmad Rifki, Falah Herdino, Cika Ramadini, and Sonia Siallagan., *Effect of saccharin as additive in nickel electroplating on SPCC steel.*, AIP Conference Proceedings **2043**, 020012 (2018); <https://doi.org/10.1063/1.5080031>.
18. **Rini Riastuti**, Dandi Panggih Triharto, Adam Hidana Yudo Saputro, *Studi Ketahanan Korosi Sumuran Pada Baja Tahan Karat SUS 316L. SUS 317L, SUS 329J Dan HC-276 Dalam Larutan Asam asetat yang Mengandung Ion Bromida*, SENAMM VIII – UGM Yogyakarta, Nov 2015

19. Eka Febriyanti, Dedi Priadi, **Rini Riastuti**, *Pengaruh Peningkatan Derajat Deformasi Canai Hangat Terhadap Perubahan Morfologi Struktur Paduan Cu-Zn 70/30*, SENAMM VIII – UGM Yogyakarta, Nov 2015
20. **Rini Riastuti**, and Reinol Eko Sianturi, Adam Hudono Yudo Saputro, *Pitting Corrosion Study of Hyper-Duplex Stainless Steel 3207 in 6% FeCl₃ using Weight Loss, Potentiodynamic Polarization Methods and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) Analysis*, QIR 2015 Lombok Indonesia
21. **Rini Riastuti**, Mega Herawati Arifiana Amanah Notonegoro, Adam Hidana Yudo Saputro, *Crevice Corrosion Study of 3207 Hyperduplex Stainless Steel in FeCl₃ 6% Solution Using Polarization, Weight Loss, and Electrochemical Impedance Spectroscopy Methods*, QIR 2015 Lombok Indonesia
22. Myrna Ariati, **Rini Riastuti**, Rizki Adila, *Analisis Lapisan Intermetalik pada permukaan Baja Perkakas H13 dengan perlakuan Panas Shot Pening dan Nitridisasi Sebagai Awal Die Soldering Pada Proses Die Casting Paduan Aluminium ADC12*, Seminar Nasional Teknologi (SENATEK 2015), Proceedings ISSN 2407-7534, Malang Januari 2015
23. **Rini Riastuti**, Myrna Ariati, Reyningtyas Putri Perwitasari, M Akbar Barrinaya, *Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Ketahanan Korosi Sumuran Baja Tahan Karat Dupleks 22Cr*, Seminar Nasional Teknologi (SENATEK 2015), Proceedings ISSN 2407-7534, Malang Januari 2015

PUBLIKASI NASIONAL DAN INTERNASIONAL

1. Anjar Oktikawati, **Rini Riastuti**, Nursidi Yuanto, *Multi-Mode Total Focusing Method (MTFM) to Detect High Temperature Hydrogen Attack (HTHA) – A Review*, " Journal of Materials Exploration and Findings (JMFEF): Vol. 2: Iss. 1, Article 1. DOI: 10.7454/jmef.v2i1.1025 Available at: <https://scholarhub.ui.ac.id/jmef/vol2/iss1/1-> Mei tahun 2023
2. Johny Wahyuadi Soedarsono, Arie Wijaya, Taufik Adityawarman, Agus Paul Setiawan Kaban, **Rini Riastuti**, Ayenda, *Development Of Risk-Based Inspection Of 28-Years-Old Subsea Sales Gas Pipelines To Support The Energy Demand*, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774, DOI: 10.15587/1729-4061.2023.277256. Published 28 April 2023
3. Taufik Adityawarman, Johny Wahyuadi Soedarsono, Agus Paul Setiawan Kaban, **Rini Riastuti**, Haryo Rahmadani, *The Study of Artificial Intelligent in Risk-Based Inspection Assessment and Screening: A Study Case of Inline Inspection*, ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering MARCH 2023, Vol. 9 / 011204-1
4. Agus Paul Setiawan Kaban, Johny Wahyuadi Soedarsono, Wahyu Mayangsari, Mochammad Syaiful Anwar, Ahmad Maksum, Aga Ridhova and **Rini Riastuti**, *Insight on Corrosion Prevention of C1018 in 1.0 M Hydrochloric Acid Using Liquid Smoke of Rice Husk Ash: Electrochemical, Surface Analysis, and Deep Learning Studies*,

<https://doi.org/10.3390/coatings13010136>.

Coatings **2023**, 13(1) MDPI 10 Januari 2023

5. Reza M. Ulum, Natalin, **Rini Riastuti***, Wahyu Mayangsari, Agus B. Prasetyo, Johny W. Soedarsono, and Ahmad Maksum., *Pyro-Hydrometallurgy Routes to Recover Silica from Indonesian Ferronickel Slag*, <https://doi.org/10.3390/recycling8010013>. MDPI ,13 January 2023
6. Triadhi P. Tigger^{1,2,a}), Rini Riastuti¹⁾, *Risk Management of Carbon Steel Piping in Sweet Environment Multiphase Fluid Production*, *Journal of Materials Exploration and Findings (JMEF)*: Vol. 1: Iss. 2, Article 4. DOI: 10.7454/jmef.v1i2.1016 Available at: <https://scholarhub.ui.ac.id/jmef/vol1/iss2/4>
7. **Rini Riastuti**, Giannisa Mashanafie, Vika Rizkia, Ahmad Maksum, Siska Prifiharni, Ahus Kaban, Gadang Priyotomo, Johny Soedarsono, *Effect of Syzygium Cumini Leaf Extract As a Green Corrosion Inhibitor On API 5L Carbon Steek In 1M HCl*, *Eastern-European Jurnal of Enterprise Technologies*, 6 (8(120)), 30-41. Doi://<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267232>
8. **Rini Riastuti**, Kautsar Muwahhid, Ahmad Maksum, Johny Wahyuadi Soedarsono, Mhd. Ibkar Yusran Asfar, *STUDY OF INFLUENCE TIME IN THE IMPROVEMENT OF NICKEL CONTENTS ON LIMONITE PROCESSING USING NAOH*, *ROTOR*, Volume 15 Nomor 2, November 2022
9. **Rini Riastuti**, Alfian, Rizky Rama Putra Manurung , Wahyu Budiarto , Agus S Kaban, *Corrosion Failure Analysis of CuNi 90/10 on Seawater Fire Protection*

System, Jurnal Pendidikan Teknologi Kejuruan Vol. 5, No. 4 November 2022

10. **Rini Riastuti***, Kautsar Muwahhid, Ahmad Maksum, Johny Wahyuadi Soedarsono, Mhd. Ibkar Yusran Asfar, *Effect of Thiosulfate Concentration and Leaching Temperature in Ammoniacal Thiosulfate Leaching of Refractory Sulfide Gold Ore*, Jurnal METTEK Volume 8 No 2 (2022) pp 146 – 152.
11. Rado Riady*, Johny Wahyuadi Soedarsono, **Rini Riastuti**, Iman Adipurnama, Material selection for raw gas pipeline at SBR#2 gas field, Teknomekanik, Vol. 5, No. 2, pp. 63-71, December 2022 e-ISSN: 2621-8720 p-ISSN: 2621-9980 63.
12. **Rini Riastuti**, Dinar Setiawidiani, Johny Wahyuadi, Sidhi Ariwibowo, Agus Paul Setiawan Kaban, *Development of Saga (Abrus Precatorius) seed extraxt as Green Corrosion Inhibitor in API 5L Grade B under 1M HCl Solutions.*, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ,4(8(118)),46-56.
Doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263236>. 30 AGUSTUS 2022
13. Taufik Aditiyawarman.,Johny Wahyuadi Soedarsono., Agus Paul Setiawan Kaban.,**Rini Riastuti**, Haryo Rahmadani., *The Study of Artificial Intelligent in Risk-Based Inspection Assessment and Screening: A Study Case of Inline Inspection ., ASME J. Risk Uncertainty Part B. Mar 2023, 9(1): 011204 (16 pages).* <https://doi.org/10.1115/1.4054969> Published Online: August 8, 2022

14. Taufik Adityawarman., Johny Wahyuadi Soedarsono., Agus Paul Setiawan Kaban., **Rini Riastuti.**, Haryo Rahmadani., Mohammad Pribadi., Rizal Tresna Ramdhani., Sidhi Aribowo., Suryadi., *RISK ANALYSIS OF EX-SPOOL 16" MOL: AN INSIGHT OF MACHINE LEARNING AND EXPERIMENTAL RESULT.*, : <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259858>
Published: 30 Juni 2022
15. Nizamul Latif, Johny Wahyuadi, Tribowo, **Rini Riastuti.**, *Erosion corrosion failure on elbow distillate heater system in the petrochemical industry.*, Materials Today Proceeding., [https://www.sciencedirect.com/journal/materials-today-proceedings.](https://www.sciencedirect.com/journal/materials-today-proceedings), [https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.740.](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.740), Published: 13 May 2022
16. Agus Paul Setiawan Kaban^a, Wahyu Mayangsari^b, Mochammad Syaiful Anwar^b, Ahmad Maksum^c, **Rini Riastuti**^a, Taufik Adityawarman ^{a,d}, Johny Wahyuadi Soedarsono ^{a.}, *Experimental and modelling waste rice husk ash as a novel green corrosion inhibitor under acidic environment.*, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.738>
Available online 5 May 2022
17. Muhammad Refai Muslih⁽¹⁾, Tri Hardi Priyanto⁽²⁾, Muhammad Rifai⁽³⁾, Andryansah Andryansah⁽⁴⁾, **Rini Riastuti**⁽⁵⁾, Texture characterization of the copper produced by ECAP process using neutron diffraction technique. JUSAMI, Indonesian Journal of Material Science. [http://jurnal.batan.go.id/index.php/jsmi/article/view/6604.](http://jurnal.batan.go.id/index.php/jsmi/article/view/6604), Vol 23, No 2: April 2022.

18. Norman Subekti, Johny W Soedarsono, **Rini Riastuti**, Folo Daniel Sianipar, *DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL FRIENDLY CORROSION INHIBITOR FROM THE EXTRACT OF ARECA FLOWER FOR MILD STEEL IN ACIDIC MEDIA.*, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774., 2/6 (104) 2020., DOI: 10.15587/1729-4061.2020.197875

19. Afif Shidqi Ashari, Agung Cahyadi, **Rini Riastuti**, *Preliminary Study of Corrosion Behaviour on Carbon Steel Rebar in Mortar Mixed with Tin Slag as Partial Substitute Cementious Material under 3.5% NaCl Environment Using Electrochemical Impedance Spectroscopy*, Key Engineering Materials (Vol 833) p.233-237., March 2020., <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.833.233>

20. **Rini Riastuti**, Purnama Riyanti, Dedi Priadi, Eddy S Siradj, *Effect of Hydrogen Charging on Microstructure Morphology of Warm Rolled Low Carbon Steel*, *Advanced Materials Research Vols. 418-420 (2012) pp 1076-1080*

BUKU/MODUL :

1. Rini Riastuti, Buku Rekonstruksi Dan Pedoman Kerja Mahasiswa, **Korosi Dan Perlindungan Logam**, FTUI, Agustus 1993
2. Rini Riastuti, **Lecture Notes Elektrokimia**, Hibah Pengajaran A2 DTMM, 2006

3. Buku Rancangan Pengajaran Korosi Dan Perlindungan Logam (Hak Cipta No EC002022102950, 9 Desember 2022)
4. Modul Praktikum Korosi 2021 (Hak Cipta No EC002022105191, 13 Desember 2022)
5. Modul Praktikum Korosi 2021 (Hak Cipta No EC002022105000, 13 Desember 2022)

PENGALAMAN RISET

1. Hibah Tim Pasca Sarjana - URGE DIKTI, 2000
2. DIKMAK 5.250 Tahun 2000/2001 - *Studi Pengaruh Waktu Tahan Panas Pada Temperatur 675°C Terhadap Ketahanan Korosi Batas Butir Dan Terbentuknya Fasa Sigma Pada Baja Tahan Karat Austenitik 2RE69 Dan AISI 316L dengan Metode Huey Dan Xray Difraksi.*
3. Hibah Mahasiswa S2-S3-DRPM Tahun 2009 - *Studi experimental dan evaluasi struktur mikro baja karbon rendah sesudah pengerolan pada kondisi dibawah temperature A_{c1} (Warm Rolling) terhadap sifat mekanik dan ketahanan korosi untuk aplikasi pipa minyak dan gas.*
4. Hibah Bersaing Perguruan Tinggi XVI/1, Tahun 2009 - *Optimasi Proses Ekstraksi untuk Produksi Antioksidan Alami dari Daun Sempur Air (Dillenia indica)*
5. Hibah Pasca Sarjana UI, Tahun 2011, *Pembentukan Struktur Nano Pada Baja Karbon Rendah melalui Proses Severe Plastic Deformation.*

6. Hibah Riset Madya DRPM UI, Agustus 2012 - *Pengendalian Struktur Mikro, Ketahanan Korosi Sumuran dan ketahanan Korosi Serangan Hydrogen pada Lasan Baja Tahan Karat SAF 2707 Hyperduplex.*
7. Hibah Publikasi Internasional Terindeks, DRPM 2017- *Pengaturan Parameter dan Bahan Aditif Proses Lapis Listrik Nikel pada Baja Karbon SPCC untuk Menghasilkan Lapisan Nano Kristal Yang Memiliki Ketahanan Korosi Tinggi.*
8. Hibah Publikasi Internasional Terindeks Unttk Tugas akhir Mahasiswa (PITTA) Tahun 2018- *Studi Ketahanan Korosi Baja Tulangan di dalam Beton Hasil Pemanfaatan Slag Akhir Timah dan Slag Feronikel terhadap lingkungan Khlorida.*
9. Hibah Publikasi Internasional Terindeks untuk Tugas Akhir Mahasiswa (Hibah PITTA) Tahun 2018- *Pengaruh Pengaturan Parameter Penyemprotan Logam Panas Aluminium (TSA) terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Korosi Pada Baja Tahan Karat 316.*
10. Hibah Publikasi Internasional Terindeks Tugas Akhir (Hibah PITTA B) 2019- *Studi Pengaruh Inhibitor terhadap Resistansi dan Morfologi Korosi Baja Karbon pada Lingkungan CO₂.*
11. Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) 2021- *Pemanfaatan Terak Ferronickel dalam Konteks Ekstraksi Silika untuk Memperoleh NanoSilika dengan Metode Piro-Hidrometalurgi.(3 tahun)*

12. Hibah Publikasi Terindeks Internasional (PUTI) Q2 Tahun 2022 - *Effektifitas Penghambatan Korosi Ekstrak Daun Jamblang pada Material Carbon Steel API 5L dalam Lingkungan 1M HCl.*
13. Hibah PUTI Pascasarjana 2023 - *Karakteristik Elektrokimia dan Mikrostruktur Ti-6Al-7Nb Pengecoran Sentrifugal untuk Aplikasi Implan Ortopedi Berdasarkan Variasi Waktu Penuaan .*

PENGALAMAN PENGABDIAN MASYARAKAT DAN PENUNJANG

1. Dewan Pakar INDONESIA CORROSION ASSOCIATION (INDOCOR), Jakarta, 2022
2. Pelayanan CMPFA ke Industri PT Pertamina Regional 1, Instruktur, 2022
3. Nara sumber pada riset Root cause failure analysis of 12” Pipe, 2021
4. Narasumber Pelatihan PT Pertamina RU VI Balongan “Root of cause failure analysis of caustic line pipe, 2021
5. Pengembangan Material Maju dan Teknologi Material untuk Akselerasi Kemajuan Industri Nasional, Instruktur, Semarang 2017
6. FGD Perumusan Standard Nasional Indonesia Uji Tak Rusak-Uji Partikel Magnetik-Kosakata-Uji Tak Rusak-Uji Partikel Magnetic-Bagian 1: Prinsip Umum Uji Tak Rusak Ultrasonic Spesifikasi Untuk Blok kalibrasi step wedge, Narasumber, BATAN, Serpong, 2019
7. Anggota Komite Teknis Perumusan Standar Nasional Indonesia 19-01 Uji Tak Rusak- BSN, 2019-2022

8. Peserta Sosialisasi dan Workshop Surat Tanda Registrasi Insinyur Badan Kejuruan Material, PII, Jakarta 2022
9. Anggota Dewan Pakar Asosiasi Korosi Indonesia, Jakarta, 2017-2019
10. Internasional Seminar on Metallurgy and Materials, **Reviewer**, Jakarta, 2017
11. Anggota Tim ISO 14001&OHSAS 18001 FTUI Tahun 2016
12. Tim Auditor Internal ISO 14001&OHSAS 18001 Tahun 2016
13. Tim Auditor Internal Mutu & Tim Auditor Internal K3L FTUI Tahun 2016
14. Reviewer, The 14th International Conference on Quality in Research, FTUI 2015
15. Keynote Speaker, Marine Corrosion Seminar Corrosion Prevention&Protection, Marinetec Indonesia-Indocor, 2014
16. Speaker on Exhibition at Marintec Indonesia, Indocor, 2014
17. Narasumber Rapat Konsensus Perumusan Rancangan Standar Nasional Uji Tak Rusak, Tahun 2014
18. Instructor at Training of Corrosion Knowledge PT Astra Agro Lestari Tbk, CMPFA DTMM FTUI, Tahun 2014
19. Anggota Panitia Teknis 19-01 Bidang UTR dalam perumusan Rancangan Standar Nasional Indonesia bidang ketenagaan nuklir, Tahun 2010

Seminar Internasional /workshop :

1. Pelatihan alat XRD- Almelo – Holand 1997
2. Pelatihan alat XRD- Manchester – UK – 1997
3. Workshop Total – Paris -France – 2012

UCAPAN TERIMA KASIH

Bapak, ibu dan undangan yang saya hormati,

Mengakhiri pidato ilmiah ini, perkenankanlah saya mengucapkan rasa terima kasih saya yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah mendukung segala kegiatan saya dalam melaksanakan pendidikan, pengajaran, penelitian, pengabdian masyarakat sampai pada pengukuhan sebagai Guru Besar Bidang Ilmu Korosi di Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Bersyukur kehadiran Mu Allah Yang Maha Mulia atas segala apa yang telah saya capai selama hidup saya. Tanpa ridho Mu tentu saja tidak akan sampai seperti ini.

Ucapan terima kasih yang paling utama dan tidak pernah putus adalah untuk kedua orang tua saya, ibunda tercinta yang telah melahirkan, membesarkan, mendukung dan memberikan kasih sayangnya yang tiada akhir sampai saat ini, dan ayahanda tercinta (almarhum) Bapak Mukan Daryowardono yang senantiasa mensupport saya sejak kecil sampai menjadi Insinyur sesuai mimpi Bapak selama itu. Bapak telah menjadi inspirasi berharga dari kecerdasan, ketekunan dan kerajinan yang dimilikinya yang menjadi contoh untuk saya dalam menekuni pelajaran- pelajaran selama saya bersekolah dan kuliah di Fakultas Teknik. Terima kasih juga kepada kakak-kakak tercinta, mbak Hani, mas Nano, Mas Anto dan adik-adik saya, Krisnawan, Dade dan Widia yang selalu memberikan warna tersendiri di kehidupan remaja saya sampai saat ini. Juga kakak adik ipar yang baik hati, mas Hagung, Mbak Tuti, Mbak Mutia, Susi, Nita dan Ferry yang selalu membuat suasana ramai dan segar di saat kita berkumpul di rumah ibunda. Juga

terima kasih untuk semua keponakan, cucu, cicit dari ibunda yang senantiasa meramaikan keluarga besar ini.

Terima kasih untuk suami tercinta Bambang Widjanto yang selalu memberikan dukungan dan cintanya selama ini, kesabarannya dalam mendampingi istrinya yang selalu disibukan oleh pekerjaan kampus, ngajar, ujian, koreksi, bikin paper, seminar, raker yang tidak pernah ada jeda nya. Juga anak-anakku Pandu dan Amung yang telah menjadi anak yang baik, yang juga menjadi teman ngobrol dari yang lucu sampai serius (telah menjadi tumpahan kepenatan hati selama ini), terima kasih ya Nak sudah banyak membantu ibu selama ini, Terima kasih untuk menantu saya yang cantik dan cerdas, Poertis, yang telah memberikan tiga cucu yang cantik dan cerdas pula, Audy, Zaza dan Feya, penyejuk hati yang tidak bisa lepas dari perhatian saya.

Terima kasih untuk bapak dan ibu mertua, alm Bapak Drs Suradjiman dan Ibu Djarwati yang selalu mendoakan kami anak, menantu dan cucu, serta terima kasih kakak dan adik ipar; mbak Andarini, Mas Ayok, mbak Ita, Suryo dan Nunu. mas Nana, Mbak Ninik, Mbak Yani, dan mbak Niken. Serta semua keponakan dan cucu, terima kasih untuk segala perhatian, canda dan tawa dalam kebersamaan kita.

Pada kesempatan ini pula ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi RI, bapak Nadiem Anwar Makarim, yang telah menetapkan dan mengangkat saya sebagai Guru Besar FTUI dalam bidang Ilmu Korosi.

Saya menyampaikan hormat dan terima kasih kepada Rektor Universitas Indonesia, Prof Ari Kuncoro, SE, MA, Ph.D, beserta jajaran Pimpinan Universitas Indonesia; serta Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia yang telah mengusulkan

pengangkatan saya sebagai Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Terima kasih kepada Ketua Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia: Ibu DR (HC) Noni Sri Ayati Purnomo, B.Eng.,MBA., Sekretaris Ibu Corina D.S. Riantoputra, MCom., Ph.D, Psikolog dan para Anggota.

Terima kasih kepada Rektor Universitas Indonesia Prof. Ari Kuncoro, S.E, M.A., Ph.D., Wakil Bidang Akademik dan Kemahasiswaan Prof., Dr. rer.nat. Abdul Haris, Wakil Rektor Bidang Keuangan dan Logistik ibu Vita Silvira, S.E., MBA, Wakil Rektor Bidang Riset dan Inovasi ibu drg. Nurtami, PhD.,Sp,OF(K), Wakil Rektor Bidang SDM dan Aset Prof., Dr., Ir., Dedi Priadi, DEA, serta Sekretaris Universitas ibu dr Agustin Kusumayati, M.Sc., Ph.D.

Terima kasih kepada Ketua Dewan Guru Besar Universitas Indonesia: Prof. Harkristuti Harkrisnowo, SH, MA, Ph.D., Sekretaris Prof. Dr., drg. Indang Trihandini, M.Kes. dan Seluruh Anggota.

Ketua Tim PAK Universitas Indonesia Prof Heru Suhartanto dan seluruh anggota Tim PAK Universitas Indonesia yang telah mengusulkan hingga menyetujui pengukuhan Guru Besar saya hari ini dan menerima saya dalam lingkungan akademik yang terhormat ini.

Terima kasih pula saya sampaikan kepada Prof. Dr.-Ing Amalia Suzianti, ST, M.Sc sebagai Direktur Sumber Daya Manusia Universitas Indonesia serta seluruh kasubdit, kepala seksi serta staff pada Direktorat SDM Universitas Indonesia dalam pengusulan Guru Besar saya, sampai terbitnya SK GB saya.

Terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia Periode 2022-2026 Prof. Dr. Heri Hermansyah, M.Eng, kepada Wakil Dekan Bidang Pendidikan, Penelitian dan Kemahasiswaan Prof.Dr.Ir. Yanuar., M.Eng., M.Sc, dan Wakil Dekan Bidang Sumber Daya, Ventura dan Administrasi Umum Prof. Ir. Mahmud Sudibandriyo, M.Sc., Ph.D.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dewan Guru Besar FTUI Prof Ir. Yulianto Sulisty Nugroho, M.Sc., Ph.D serta seluruh anggota Dewan Guru Besar FTUI, yang telah menyetujui, mendukung dan meproses lebih lanjut pengusulan giuru besar saya.

Terima kasih kepada Ketua Senat Akademik FTUI, Prof. Kemas Ridwan Kurniawan, ST., M.Sc., Ph.D dan jajaran seluruh anggota Senat Akademik FTUI Periode 2019-2024, yang telah mendukung dan menyetujui proses pengusulan Guru Besar saya.

Terima kasih saya haturkan kepada Manajer Sumber Daya Manusia dan Fasilitas FTUI, Dr. Ajib Setyo Arifin, S.T., M.T., Mbak Amidah, Mbak Tikka serta karyawan yang membantu di bidang SDM FTUI dalam pelaksanaan proses pengusulan Guru Besar saya ini.

Ucapan terima kasih saya kepada Tim Reviewer dalam pengusulan Guru Besar saya, Prof. Ir. Anne Zulfia, M.Phil., Ph.D, Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA dari Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS , serta Prof. Dr. Ir. Muhammad Anis., M.Met. yang telah meluangkan waktunya untuk me-review karya ilmiah saya.

Terima kasih untuk Prof Djoko Hartono yang memberi semangat luar biasa untuk mencapai Guru Besar ini, juga Prof Harry Sudibyo yang rajin bertanya, Ir Amien Rahardjo teman seperjuangan sejak 78, Prof Heru Purnomo tempat

bertanya dalam persiapan segala administrasi untuk GB, Prof Dijan Supramono dan Prof Dewi Tristantini teman repot bareng dalam persiapan acara pengukuhan GB ini.

Terimakasih untuk kolega dosen di DTMM, Ketua dan Sekretaris Departemen Dr Deni Ferdian , Dr A.Zakyudin, Prof Bambang Suharno tim pak DTMM, Prof Eddy Siradj, Prof Sutopo, Prof M Anis, Prof Johny Wahyuadi Ketua Kelompok Ilmiah Korosi dan Ekstraksi Material yang dengan segala kejailannya yang tidak pernah berhenti , Prof Winarto, Prof Sri Harjanto, Calon Prof Dr. Donanta, Dr Rahmat Saptono, Calon Prof Dr Chalid, Dr Nofrijon, Dr. Bambang Priono, Prof Herman Dr Dwi Matra Nurjaya dan Dr Badrul Munir serta srikandi-srikandi hebat dari DTMM : Prof Anne, Dr Myrna, Dr Yunita , Prof Bondan, Dr Sotya, Intan PhD, telah memberi warna manis dan segar di DTMM.

Terima kasih para dosen junior yang banyak membantu disaat sedang gagap teknologi, mas Baim calon Doktor yang semoga segera lulus, Dr Alfian, Dr Fajar, Dr Reza, Dr Adam dan Juga Calon Dr. Yudha di Jerman yang banyak membantu saya dan menjadi teman diskusi mata kuliah, riset dan lainnya. Sekali lagi terima kasih atas dukungannya untuk saya menjadi Profesor.

Kepada teman-teman tenaga kependidikan DTMM, Yulis, Sukma, Dewi, Aaf, Narisa serta para laboran Dewi Kurnia, Mitha, Ari, dan tim pendukung mas Ndang dan mas Udin Syarifudin atas kerjasama yang baik dalam pengumpulan SK, penyusunan pemberkasan selama proses administrasi Guru Besar saya.

Dalam menyusun berkas pengusulan Guru Besar ini, saya ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang saat itu berjibaku mengumpulkan, menyusun, dan

menghitung perolehan angka kredit nya, Pak Dr, Ahmad Maksum, mas Jalal, Agus Kaban, Dr.Vika teman diskusi penulisan jurnal , Mbak Narisa, Mbak Dewi, Mbak Sukma, Mbak Amidah, Mas Fajar dan para asisten mahasiswa, Mulyo, alm Najwan, Irfan, juga mas Ndang tim konsumsi, yang tanpa lelah bekerja keras dengan arahan dan pantauan dari Prof Johny Wahyuadi DEA, sahabat terbaik saya selama ini.

Pada kesempatan ini, saya juga ingin mengingat masa sekolah dari SD, SMP, SMA dan Kuliah di Jurusan Metalurgi FTUI, banyak orang yang memberikan arti selama mengenyam Pendidikan sampai menjadi Insinyur dan Doktor yang diimpikan.

Ucapan terimakasih saya haturkan juga kepada guru-guru saya sejak di Sekolah Dasar Yapenka, pak Asmat, Pak Satimin yang selalu bangga karena saya selalu menjadi juara kelas saat itu. Karena di SD Yapenka saya hanya menikmati masa belajar satu tahun, maka sedikit teman yang saya ingat bermain bersama saat itu, alm Rika, alm Nuni, dan Wiwik yang masih melekat diingatan saya.

Juga terima kasih saya untuk guru-guru saya di SMP 68, pak Broto, pak Yana, Pak Fauzi, Bu Tin, Pak Kamdi, ibu Marnis (yang disebut ini sudah berpulang saat ini). Pak Maryono, Pak Shadikin, Ibu Sukapti yang sampai saat ini masih tetap dapat saling bersilaturahmi. Mereka mengajari kami murid-murid dengan kasih sayang dan selalu memberi motivasi untuk menjadi yang terbaik. Semoga jasa mereka mendapat balasan yang sempurna dari Allah SWT.

Terima kasih juga untuk Guru-guru di SMA XI yang selalu dengan disiplinnya mengajar kami, sehingga sekolah kami pun menjadi sekolah unggulan di masa itu, Bu Masnah yang pandai kimia, Pak Tamsir dengan Aljabarnya, Bu Parwati

dengan Goniometri nya, Bu Nuni yang cantik dengan biologinya dan banyak lagi yang menjadi guru andalan SMA XI saat itu. Semua ini menjadi bekal saya untuk dapat menembus ujian masuk ke UI saat itu. Ucapan terimakasih juga untuk teman sepermainan saat di SMA XI ini, almh Nuni yang sejak SD selalu duduk sebangku bila kelas kita bersamaan, Popop, Wati, Tanti, alm Rizal, Freeke, Miswarni, Iwan, dan beberapa teman kelompok belajar, vocal grup dan segala kegiatan masa SMA.

Terimakasih untuk dosen-dosen saya, yang telah mengenalkan ilmu metalurgi selama saya kuliah di Jurusan Metalurgi; Dr Rahmantio, Dr Mulyono, Dipl Ing Yani Winata, Prof Sutopo, Dra Sari Katili, alm Ir Todung Barita MSc, alm Ir Bustanul, almh Ir Sriati Djapri.

Dr. Sunara Purwadarminta pembimbing skripsi saya di bidang korosi, Dr Rozik Boedioro yang mengajarkan Hydrometalurgi, Ir Daryatmo dengan ilmu bahan galian industry serta pengolahan mineral, Dr A Sulaiman yang menjadi pembimbing penelitian bidan korosi di LIPI Bandung saat itu, mereka telah memberikan ilmu pengetahuan korosi dan ekstraksi secara mendalam. Tanpa mereka tentunya ilmu Metalurgi, Korosi, ekstraksi sangat lah sulit dipahami, karena disaat saya mahasiswa jarang sekali ada buku Metalurgi dan Korosi yang menjadi bahan referensi kami.

Terima kasih untuk Prof.Dr.Ir. Eddy Siradj M.Eng sebagai promotor, Prof.Dr.Ir. Johny Wahyuadi DEA dan Prof Dedi Priadi sebagai Ko-promotor, Prof. Dr. Nurul Taufiqur Rochman M.Eng, Dr Ir. Iskandar Muda dari PT KS, Prof Dr. Ir. Muhammad Anis, M.Met, sebagai tim penguji pada Ujian Doktor saya di FTUI. Banyak masukan berharga yang saya dapat terutama dari Dr Iskandar Muda yang memberi

pencerahan tentang *nano grain* dan proses canai hangat untuk baja.

Terima kasih kepada para asisten Lab Korosi dan Ekstraksi periode 2021-2022, Rafi, Rayhan, Najla, Fikri, Nanda, Akmal Fagih, Zahwa, Rizqi, Syafiq, Andre atas kerja kerasnya menjalankan kegiatan di laboratorium Korosi. Dan juga para asisten periode 2022-2023, Irfan, Alya, Andi, Mulyo, alm Najwan, Rafif, Rizky, Hana, Adhimas dan Sebastian yang banyak membantu dalam penyusunan modul praktikum sampai bisa di usulkan pada Hak Cipta. Tidak lupa mbak Dechan, Dewi Kurnia yang selalu siap dan sedia dalam membantu mahasiswa tugas akhir, praktikum ataupun administrasi Lab yang berkaitan dengan K3L, terima kasih ya Dechan atas segala dukungan yang tinggi.

Terima kasih untuk para mahasiswa dan alumni yang membantu dalam pengadaan jurnal dan prosidingnya, Agus Kaban, Vika, Giannisa. Terima kasih pada Tim Beton: Wahyu, Ibnu, Irma, Afif, Agung, atas kerja kerasnya dalam pelaksanaan Hibah Publikasi Internasional Terindeks Untuk Tugas akhir Mahasiswa (PITTA) Tahun 2018. Juga pada Tim Elektroplating Hibah Publikasi Internasional Terindeks, DRPM 2017: Amet, Fallah, Sonia dan Cika Ramadani, dan Bravo yang rajin ikut seminar disana sini. Dan mahasiswa yang tergabung dari Hibah DRPM lain Yuli, Eko, Alfian, Lamirra, Asep, Tegar. Dan para mahasiswa yang tergabung pada riset tentang *Severe Plastic Deformation*, Purnama, Bastian, Julian Restudy, Nandyo, Oggie Prima Dita, Ronald, Amri, Jordan yang semangat melakukan riset *warm rolling* di laboratorium proses sampai terjadi tragedy Anton dengan mesin rol nya. Juga terima kasih untuk Reinold, Mega dan Adam yang memberikan kontribusi yang membaggakan pada QIR 2015.

Perjalanan hidup saya tidak hanya menikmati segala aktivitas akademik tetapi banyak hal yang dilalui bersama keluarga, kakak-adik, sahabat, teman-teman masa kecil yang dengan adanya teknologi canggih *Whatsapp Groups* masa kini menjadikan keakraban yang semakin kental, penuh canda dan tawa yang membuat pikiran lebih santai.

Terima kasih kepada teman seperjuangan Metalurgi angkatan 78 dengan ketua Angkatan Prof Johny Wahyuadi. Sepanjang kami menuntut ilmu di jurusan Metalurgi tentu banyak kisah suka, duka, lucu, yang kalau diungkap kembali saat ini tentunya membuat kami senyum simpul dan geleng-geleng kepala. Sampai saat ini tali kekeluargaan Metal 78 (Amril, Alfian, Ferdy, Hero, Erry, Bram, Bamby, Budi, Herman, Iwan, Kemal, Lufty, Marudut, Mardianto, Serling, Reza, Oji, Theo, Sunyoto), masih terus terjalin, saat itu mahasiswi hanya lima orang, Tanti, Rita, Tuti, Ester (almh) dan saya sendiri. Dengan menjadi yang minoritas kami tidak mendapatkan perlakuan khusus dari teman laki-laki yang gagah-gagah saat praktikum pengecoran dll. Pada tahun 1980, Sebagian teman pindah ke Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia yang saat itu baru dibuka dengan adanya kerjasama FTUI-Pertamina. Walau demikian persahabatan kami tetap terjalin sampai saat ini. METAL !!!!!

Teman-teman kecil di SD Yopenka ; Danny, Dwi Swe bu guru TK yang penuh inspiratif, Titi dengan kulinernya, Nana bu dokter gigi yang selalu ceria, Suzy yang manis, Nur dan Nunuk yang penuh ide piknik, Wiwik yang berkomentar halus, Hadar dengan kisah gowes dari café ke café, Linda, Ranie, Pandu, Nanto dengan cateringnya, Nungky sang DJ, terima kasih telah memberikan suasana hati gembira dengan celotehannya dari pagi sampai malam,

Teman grup Ketupat (kelulusan tujuh empat SMP 68), Wati, Dian, Wiwien, Lilies, Popop, Erly, Rani, Otty, Dewi Jogja, Edi

Gombloh, Bang Juhro, Ngatini dengan tausyiah paginya, Tjandra dengan senyum dan keceriaan yang tak terlupakan, Nyoman dengan segala nasihat islaminya, Yayuk Kuniil dengan lagu-lagu lawasnya, Tatiet dengan info sehatnya, Tiur dengan tembang-tembangnya, Semua memberikan keseruan tersendiri dengan komentar spontanitas yang membuat tersenyum. Terima kasih yaaa.

Grup British Council sejak tahun 1989, Nina di Amrik, Makhdum, Eddy Tobing, Agus, yang masih saling menyapa sampai saat ini. Juga teman seperjuangan di Manchester, Rita, Dewi, Mus, Dian, Hendra, Henry, Azrul, Riza, masa-masa indah karena harus berjuang di negeri orang, kebersamaan ini menjadikan semua terasa ringan dan manis untuk dikenang. Juga teman belajar di corrosion center, Goo, Han, Foong yang sangat baik hati menyediakan makanan terbuka saat Summer Ramadhan disana. Thankyou all.

Akhir kata ungkapan terimakasih banyak kepada Para Hadirin yang saat ini berkenan hadir di acara pengukuhan Guru Besar saya hari ini, semoga segala doa harapan dari semua yang hadir dapat menjadi pemicu dalam pengabdian saya untuk Negeri tercinta ini.

Mohon maaf yang sebesar besarnya apabila ada kekeliruan dan kekhilafan dalam pidato saya ini. Semoga Allah SWT membalas budi baik Bapak dan Ibu sekalian dengan balasan yang terbaik.

Billahitaufiq wal hidayah,

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Depok, Gd Macara Art Centrum UI, 5 Juli 2023