

ANALISA DAMPAK LAJU KOROSI TERHADAP KEKUATAN *OVEN WIRE BELT* (BAJA KARBON AISI 1065)

Amri Abdulah¹, Agus Solehudin², Hilman Nugraha³

^{1,3}Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana
²Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Indonesia
¹amri@stt-wastukencana.ac.id²asolehudin@upi.edu³h.nug21@gmail.com

Abstrak

Korosi merupakan reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungan yang menyebabkan karat dan menurunkan mutu logam, tujuan dari penelitian ini untuk menganalisa terjadinya korosi pada sabuk konveyor berupa jala kawat (*oven wire belt*) yang terbuat dari baja karbon AISI 1065 di mesin pemanggang (*tunnel baking oven*) untuk pemanggangan adonan biskuit. Penelitian dilakukan setelah proses pemanggangan adonan biskuit di *tunnel baking oven* selama pengopersian 1174 hari, dengan metode pengujian kehilangan berat sampel uji, pengukuran diameter *oven wire belt*, tegangan operasi, perhitungan kekuatan tarik, tegangan geser dan regangan. Hasil dari pengujian kehilangan berat sampel uji rata-rata laju korosi adalah sebesar 0,0366 *mpy* dan pengecilan rata-rata diameter sebesar 0,349 *mpy*. Laju korosi berdampak pada tegangan operasi, sebelum terjadi korosi sebesar $3,20 \times 10^7$ N/m² dan setelah korosi menjadi $3,33 \times 10^7$ N/m² dengan penurunan kekuatan tarik dari hasil pengujian kehilangan berat adalah sebesar 160,905 N/m². Tegangan geser mengalami penurunan sebesar $1,04 \times 10^6$ N/m². terjadinya pengecilan penampang mengakibatkan peningkatan regangan dari *pitch* awal 8,5 mm menjadi 9,45 mm dan persentase elongasi naik dari 8% menjadi 9,96 %.

Kata kunci : korosi, *tunnel baking oven*, *belt*

1. Pendahuluan

Suatu logam dapat mengalami kerusakan akibat adanya korosi. Korosi merupakan reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungan yang menyebabkan pengkaratan dan menurunkan mutu logam. Ketahanan korosi pada baja dipengaruhi oleh unsur paduan lainnya dan akan mengubah sifat baja dari yang mudah patah menjadi lebih kuat atau juga dapat merubah sifat baja dari lunak menjadi sangat keras. Salah satu pemakaian material baja adalah di industri makanan, dimana baja karbon (*carbon steel*) digunakan sebagai komponen pada mesin *tunnel baking oven* khususnya digunakan pada sabuk konveyor yang berfungsi sebagai pembawa adonan biskuit pada proses pemanggangan. Sabuk konveyor yang digunakan pada *tunnel baking oven* adalah sabuk konveyor yang berbentuk jala kawat yang disebut dengan *oven wire belt* dengan material baja karbon tinggi AISI 1065. Timbulnya kerusakan disebabkan oleh faktor lingkungan pada proses pemanggangan, dimana reaksi kimia adonan biskuit berdampak pada timbulnya korosi yang berpengaruh terhadap sifat mekanik yaitu berkurangnya nilai kekuatan pada *oven wire belt* baja karbon AISI 1065. Dan akan mengurangi umur pakai.

2. Landasan Teori

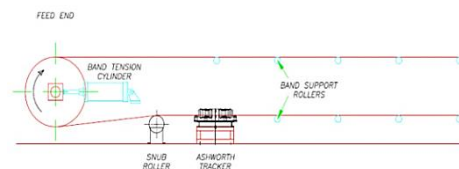
2.1 *Oven Wire Belt*

Oven wire belt adalah sabuk konveyor yang berbentuk jala kawat dengan material baja karbon tinggi AISI 1065 seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sampel uji *Oven wire belt*.

Oven wire belt digerakkan oleh motor penggerak secara mekanis, lebar *oven wire belt* 1000 mm, menggunakan *pulley* berdiameter 800 mm. *Oven wire belt* baja karbon AISI 1065 bergerak sepanjang lintasan konveyor *tunnel baking oven* yang mempunyai panjang 60 meter.



Gambar 2. Skematik *band tension cylinder*^[5].

Gaya *band tension cylinder* yang dibutuhkan untuk mendorong *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 dihitung dengan persamaan dibawah ini [8].

$$F = P \times A \quad (1)$$

Dimana,

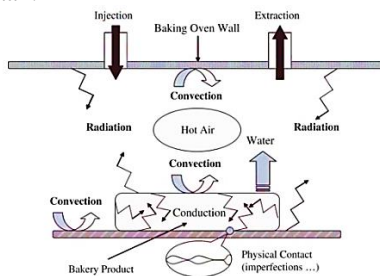
- F = Gaya piston (N)
- A = Luas penampang piston (m²)
- D = Diameter piston (m)
- d = Diameter batang piston (m)
- P = Tekanan kerja (Pa / N/m²)

Untuk mengetahui tegangan oven wire belt baja karbon AISI 1065 dapat dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini [2].

$$T = [W L f_r] + [w L f_r] \times C \quad (2)$$

Dimana, T = Belt Tension [kg/m belt width]
 W = Belt Weight + Product Weight [kg/sq.m]
 L = Conveyor Length [meters]
 w = Belt Weight [kg/sq.m]
 fr = Coefficient of Friction [0,35]
 C = Force Conversion Factor[Metric: 9,8]

Oven wire belt baja karbon AISI 1065 akan menyerap panas pada saat melewati ruang pemanggangan dengan cara perpindahan panas tidak langsung yang bersumber pada energi panas yang dihasilkan oleh burner yang terletak dibawah dan diatas oven wire belt baja karbon AISI 1065, panas yang di distribusikan harus merata pada setiap permukaan.



Gambar 3. Pergerakan oven wire belt pada saat proses pemanggangan [10].

2.2 Teori Dasar Korosi.

Definisi dari korosi adalah perusakan atau penurunan mutu dari material akibat bereaksi dengan lingkungan yang merupakan interaksi secara kimiawi. Akibat adanya reaksi korosi, suatu material akan mengalami perubahan sifat ke arah yang lebih rendah atau dapat dikatakan kemampuan dari material tersebut akan berkurang. Peristiwa korosi terjadi akibat adanya reaksi kimia dan elektrokimia. Namun, untuk terjadinya peristiwa korosi terdapat beberapa elemen utama yang harus dipenuhi agar reaksi tersebut dapat berlangsung. Elemen-elemen utama tersebut adalah sebagai berikut [7].

1. Material

Dalam suatu peristiwa korosi, suatu material akan bersifat sebagai anoda. Anoda adalah suatu bagian dari suatu reaksi yang akan mengalami oksidasi kehilangan elektron, dan senyawa logam tersebut akan berubah menjadi ion-ion bebas.

2. Lingkungan

Dalam suatu peristiwa korosi, suatu lingkungan akan bersifat sebagai katoda. Katoda adalah suatu bagian dari reaksi yang akan mengalami reduksi. Akibat reaksi reduksi, lingkungan yang bersifat katoda akan membutuhkan elektron yang akan diambil dari anoda.

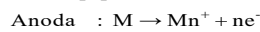
3. Reaksi antara material dan lingkungan.

Reaksi korosi hanya akan terjadi jika terdapat hubungan atau kontak langsung antara material dan lingkungan. Akibat adanya hubungan tersebut, akan terjadi reaksi reduksi dan oksidasi yang berlangsung secara spontan.

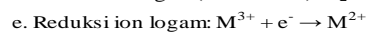
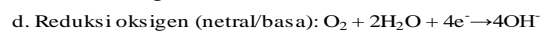
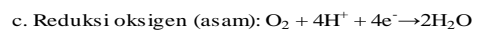
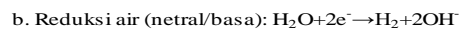
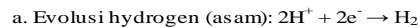
4. Elektrolit.

Untuk mendukung suatu reaksi reduksi oksidasi dan melengkapi sirkuit elektrik, antara anoda dan katoda harus dilengkapi dengan elektrolit. Elektrolit menghantarkan listrik karena mengandung ion yang mampu menghantarkan electro equivalent force sehingga reaksi berlangsung.

Reaksi korosi logam melibatkan dua reaksi setengah sel, yaitu reaksi oksidasi pada anoda dan reaksi reduksi pada katoda. Reaksi katoda dan anoda yang terjadi dalam proses korosi adalah sebagai berikut[4].



Katoda :



2.3 Laju korosi

Korosi merupakan suatu reaksi elektrokimia, semua yang mempengaruhi kecepatan suatu reaksi atau jumlah arus yang mengalir akan mempengaruhi laju korosi. Laju korosi didefinisikan sebagai banyaknya logam yang dilepas tiap satuan waktu pada permukaan tertentu. Laju korosi umumnya dinyatakan dengan satuan mils per year (mpy). Satu mils setara dengan 0.001 inci. Laju korosi dapat ditentukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan melakukan metode pengujian. Pada Tabel 1. berikut dapat dilihat hubungan laju korosi dengan ketahanan korosinya.

Tabel 1. Perbandingan satuan laju korosi (mpy).

Laju korosi relatif	mil/tahun	mm/tahun	µm/tahun	nm/tahun	pm/detik
Amat sangat baik	< 1	< 0,025	< 25	< 2,89	< 0,8
Sangat baik	1 – 5	0,025 – 0,1	25 – 100	2,89 – 10	0,8 – 4
Baik	5 – 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	4 – 16
Sedang	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	50 – 150	16 – 40
Buruk	50 – 200	1 – 5	1000 – 5000	150 – 500	40 – 161
Sangat buruk	200 +	5 +	5000 +	500 +	161 +

Pengukuran laju korosi dengan metode pengurangan berat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$CR (mpy) = \frac{534.W}{DAT} \quad (3)$$

Dimana, W = Weight loss (mg)
 D = Density of specimen (g/cm³)
 A = Area of specimen (in²)
 T = Exposure (hours)

Untuk mengetahui pengecilan diameter pada pengujian laju korosi, maka dapat dihitung dengan persamaan 4 berikut ini :

$$CR(mpy) = \frac{\Delta d}{T} = \frac{d_a - d_t}{T} \quad (4)$$

Dimana, d_a = Diameter awal (mm)
 d_t = Diameter akhir(mm)
 T = Tahun

2.4. Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai grade-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur peneras. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium, dan nikel. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*). Pengaruh utama dari kandungan karbon dalam baja adalah pada kekuatan, kekerasan, dan sifat mudah dibentuk. Kandungan karbon yang besar dalam baja mengakibatkan meningkatnya kekerasan tetapi baja tersebut akan rapuh dan tidak mudah dibentuk.

A. Klasifikasi Baja

Baja dapat diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya seperti kadar karbon dan paduan yang digunakan. [10].

- Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon dibawah 0,3%.
- Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon 0,30% - 0,60%.
- Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon 0,60% - 1,7%

B. Sifat Mekanik Logam

Berikut dibawah ini adalah sifat mekanis logam yang meliputi :

- Kekuatan logam pada pembebanan tarik.

Bila suatu logam ditarik maka akan mengalami deformasi, yaitu perubahan ukuran atau bentuk karena pengaruh beban yang diberikan padanya. Deformasi elastis uji adalah suatu perubahan bentuk yang akan segera hilang dan akan kembali apabila beban diiadakan. Deformasi plastis uji adalah suatu perubahan bentuk yang tetap ada meskipun beban yang menyebabkan deformasi diadakan. Untuk menghitung tegangan dan regangan pada pembebanan tarik digunakan rumus pada persamaan 5.[6][10].

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad N/m^2 \quad (5)$$

Dimana, F =Gaya (N)

A = Luas Penampang Awal (m^2)

- Sifat logam pada pembebanan dinamis

Bahan yang dibebani secara dinamis akan lelah dan patah, meskipun dibebani dibawah kekuatan statis oleh beban yang berubah-ubah, dimana tegangan bolak-balik tertentu yang dapat ditahan oleh logam itu sampai banyak balikan tak hingga.

- Penjalaran

Pertambahan panjang yang terus menerus pada beban yang konstan disebut penjalaran mengalami pembebanan tarik tertentu diatas kemampuannya dan tetap maka pertambahan panjangnya tidak berhenti sampai ia patah yang dapat dihitung berdasarkan rumus pada persamaan 6.[6] [10].

$$\epsilon \% = \frac{\Delta L}{L_i} = \frac{L_o - L_i}{L_i} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana, L_o = Panjang awal (mm)
 L_i = Panjang akhir (mm)

- Sifat kekerasan logam

Kekerasan adalah ketahanan bahan terhadap deformasi plastis karena pembebanan setempat pada permukaan berupa goresan atau penekanan.

- Sifat logam terhadap geser dan puntir

Pada pengujian ini besarnya tegangan geser tidak sama dari permukaan ke pusat, tegangan dipermukaan adalah maksimum dan disumbu adalah nol, dihitung berdasarkan rumus pada persamaan 7.[6] [10].

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{\frac{1}{2}P}{A} \quad N/m^2 \quad (7)$$

Dimana, F = Gaya (N)
 A = Luas Penampang Awal (m^2)

3. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengambil data sampel uji *oven wire belt*, mengukur diameter *wire belt*, pengujian kehilangan berat sampel uji, pengukuran diameter *oven wire belt*, tegangan operasi, perhitungan kekuatan tarik, tegangan geser dan regangan.

3.1. Data Sampel Uji *Oven Wire Belt* Baja Karbon AISI 1065

Dimensi pada sampel uji *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 sebelum melakukan pengujian, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi dimensi *oven wire belt*

Tipe Belt : <i>Spiral CB5</i>				Kapasitas <i>Oven Wire Belt</i>
Diameter kawat (mm)	Pitch (mm)	Berat (kg/m ²)	Lebar (mm)	Berat Produk (kg/m ²)
1.5	8.5	10.5	1000	0,95

Komposisi kimia dan sifat mekanik pada sampel uji *oven wire belt* baja karbon AISI 1065,dapat dilihat pada pada Tabel 3.

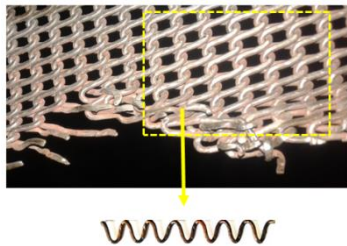
Tabel 3. Technical data sheet oven wire belt

1. Chemical composition (Nominal %)	Standards
Carbon (C) = 0,67 %	Similar 1.1231
Silicon (Si) = 0,30 %	Nach DIN
Mangan (Mn) = 0,70 %	AISI 1065
2. Mechanical properties at room temperature (RT)	
Parent material :	
Tensile strength Rm [N/mm ²]	1200
Yield point offset Rm 0.2% = Rp0.2 [N/mm ²]	970
Elongation 50mm [%]	8
Fatigue strength under reversed bending stress [N/mm ²] (Probability of survival Ps = 50%)	450
Hardness [HV 10]	350
Cross weld: Tensile strength Rm of joint [N/mm ²]	950
3. Physical properties	
Modulus of elasticity [N/mm ²], RT	210000
Density [g/cm ³], RT	7,85
Specific heat [J/g°C], RT	0,46
Thermal conductivity [W/m°C], RT	46
Mean thermal expansion coefficient [m/m°C]	
20 - 100°C	11,1 x 10 ⁻⁶
20 - 400°C	12,9 x 10 ⁻⁶
Specific electrical resistance [Ohm mm ² /m], RT	0,13
Max. permissible operating temperature [°C]	400
Tensile strength at max. permissible oper. temp. [N/mm ²]	850
Rp0.2 at max. permissible oper. temp. [N/mm ²]	720

3.2. Tahapan Penelitian

Untuk melakukan pengujian pada *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 dilakukan tahapan sebagai berikut :

1. Pengambilan sampel uji *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 dipotong sebanyak 10 sampel uji, pada titik terjadinya korosi, Gambar 4.



Gambar 4. Pengambilan sampel uji dari beberapa bagian yang terkorosi

2. Sampel uji *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 yang telah dipotong kemudian masing-masing diukur dimensi dan ditimbang sebelum dan sesudah, kemudian dibersihkan dan diperhalus permukaannya menggunakan kompon.
3. Pengujian Berat Sampel Uji menggunakan metode perhitungan yang sesuai dengan standar pengujian *weight loss* yang mengacu pada ASTM International G31-72 : *Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. Data yang diperoleh akan digunakan sebagai acuan dalam proses pengujian serta perhitungan laju korosi pada sampel uji *oven wire belt* baja karbon AISI 1065.
4. Perhitungan Laju Korosidiukur menggunakan metode pengurangan massa sampel setiap satuan luas dan waktu dengan persamaan 3. dan persamaan 4 . Pada proses ini sampel uji *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 di timbang terlebih dahulu dan di catat hasil penimbangan, kemudian dibersihkan untuk menghilangkan hasil bintik coklat yang menempel pada permukaan sampel uji. untuk permukaan yang

cukup keras pembersihan menggunakan kompon hingga tidak ada sisa lapisan yang menempel. Setelah bersih kemudian sampel uji kemudian ditimbang kembali untuk mengetahui pengurangan berat serta perubahan diameter yang terjadi setelah pengujian laju korosi, setelah ditimbang hasil penimbangannya pun lalu dicatat sebagai hasil pengujian akhir.

5. Setelah dilakukan perhitungan laju korosi, maka dilakukan perhitungan pengaruh laju korosi terhadap penurunan kekuatan pada sampel uji, antara lain :
 - a. Menghitung gaya yang dibutuhkan untuk mengecangkan *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 pada waktu pengopersian *tunnel baking oven* berdasarkan persamaan 2.
 - b. Menghitung tekanan yang bekerja pada *band tension cylinder* (Gambar 5.) terhadap *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 berdasarkan data dilapangan dengan persamaan 1. dan persamaan 5.



Gambar 5. Band tension cylinder

- c. Menghitung nilai kekuatan tegangan tarik dan tegangan geser yang bekerja pada *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 setelah terjadi kehilangan berat (*weight loss*) dan penambahan panjang terhadap perubahan penampang yang mengecil berdasarkan persamaan 5, 6 dan 7.

d. Analisa Data dan Pembahasan

4.1. Data Riwayat *Oven Wire Belt* Baja Kabon AISI 1065

Data riwayat mesin *tunnel baking oven*, dapat dilihat pada Tabel 4.

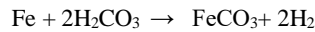
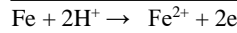
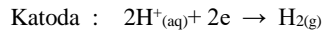
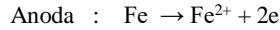
Tabel 4. Data riwayat mesin *tunnel baking oven*.

Tanggal Pemasangan	Tanggal Kerusakan
12 Maret 2015	18 Juni 2018
3,16 Tahun (1174 Hari)	

4.2. Analisa Pengaruh Lingkungan *Tunnel Baking Oven* Terhadap Korosi Pada *Oven Wire Belt* Baja Karbon AISI 1065.

Korosi pada permukaan *oven wire belt* baja karbon AISI 1065, dimana terdapatnya CO₂ yang dikategorikan sebagai korosi yang diakibatkan adanya asam lemah, *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 terkorosi akibat reduksi H⁺ dan oksidasi dari *oven wire belt* baja karbon AISI 1065. Pada pH

ruang pemanggangan, korosi yang terjadi disebabkan oleh larutan cair yang mengandung CO₂ serta perubahan temperatur. Pada persamaan 1 dan 2 reaksi yang terjadi pada korosi yang diakibatkan gas CO₂ adalah sebagai berikut :



Reaksi katoda di atas merupakan reaksi yang mempengaruhi total arus katodik pada korosi CO₂ akan berdampak pada pH lingkungan lebih dari 4 yang akan bereaksi menghasilkan FeCO₃.

4.3. Analisa Hasil Pengujian Kehilangan Berat (Weight Loss).

Hasil dari pengujian kehilangan berat (*weight loss*) serta perubahan diameter dapat dilihat pada Tabel 5. dibawah ini.

Tabel 5. Hasil pengujian sampel uji *oven wire belt*.

Sampel Uji	Berat (gr)			Diameter (mm)			Keterangan
	Awal	Akhir	ΔW	Awal	Akhir	ΔD	
1	1,89	1,86	0,03	1,5	1,48	0,02	Bintik coklat
2	1,9	1,89	0,01	1,5	1,47	0,03	Bintik coklat
3	1,86	1,84	0,02	1,5	1,47	0,03	Bintik coklat
4	1,88	1,85	0,03	1,5	1,46	0,04	Bintik coklat
5	1,9	1,85	0,05	1,5	1,48	0,02	Bintik coklat
6	1,87	1,85	0,02	1,5	1,47	0,03	Bintik coklat
7	1,89	1,88	0,01	1,5	1,48	0,02	Bintik coklat
8	1,93	1,86	0,07	1,5	1,46	0,04	Bintik coklat
9	1,86	1,83	0,03	1,5	1,48	0,02	Bintik coklat
10	1,86	1,84	0,02	1,5	1,47	0,03	Bintik coklat
Rata-rata	1,884	1,855	0,029	1,5	1,472	0,028	

4.4. Perhitungan Laju Korosi.

Dari hasil pengujian pada Tabel 5, sampel uji *oven wire belt* baja karbon AISI 1065, maka rata-rata laju korosi sampel uji *oven wire belt* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3. berikut ini :

- a. Perhitungan pengujian berat rata-rata laju korosi , sehingga untuk perubahan rata-rata laju korosi dari 10 sampel uji *oven wire belt* baja karbon AISI 1065, diperoleh :

$$\begin{aligned} (\text{mpy}) &= \frac{534.W}{\text{DAT}} = \frac{534.(W_0 - W_A)}{\text{DAT}} \\ &= \frac{534 \times (1884 \text{ mg} - 1855 \text{ mg})}{7.85 \text{ gr/cm}^3 \times 1,9107 \text{ in} \times 28176 \text{ jam}} \\ &= \frac{15486}{422611,68} = \mathbf{0,0366 \text{ mpy}} \end{aligned}$$

- b. Perhitungan pengujian diameter dari rata-rata laju korosi, diperoleh :

$$\begin{aligned} (\text{mpy}) &= \frac{\Delta d}{T} = \frac{d_a - d_t}{T} \\ &= \frac{1,5 \text{ mm} - 1,472 \text{ mm}}{3,16 \text{ tahun}} \\ &= 0,00886 \text{ mm/tahun} \times 39,4 \text{ mpy} \\ &= \mathbf{0,349 \text{ mils per year (mpy)}} \end{aligned}$$

4.5. Perhitungan Pengaruh Laju Korosi Terhadap Kekuatan Tarik.

Nilai tegangan yang dibutuhkan untuk mengecangkan *oven wire belt* sepanjang lintasan konveyor *tunnel baking oven* dihitung menggunakan persamaan 2:

$$\begin{aligned} T &= [W L_f] + [w L_f] \times C \\ &= [11,45 \times 120 \times 0,35] + [10,5 \times 120 \times 0,35] \times 9,8 \\ &= 2.631.976 \text{ N} = \mathbf{2,6 \text{ MN}} \end{aligned}$$

Gaya yang diberikan oleh *band tension cylinder* adalah :

$$\begin{aligned} F_{\text{cylinder}} &= \text{Luas penampang (A)} \times \text{Tekanan kerja (P)} \\ &= 0,018871891 \text{ m}^2 \times 600000 \text{ N/m}^2 \\ &= \mathbf{11323,13 \text{ N}} \end{aligned}$$

Maka gaya yang diberikan oleh *band tension cylinder* terhadap tegangan operasi *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 dihitung dengan persamaan 5 berikut ini :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F_{\text{cylinder}}}{A} = \frac{P}{\pi \cdot d^2 / 4} \\ &= \frac{11323,13 \text{ N}}{3,14 \times (0,0015 \text{ m})^2 / 4} \\ &= \mathbf{6,41 \times 10^9 \text{ N/m}^2} \end{aligned}$$

Tegangan operasi pada setiap luasan sambungan *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 adalah :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{6,41 \times 10^9 \text{ N/m}^2}{200 (\text{luasan sambungan } \textit{oven wire belt})} \\ &= \mathbf{3,20 \times 10^7 \text{ N/m}^2} \end{aligned}$$

Maka tegangan geser yang bekerja terhadap permukaan *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 dihitung menggunakan persamaan 7 berikut ini :

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{F_{\text{cylinder}}}{A} = \frac{\frac{1}{2} P}{\pi \cdot d^2 / 4} \\ &= \frac{\frac{1}{2} (11323,13 \text{ N})}{3,14 \cdot (0,0015 \text{ m})^2 / 4} = \mathbf{3,21 \times 10^9 \text{ N/m}^2} \\ \tau_{\text{geser}} &= \frac{3,21 \times 10^9 \text{ N/m}^2}{200} = \mathbf{1,60 \times 10^7 \text{ N/m}^2} \end{aligned}$$

Perhitungan kehilangan kekuatan tarik *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 setelah terjadi kehilangan berat (*weight loss*) menggunakan persamaan 5 :

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{\pi \cdot d^2 / 4}$$

dari perhitungan diperoleh hasil seperti terlihat pada tabel 6:

Tabel 6. Hasil perhitungan kekuatan sampel uji *oven wire belt* baja karbon 1065.

Berat (kg)			Diameter (m)			Sampel Uji	$\sigma = F/A$ (N/m ²)
W ₀	W _A	ΔW	d ₀	d _i	Δd		
0,00189	0,00186	0,000030	0,0015	0,00148	0,000020	1	166,454
0,00190	0,00189	0,000010	0,0015	0,00147	0,000030	2	55,485
0,00186	0,00184	0,000020	0,0015	0,00147	0,000030	3	110,970
0,00188	0,00185	0,000030	0,0015	0,00146	0,000040	4	166,454
0,00190	0,00185	0,000050	0,0015	0,00148	0,000020	5	277,424
0,00187	0,00185	0,000020	0,0015	0,00147	0,000030	6	110,970
0,00189	0,00188	0,000010	0,0015	0,00148	0,000020	7	55,485
0,00193	0,00186	0,000070	0,0015	0,00146	0,000040	8	388,393
0,00186	0,00183	0,000030	0,0015	0,00148	0,000020	9	166,454
0,00186	0,00184	0,000020	0,0015	0,00147	0,000030	10	110,970
Rata-rata							160,906

Untuk mengetahui perbandingan nilai penurunan kekuatan tarik pada tegangan operasi serta tegangan geser yang bekerja pada *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 setelah terjadinya korosi maka diperoleh hasil berdasarkan persamaan 5 dan 7 sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{F_{cylinder}}{A} = \frac{P}{\pi \cdot d^2 / 4} \text{ dan ,}$$

$$\tau = \frac{F_{cylinder}}{A} = \frac{\frac{1}{2} P}{\pi \cdot d^2 / 4}$$

Tabel 7. Tegangan operasi *oven wire belt* baja karbon 1065 setelah terjadinya korosi.

Berat (kg)			Diameter (m)			F _{cylinder} (N)	Panjang (m)	Luasan Sambungan	Sampel Uji	$\sigma = F/A$ (N/m ²) _{teor}	$\frac{1}{2} p$ $\frac{1}{2} \pi d^2 / 4$	
W ₀	W _A	ΔW	d ₀	d _i	Δd							
0,00189	0,00186	0,000030	0,0015	0,00148	0,000020	11323,13	1	200	1	32.926.336,35	1.028.948,01	
0,00190	0,00189	0,000010	0,0015	0,00147	0,000030	11323,13	1	200	2	33.375.837,44	1.042.994,92	
0,00186	0,00184	0,000020	0,0015	0,00147	0,000030	11323,13	1	200	3	33.375.837,44	1.042.994,92	
0,00188	0,00185	0,000030	0,0015	0,00146	0,000040	11323,13	1	200	4	33.834.606,46	1.057.331,45	
0,00190	0,00185	0,000050	0,0015	0,00148	0,000020	11323,13	1	200	5	32.926.336,35	1.028.948,01	
0,00187	0,00185	0,000020	0,0015	0,00147	0,000030	11323,13	1	200	6	33.375.837,44	1.042.994,92	
0,00189	0,00188	0,000010	0,0015	0,00148	0,000020	11323,13	1	200	7	32.926.336,35	1.028.948,01	
0,00193	0,00186	0,000070	0,0015	0,00146	0,000040	11323,13	1	200	8	33.834.606,46	1.057.331,45	
0,00186	0,00183	0,000030	0,0015	0,00148	0,000020	11323,13	1	200	9	32.926.336,35	1.028.948,01	
0,00186	0,00184	0,000020	0,0015	0,00147	0,000030	11323,13	1	200	10	33.375.837,44	1.042.994,92	
Rata-rata							0,00147				33.287.790,81	1.040.243,46

Tabel 8. Hasil perhitungan regangansetelah terjadi kehilangan berat.

Sampel Uji	Panjang Pitch (mm)		ε (%)	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	8,50	9,49	8,00	11,65
2	8,50	9,54	8,00	12,24
3	8,50	9,45	8,00	11,18
4	8,50	9,42	8,00	10,82
5	8,50	9,89	8,00	16,35
6	8,50	9,24	8,00	8,71
7	8,50	9,21	8,00	8,35
8	8,50	9,43	8,00	10,94
9	8,50	9,28	8,00	9,18
10	8,50	9,51	8,00	11,88
Rata-rata		9,45		9,96

Tabel 8 adalah hasil perhitungan regangansetelah terjadi kehilangan berat, sehingga diperoleh persentase pemanjangan pada sampel uji *oven wire belt* baja karbon AISI 1065, perhitungan menggunakan persamaan 6.

$$\epsilon \% = \frac{\Delta L}{L_i} = \frac{L_o - L_i}{L_i} \times 100\%$$

4.6. Hasil dan Pembahasan

Faktor lingkungan merupakan salah satu penyebab timbulnya korosi, dimana adonan biskuit yang dibawa *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 bergerak melewati mesin *tunnel baking oven*. Beberapa komposisi kimia adonan biskuit akan bereaksi, dimana H⁺ bereaksi dengan HCO₃⁻ atau CO₃²⁻ akan menghasilkan H₂O dan CO₂ yang akan membentuk H₂CO₃ yang bersifat asam lemah. Reduksi H⁺ dan oksidasi akan mengakibatkan terkorosinya *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 sebagai anoda (Fe → Fe²⁺ + 2e) dan lingkungan *tunnel baking oven* sebagai katoda (2H⁺_(aq) + 2e → H_{2(g)}), maka reaksi reduksi yang terjadi adalah Fe + 2H⁺ → Fe²⁺ + 2e dan Fe + 2H₂CO₃ → FeCO₃ + 2H₂ membuat pH lingkungan *tunnel baking oven* lebih dari 4 akan menghasilkan FeCO₃.

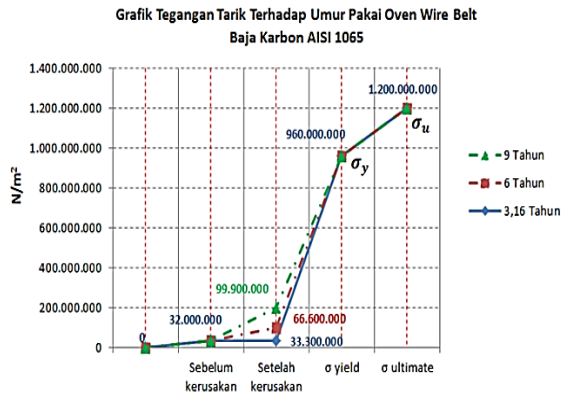
Dari hasil pengujian sampel uji, kehilangan berat berdasarkan waktu pengopersian 3,16 tahun (1174 hari) di dapatkan rata-rata laju korosi adalah sebesar 0,0366 mpy dan pengecilan pada diameter dari rata-rata laju korosi adalah sebesar 0,349 mpy.

Tegangan yang dibutuhkan untuk mengencangkan *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 adalah sebesar 2.631.976 N (2,6 MN), sementara tekanan kerja aktual pada *bandtension cylinder* sebesar 6 bar = 600000 N/m², maka gaya yang dihasilkan pada saat beroperasi untuk mengencangkan *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 adalah sebesar 11323,13 N. Dari hasil perhitungan gaya yang bekerja pada *band tension cylinder* diperoleh tegangan operasi pada setiap luasan sambungan *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 adalah sebesar 3,20 x 10⁷ N/m², dengan tegangan geser yang bekerja terhadap permukaan *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 adalah sebesar 1,60 x 10⁷ N/m².

Dari hasil pengujian 10 sampel uji di beberapa titik yang terkorosi akan menyebabkan penurunan nilai kekuatan, dimana penurunan nilai rata-rata kekuatan oleh kehilangan berat adalah sebesar 160,90 N/m². Kehilangan berat serta pengecilan luas penampang akan mempengaruhi kepada tegangan operasi pada setiap luasan sambungan *oven wire belt* baja karbon AISI 1065, dimana hasil perhitungan tegangan operasi dari nilai rata-rata setelah pengujian laju korosi adalah sebesar 3,33 x 10⁷ N/m², dengan tegangan geser yang bekerja adalah sebesar 1,04 x 10⁶ N/m².

Dilihat dari hasil perhitungan tegangan operasi diatas, maka dapat dibandingkan tegangan operasi

sebelum terjadi korosi adalah sebesar $3,20 \times 10^7$ N/m², maka tegangan operasi setelah terjadinya korosi akan meningkat sebesar $0,13 \times 10^7$ N/m² menjadi $3,33 \times 10^7$ N/m² selama waktu pengoperasian 3,16 tahun, dapat dilihat pada Gambar 6. grafik tegangan tarik yang dipengaruhi laju korosi terhadap umur pakai *oven wire belt* baja karbon AISI 1065.



Gambar 6. Grafik tegangan operasi terhadap umur pakai dan kekuatan *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 yang dipengaruhi laju korosi.

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa dari umur pakai selama 3,16 tahun dapat menjadi acuan untuk menganalisa laju korosi dan kekuatan tarik terhadap pemakaian *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 yang direkomendasikan selama 9 tahun dilihat dari kenaikan tegangan operasi secara linear yang masih dibawah tegangan yield sebesar $9,6 \times 10^8$ N/m², maka dari hasil pengujian kehilangan berat bahwa kekuatan tarik *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 masih mampu menahan beban sampai pada titik kerusakan melebihi gaya regangan sebesar $1,2 \times 10^9$ N/m². Sementara pada tegangan geser yang bekerja akan semakin kecil dari sebelum terjadi korosi sebesar $1,60 \times 10^7$ N/m² akan mengalami penurunan sebesar $1,496 \times 10^7$ N/m² menjadi $1,04 \times 10^6$ N/m².

Dengan meningkatnya tegangan, maka regangan dengan perlahan mulai meningkat untuk setiap pertambahan tegangan dari panjang *pitch* awal sampel uji *oven wire belt* yang sebelum terjadi kerusakan adalah 8,5 mm dengan nilai elongasi 8% dan persentase rata-rata panjang *pitch* akhir sampel uji *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 adalah 9,45 mm dengan nilai elongasi 9,96 %.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada *oven wire belt* baja karbon AISI 1065, maka didapatkan kesimpulan yaitu Korosi yang terjadi pada material *oven wire belt* baja karbon AISI 1065 disebabkan faktor lingkungan dan bahan adonan biskuit saat proses pemanggangan di *tunnel baking oven*. Hasil pengujian kehilangan berat pada 10 sampel uji diperoleh peningkatan rata-rata laju korosi serta

pengecilan diameter baja karbon AISI 1065, pengecilan penampang tersebut menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik material dan dari penurunan kekuatantarik material serta pengecilan penampangnya mengakibatkan peningkatan nilai regangan.

Daftar Pustaka

- ASTM International.2005. ASTM G31-72: *Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. United State of America. Page 5.
- Ashworth . "Technical Bulletin": www.ashworth.com di akses tanggal 09 September 2018 (17:20).
- Avner, Sidney H. 1974. *Introduction To Physical Metallurgy*. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- Bardal, E. 2004. *Corrosion and Protection*. Springer. United States of America. Page 65 – 84.
- Berndorf. 2015. "Baking Oven Wire Belt": www.berndorf-band.at di akses tanggal 23 Juli 2018 (20:00).
- E. Dowling, N. 2012. *Mechanical Behavior of Materials*. 4th Edition. Pearson. United States.
- Fontana, M. G. 1986. *Corrosion Engineering*. McGraw-Hill Book. Singapore. Page 5 – 30. <http://www.festo.com>, diakses tanggal 02 September 2018.
- Jones, D.A. 1992. *Principle and Prevention of Corrosion*. Maxwell Macmillan, Singapura.
- Marcotte, M. 2007. *Heat and Mass Transfer During Baking*, Agriculture and Agri-Food Canada. Page 1 - 8.
- Roberge, P. R. 2000. *Handbook of Corrosion Engineering*. MacGraw-Hill. New York. Page 333 – 351, 1093.
- Tata Surdia, Shinroku Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.