

# Analisis Tingkat Kecepatan Korosi Besi dengan Menggunakan Sinar Gamma

Ashar Muda Lubis dan Supiyati

**Abstract:** In order to examine rate of iron corrosion, we have conducted a research using apparatus Geiger-Muller Tube with sources radiation standard Co-60 as a source of Gamma ray. The samples, iron plate with diameter 2 cm and thickness 0.13 cm, were corroded by various media of corrosion i.e. water ( $H_2O$ ), solution of salt (NaCl) and sulphuric acid ( $H_2SO_4$ ) with interval time corrosion  $\pm$  5 days, 10 days, 15 days, 20 days, and 25 days. Firstly, we estimated intensity of Gamma ray before ( $I_0$ ) and after ( $I$ ) passing through the samples, and then we evaluated the absorption coefficient of samples. We obtained that equation of absorption coefficient is  $A$  (water) =  $0.0014t - 0.4608$ ;  $R^2 = 0.9184$ ,  $A$  (salt solution) =  $0.0015t - 0.4589$ ;  $R^2 = 0.8886$  and  $A$  (sulphuric acid) =  $0.0017t - 0.4532$ ;  $R^2 = 0.780$ . We calculated that the rate of corrosion for water, salt solution and sulphuric acid is  $0.0014 \text{ gr/cm}^2/\text{day}$ ,  $0.0015 \text{ gr/cm}^2/\text{day}$  and  $0.0017 \text{ gr/cm}^2/\text{day}$  respectively. The result shows the rate of corrosion caused by sulphuric acid larger than corroded by salt and water. In addition, the rates of corrosion of iron depend on interval time of corroding iron plate and media of corrosion. Another factor which may be related to rate of iron corrosion such as temperature, humidity and concentration of media of corrosion should be considered for next future.

**Keywords:** rate, corrosion, iron and gamma ray

## PENDAHULUAN

Kita berada dalam masa perkembangan ilmu dan teknologi yang sangat pesat, salah satunya adalah ilmu dan teknologi nuklir. Walaupun perkembangan ilmu nuklir relatif tidak secepat perkembangan ilmu pengetahuan yang lain, seperti material, elektronika, dan biologi. Tapi pemanfaatan teknologi nuklir memiliki prospek yang luas untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Pemanfaatan teknologi nuklir, misalnya pemanfaatan pada bidang

kesehatan, geologi, uji material dan konstruksi pada bangunan.

Pada bidang konstruksi bangunan teknologi nuklir dimanfaatkan misalnya, untuk memantau keretakan pada bangunan dan kecepatan korosi pada logam. Karena logam banyak dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan, maka harus dihindarkan dari peristiwa korosi atau oksidasi. Korosi atau oksidasi dapat menyebabkan turunnya kualitas dan kekuatan dari suatu bahan.

Untuk menghindari kerugian yang lebih besar tindakan preventif yang harus dilakukan adalah memantau tingkat korosi yang terjadi pada bahan tersebut. Pemantauan ini dapat menggunakan teknologi nuklir khususnya radiasi sinar gamma. Sinar gamma yang berasal dari proses disintegrasi inti (nuklir), memiliki sifat dengan daya tembus yang tinggi dan tidak mudah berintraksi dengan bahan. Sinar gamma sebagai gelombang elektromagnetik memiliki sifat yang dapat dipantulkan (refleksi), dibelokkan (difraksi) dan diserap (absorpsi).

Logam adalah bahan yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan. Dalam udara terbuka logam beresiko tinggi terserang korosi, sehingga dapat menurunkan kualitas dan kekuatannya. Kecepatan korosi dari suatu bahan pada suatu tempat dipengaruhi oleh kelembaban udara dan kadar garam, daerah pinggir pantai memiliki peluang yang sangat besar terjadinya korosi. Korosi terjadi

dimulai dari permukaan logam menuju kebagian dalam. Semakin tebal bagian yang diserang korosi dikatakan tingkat korosi semakin tinggi. Dengan menggunakan sinar gamma maka tingkat korosi pada logam dapat ditentukan. Daya tembus sinar gamma pada bagian logam yang terkena korosi dan bagian yang tidak terkena korosi memiliki daya serap yang berbeda. Perbedaan itu dapat digunakan untuk menentukan tingkat korosi pada bahan (logam) tersebut.

Pada proses pengkorosian besi bisa dilakukan secara alamiah atau secara buatan. Secara alamiah, bila oksigen yang terdapat dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam besi yang lembab, kemungkinan terjadinya korosi lebih besar. Korosi terutama terjadi pada bagian sel yang kekurangan oksigen. Gejala ini dapat dijelaskan berdasarkan reaksi-reaksi pada permukaan katoda yang memerlukan elektron. Reaksi katoda hanya dapat terjadi bila ada oksigen, dapat dilihat, seperti di bawah ini:

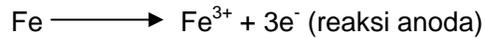


Di samping itu dari reaksi katoda ini memerlukan elektron dan

logam daerah disekitarnya yang kurang oksigen harus menyerahkan

elektron-elektronya. Jadi dapat disimpulkan bahwa daerah yang kurang oksigennya menjadi anoda. Sel oksidasi akan mempercepat

korosi di daerah dimana konsentrasi oksigen lebih rendah. Besi dengan potensial elektroda  $\phi$  sebesar  $-0,44$  volt. Agar terjadi reaksi anoda:



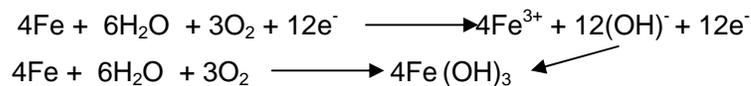
Hal ini disebabkan karena Fe harus melepaskan ketiga elektron-

nya agar berlangsung reaksi katoda sehingga terjadi ion  $\text{Fe}^{3+}$ .

Bila dilakukan reaksi:



Sehingga akan terjadi kesetaraan reaksi sebagai berikut:



Bila reaksi ini terjadi dalam air yang diperkaya oksigen akan didapatkan hasil korosi  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  yang tidak larut dalam air oleh karena itu akan mengendap yang selanjutnya kita sebut karat.

Kemudian dikorosikan pada media korosi yaitu air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), dan air garam ( $\text{NaCl}$ ).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat alat pendeteksi, yaitu: Tabung Geiger Muller, Sumber radiasi sinar gamma ( $\text{Co-60}$ ), dan Digit Counter. (Gambar 1) Proses pengkorosian besi ini memerlukan oksigen dan air. Untuk itu logam-logam besi diletakkan di atas gelas yang berisi media yang berbeda-beda disusun dalam sebuah kotak kayu yang terlebih dahulu dibasahi dengan air. Hal ini dimaksudkan

## METODELOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Eksperimen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimen, bahan yang digunakan adalah plat besi. Plat besi tersebut dipotong dengan ukuran yang sama.

agar di sekitar tempat untuk berlangsungnya proses korosi benar-benar lembab. Karena ruangan yang lembab dapat mempercepat proses pengkorosian.

Sebagai sampel pengontrol adalah logam yang bebas korosi, yang diukur intensitas sinar gamma sebelum dan sesudah melewati sampel, sedangkan sampel uji digunakan plat besi dengan ketebalan 0,13 cm, diameter 2 cm yang telah mengalami korosi dengan waktu pengoksidasian yang berbeda, yaitu: ± 5 hari, 10 hari, 15 hari, 20 hari, dan 25 hari. Data yang diambil adalah dengan data pada sampel yaitu intensitas sinar gamma sebelum ( $I_0$ ) dan sesudah melewati sampel ( $I$ ) kemudian menghitung daya serapnya masing-masing. Untuk menentukan daya serap ( $A$ ) adalah

$$A = \log \frac{I_0}{I} \dots\dots\dots (1)$$

dimana  $I$  adalah intensitas sinar gamma setelah melewati bahan ( $\Sigma$  cacah/menit) dan  $I_0$  ialah Intensitas sinar gamma sebelum bahan terkorosi ( $\Sigma$  cacah/menit). Daya serap yang dicari adalah daya serap fungsi waktu, besaran ini dapat dicari dengan menggunakan metode kuadrat terkecil dan kecepatan

korosi dihitung dengan meurunkan fungsi daya serap plat besi terhadap waktu, sehinggai kecepatan korosi plat besi adalah :

$$dA/dt \dots\dots\dots (2)$$

dengan  $A$  daya serap plat besi yang dikorosikan dengan medium pengkorosi.

Untuk mengetahui pengaruh kosentrasi larutan pengkorosi terhadap kecepatan pengkorosi, plat besi dioksidasi dengan berbagai macam kosentrasi larutan  $H_2SO_4$ . Kosentrasi masing-masingnya adalah 5%, 25%, 45%, 65% dan 85%, plat besi tersebut dikorosikan dengan waktu pengoksidasian 5 hari, 10 hari, 15 hari, 20 hari dan 25 hari. Data diambil dengan mencacah plat besi pada selang waktu pengoksidasian yang telah ditentukan.

Untuk menghitung HVL (*half value layer*) plat besi digunakan rumusan:

$$X_{1/2} = 0,693 X/2,3 \log (I_0/I) \dots\dots (3)$$

dimana  $X_{1/2}$  adalah tebal plat besi dimana intensitas sinar gamma yang melaluinya berkurang menjadi setengah intensitas mula-mula, besaran ini berhubungan dengan massa absorsi plat besi ( $gr/cm^2$ ) dan  $X$  adalah tebal plat besi

## PEMBAHASAN

### Penentuan Tegangan Operasi Pencacah Geiger-Muiler Dengan Menggunakan Sumber Radiasi Gamma

Sebelum pencacahan intensitas plat besi dilakukan, tahap pertama yang dilakukan ialah mengkalibrasi alat Pencacah Geiger Muller dengan sumber radiasi gamma standar. Adapun sumber radiasi yang digunakan adalah Cd-109 dengan aktivitas 1  $\mu\text{Ci}$  (waktu paruh 453 hari), Mn-54 dengan aktivitas 1  $\mu\text{Ci}$  (waktu paruh 313 hari) dan Co-60 dengan aktivitas 1  $\mu\text{Ci}$  (waktu paruh 5,3 tahun). Kalibrasi alat ini bertujuan untuk menentukan tegangan operasi Pencacah Geiger Muller. Karena tegangan listrik pada Pencacah G-M akan mempengaruhi jumlah cacahan yang dihasilkannya. Semakin besar beda potensial maka jumlah cacahannya juga semakin besar karena kemampuan Pencacah G-M untuk mengionisasi bahan yang dilaluinya semakin besar pula. Untuk tahapan ini diperoleh dilihat bahwa hasil cacahan tidak berubah terhadap tegangan listrik diperlihatkan pada tegangan 900 V, sehingga disimpulkan tegangan operasi Pencacah G-M adalah 900 V dengan sumber radiasi standar Co-60.

Tahapan yang kedua ialah menghitung HVL (*half value layer*) plat besi, hal ini bertujuan untuk mengkonversi satuan panjang (cm) menjadi  $\text{gr}/\text{cm}^2$ . Ini berguna untuk menentukan daya serap plat besi yang diteliti dalam satuan  $\text{gr}/\text{cm}^2$ .

Dengan mempergunakan persamaan (3), didapatkan HVL plat besi dengan ketebalan 0,13 cm adalah 0,097 cm. Ini setara dengan 1,00  $\text{gr}/\text{cm}^2$  (Chase dkk, 1985).

### Hasil Pengamatan Intensitas Sinar Gamma

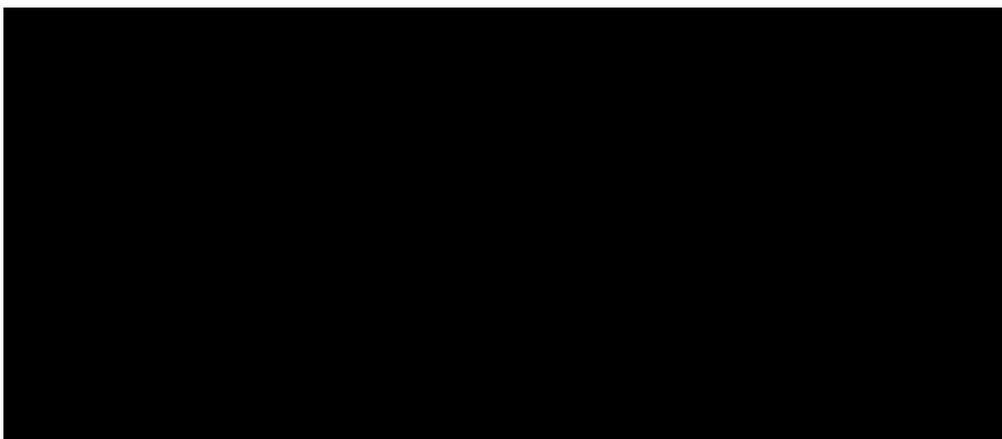
Hasil penelitian menunjukkan bahwa korosi terbesar terjadi pada plat besi yang diletakkan dalam larutan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan terkecil terjadi pada plat besi yang diletakkan di medium air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Dari Lampiran 1, nampak bahwa untuk medium korosi  $\text{H}_2\text{O}$  nilai rata-rata intensitas meningkat dari 254 (waktu korosi 0 hari) menjadi 278 (waktu korosi 25 hari). Sedangkan pada medium korosi larutan NaCl, nilai rata-rata intensitasnya meningkat dari 254 (waktu korosi 0 hari) menjadi 279 (waktu korosi 25 hari). Hal yang sama juga terjadi pada medium korosi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , peningkatan nilai rata-rata intensitas dimulai dari 254 (waktu korosi 0 hari) dan berakhir 285 (waktu korosi 25 hari).

Hasil lain dari penelitian ini adalah intensitas sinar gamma (Co-60) yang menembus plat besi meningkat seiring dengan lamanya plat besi terkorosi. Dari hasil di atas, terlihat intensitas rata-rata terbesar sinar gamma yang melewati pelat besi terdapat pada medium  $H_2SO_4$  (tempat plat besi mengalami tingkat korosi terbesar) dan terkecil pada

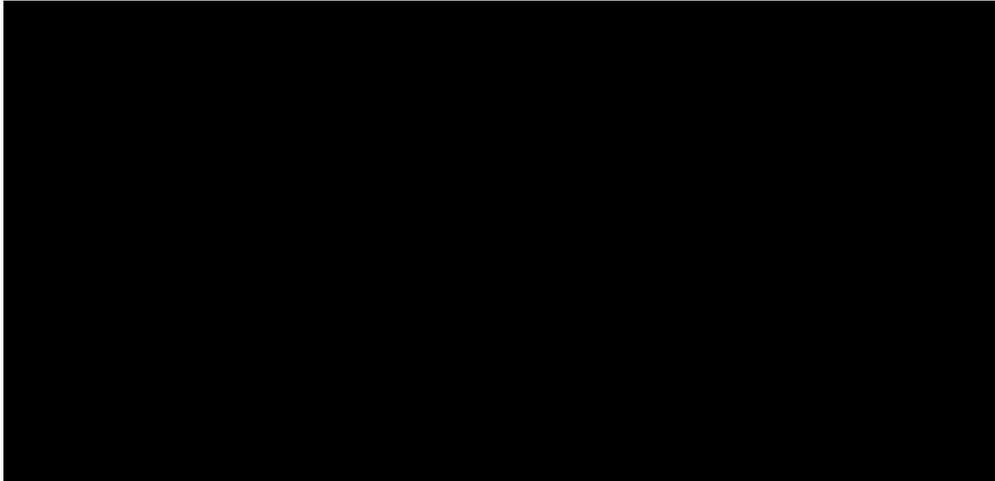
medium  $H_2O$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tingkat korosi plat besi, maka semakin tinggi pula intensitas sinar gamma yang melewatinya. Untuk mengetahui hubungan intensitas sinar gamma yang menembus plat besi dengan waktu besi terkorosi pada berbagai medium korosi dapat dilihat Gambar 1, 2 dan 3.



**Gambar 1.** Hubungan Intensitas dengan Lama Korosi Pada Medium Korosi  $H_2O$



**Gambar 2.** Hubungan Intensitas dengan Lama Korosi Pada Medium Korosi Na Cl

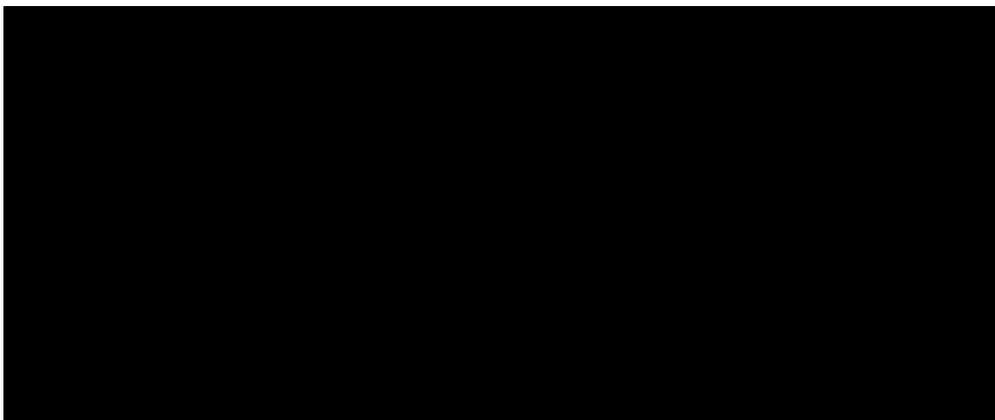


**Gambar 3.** Hubungan Intensitas dengan Lama Korosi Pada Medium Korosi  $H_2SO_4$

Gambar 1, 2 dan 3, nampak bahwa semakin lama besi terkorosi maka intensitas sinar gamma yang melewati plat besi mengalami kenaikan eksponensial. Dampaknya adalah intensitas sinar gamma yang diserap plat besi turun eksponensial pula. Semakin tinggi intensitas sinar gamma yang melewati plat besi, maka semakin kecil intensitas yang diserap oleh plat besi.

#### **Hubungan Antara $A$ ( $\log I/I_0$ ) dengan Waktu Pengkorosian**

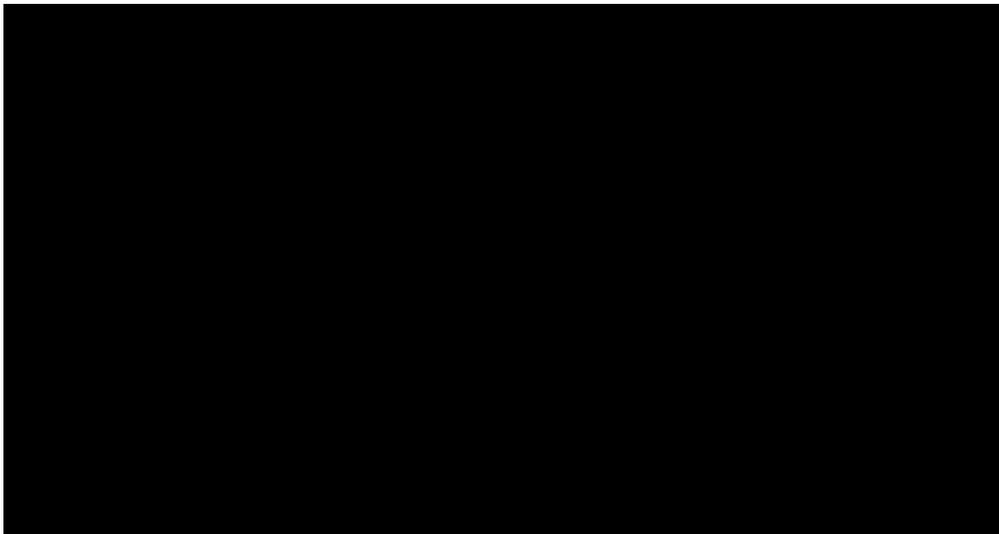
Lampiran 1, didapatkan hubungan antara  $A$  ( $\log I/I_0$ ) dan waktu pengkorosian dengan metode kuadrat terkecil. Hubungan yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4, 5 dan 6 masing-masing untuk media pengkorosi  $H_2O$ ,  $NaCl$  dan  $H_2SO_4$ .



**Gambar 4.** Grafik hubungan  $A$  dengan waktu untuk media pengkorosian air



**Gambar 5.** Grafik hubungan A dengan waktu untuk media pengkorosian garam dapur



**Gambar 6.** Grafik hubungan A dengan waktu untuk media pengkorosian asam sulfat

Dari sini dapat dilihat bahwa kecepatan korosi besi tertinggi 0,0017 gr/cm<sup>2</sup>/hari untuk medium pengkorosi asam sulfat hal ini dapat dimengerti karena asam sulfat merupakan asam kuat dan memiliki

jumlah atom H<sup>+</sup> yang banyak. Sedangkan kecepatan korosi besi terendah terjadi pada medium pengkorosi air dengan kecepatan korosi 0,0014 gr/cm<sup>2</sup>/hari, ini terjadi karena air merupakan elektrolit lemah

sehingga kemampuan untuk mengionisasi kecil dan mengoksidasi besi rendah.

Nilai konstanta pada persamaan-persamaan gambar di atas berbeda untuk setiap medium korosi. Hal itu dipengaruhi oleh jenis medium korosi dan ketebalan plat besi yang mengalami korosi. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa bahan logam yang cepat mengalami korosi akan mudah dilewati oleh sinar gamma. Sehingga untuk mengetahui kualitas material dapat dilakukan dengan menembakkan sinar gamma pada material tersebut. Bila intensitas sinar gamma banyak yang diserap, maka kualitas material itu masih baik.

Karena media pengkorosi  $H_2SO_4$ , NaCl dan  $H_2O$  dapat mempengaruhi tingkat kecepatan korosi pada besi/logam, sehingga dari hasil penelitian ini dapat dipahami bahwa salah satu untuk mencegah terjadinya korosi pada besi yaitu dengan menjauhkan besi untuk berinteraksi dengan media pengkorosi tersebut, akan tetapi karena media pengkorosi tersebut bias berada di udara bebas sehingga salah satu cara yang tepat adalah dengan melapisi besi/logam dengan material lain seperti cat.

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dan pengamatan terhadap data-data hasil penelitian dapat dilihat bahwa besi yang mengalami korosi terbesar (kecepatan tingkat korosinya paling besar) adalah besi yang dikorosikan dengan media oksidan  $H_2SO_4$  dengan kecepatan  $0,0017 \text{ gr/cm}^2/\text{hari}$ , diikuti oleh media pengkorosi NaCl kecepatan korosi  $0,0015 \text{ gr/cm}^2/\text{hari}$  dan yang terakhir oleh media  $H_2O$  dengan kecepatan korosi  $0,0014 \text{ gr/cm}^2/\text{hari}$ . Dalam penelitian ini juga dapat disimpulkan bahwa waktu pengkorosian mempengaruhi besar kecilnya intensitas sinar gamma yang melewati plate besi tersebut, dalam arti kata semakin lama waktu pengkorosian maka semakin banyak besi/logam yang terkorosi. Kondisi Indonesia yang beriklim tropis dengan kelembaban dan suhu yang berubah serta curah hujan dan intensitas sinar matahari yang tinggi yang disertai pula polusi udara dari air laut, sungai dan industri mempercepat terjadinya proses korosi pada besi/logam, untuk itu perlu dilakukan penelitian korosi besi dengan memperhatikan faktor-faktor lingkungan ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

Beiser, A, 1981, Concepts of Modern Physics, MC Graw-Hill, Inc.

Chase, G. D dkk 1985, Radiation Determination, MC Graw-Hill, Inc

Krane, K. S., 1992, Modern Physics Department of Physics, Oregon State University.

Krane, K. S., 1988, Introductory Nuclear Physics, Oregon State University.

Ridwan. M., dkk, 1978, Pengantar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, Jakarta.

Vlack, L. V, 1985, Elements of Materials Science and Engineering, University Of Michigan, USA.