

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Penelitian dengan tujuan mengetahui pengaruh pH rendah (3,5) dan lama perendaman terhadap laju korosi kawat *stainless steel finger spring* 0,6 mm telah dilakukan dengan melihat perbedaan sebelum dan sesudah dilakukan perendaman dengan metode *immersion test* dalam saliva buatan secara makroskopis dan kehilangan berat pada sampel yang diukur dengan menggunakan neraca digital. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kehilangan berat atau *weight loss* pada berat kawat dan perhitungan laju korosi kawat.

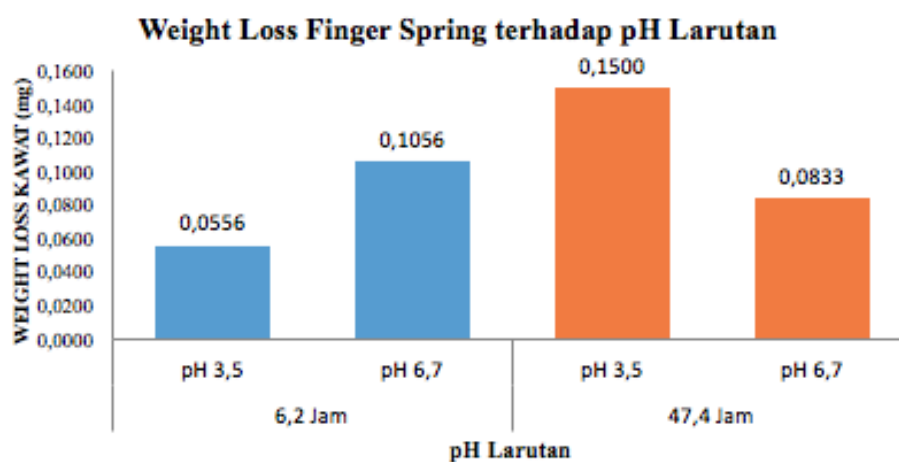
1. Hasil Perhitungan *weight loss* Kawat *Stainless Steel Finger Spring* 0,6 mm

Pengukuran *weight loss* pada kawat dilakukan dengan cara menghitung selisih dari berat kawat sebelum dan sesudah penelitian dengan neraca digital. Pengukuran berat sampel dilakukan kalibrasi yaitu mengambil rata-rata dari 3 kali pengukuran. Hasil perhitungan tersebut disajikan dalam tabel pengukuran *weight loss stainless steel finger spring* 0,6 mm.

Tabel 2. Hasil pengukuran rerata *weight loss stainless steel finger spring* 0,6 mm

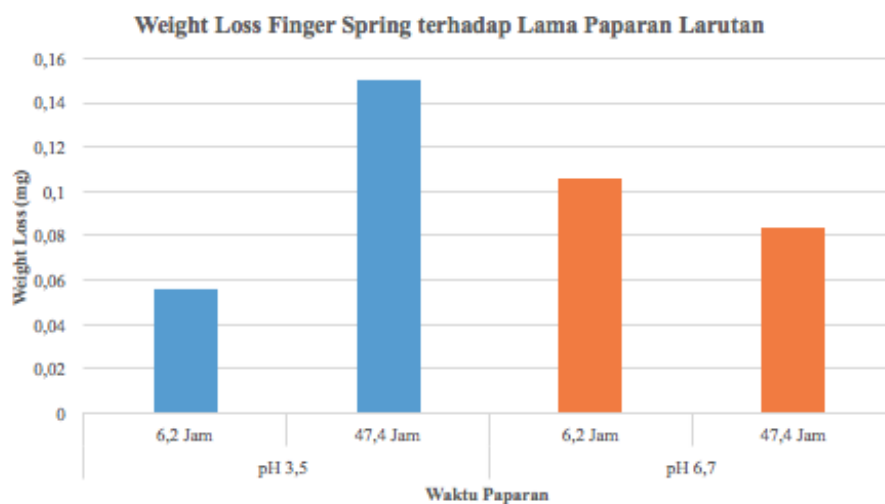
Kelompok / Sampel	pH 3,5 selama 6,2 Jam	pH 3,5 selama 47,4 Jam	pH 6,7 selama 6,2 Jam	pH 6,7 selama 47,4 Jam
1	0,0333	0,1667	0,0333	0,1667
2	0,0667	0,0000	0,1333	0,0667
3	0,0667	0,2333	0,1000	0,0667
4	0,0333	0,1333	0,1333	0,0333
5	0,1000	0,1667	0,0667	0,1333
6	0,0333	0,2000	0,1667	0,0333
Rerata	0,0556	0,1500	0,1056	0,0833

Pada tabel tersebut menunjukkan adanya kehilangan berat atau *weight loss* pada masing-masing kelompok perlakuan. Selanjutnya dilakukan perbandingan kejadian *weight loss stainless steel finger spring* antara pH pada waktu yang sama untuk mengetahui bagaimana pengaruh pH 3,5 dan pH 6,7 pada waktu perendaman 6,2 jam dan pengaruh pH 3,5 dan pH 6,7 pada waktu perendaman 47,4 jam.

**Gambar 13.** Grafik *weight loss finger spring* terhadap pH larutan

Berdasarkan tabel dan grafik diatas didapatkan informasi deskriptif bahwa pH mempunyai pengaruh terjadinya *weight loss* pada rentang waktu 6,2 jam hingga 47,4 jam. Hal tersebut ditunjukkan pada grafik perendaman selama 6,2 jam yang terdapat perbedaan kejadian *weight loss* pada kawat yang direndam dalam pH larutan 3,5 dan 6,7. Demikian juga yang terjadi pada perendaman kawat selama 47,4 jam yang menunjukkan perbedaan nilai *weight loss* kawat yang direndam dalam pH 3,5 dan pH 6,7.

Selanjutnya dilakukan perbandingan kejadian *weight loss stainless steel finger spring* antara lamanya waktu perendaman pada pH yang sama untuk mengetahui bagaimana pengaruh waktu lamanya paparan 6,2 jam dan 47,4 jam pada pH 3,5 dan pengaruh lamanya paparan 6,2 jam dan 47,4 jam pada pH 6,7.



Gambar 14. Grafik *weight loss finger spring* terhadap lama paparan larutan

Berdasarkan gambar 14 menunjukkan informasi deskriptif bahwa waktu lama perendaman mempengaruhi terjadinya *weight loss* pada kawat *finger spring*. Terdapat perbedaan pada perbandingan nilai *weight loss*

berdasarkan lama perendaman kawat, yaitu pada pH 3,5 adanya peningkatan nilai *weight loss* kawat yang direndam selama 6,2 jam dan 47,4 jam. Sedangkan kawat yang direndam dalam larutan pH 6,7 memiliki perbedaan yang relatif sangat kecil atau dapat disimpulkan relatif sama pada kejadian kawat yang direndam selama 6,2 jam dan 47,4 jam. Selanjutnya data tersebut dilakukan uji normalitas untuk mengetahui distribusi data pada masing-masing sampel.

Tabel 3. Uji Normalitas data *weight loss* menggunakan uji *Shapiro-Wilk test*

Uji Normalitas <i>Weight Loss</i>	Sig.	Keterangan
pH 3,5 selama 6,2 Jam	.091	Distribusi data normal
pH 3,5 selama 47,4 Jam	.221	Distribusi data normal
pH 6,7 selama 6,2 Jam	.806	Distribusi data normal
pH 6,7 selama 47,4 Jam	.202	Distribusi data normal

Berdasarkan tabel 3, uji normalitas data *weight loss* dengan menggunakan uji *Shapiro-Wilk test* menunjukkan bahwa secara keseluruhan data *weight loss* memiliki nilai $p > 0,05$ yang menyatakan data memiliki distribusi normal. Selanjutnya dilakukan pengujian hipotesis dengan menggunakan *independent sample t-test* pada data *weight loss* dengan paparan pH larutan terhadap waktu yang sama serta pada paparan lamanya waktu perendaman terhadap pH yang sama.

Tabel 4. Hasil Uji Statistik *Independent Sampel t-Test* pada data *weight loss* dengan paparan pH larutan terhadap waktu yang sama

Perlakuan	df	Sig. (2-tailed)	Keterangan
pH larutan terhadap waktu perendaman 6,2 jam	10	.054	H0 diterima
pH larutan terhadap waktu perendaman 47,4	10	.126	H0 diterima

Hasil uji statistik *weight loss* dengan paparan pH terhadap waktu yang sama menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,054 pada perendaman masing-masing pH dalam waktu 6,2 jam, dan nilai signifikansi sebesar 0,126 pada perendaman 47,4 jam. Hal tersebut menunjukkan keduanya memiliki nilai $p > 0,05$ yang berarti H0 diterima, sehingga disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pH 3,5 dan 6,7 baik pada perendaman 6,2 jam maupun 47,4 jam

Tabel 5. Hasil Uji Statistik *Independent Sampel t-Test weight loss* pada data dengan paparan lamanya waktu perendaman terhadap pH yang sama

Perlakuan	df	Sig. (2-tailed)	Keterangan
Waktu perendaman terhadap pH larutan 3,5	10	.022	H0 ditolak
Waktu perendaman terhadap pH larutan 6,7	10	.476	H0 diterima

Berdasarkan data pada tabel 9, hasil uji statistik *weight loss* dengan paparan waktu perendaman terhadap pH yang sama menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,022 pada perendaman masing-masing waktu dengan pH larutan 3,5. Hal tersebut menunjukkan nilai $p < 0,05$ yang berarti H0 ditolak, sehingga disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada pH

3,5 antara perendaman 6,2 jam dan 47,4 jam. Sedangkan uji statistik pada masing-masing lamanya waktu perendaman dalam pH larutan 6,7 menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,476. Hal tersebut menunjukkan nilai $p > 0,05$ yang berarti H_0 diterima, sehingga disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada pH 6,7 antara perendaman 6,2 jam dan 47,4 jam.

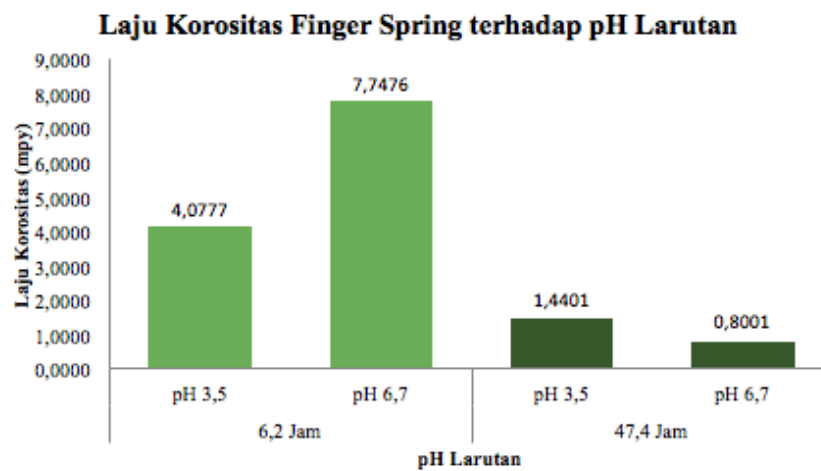
2. Hasil Perhitungan Laju Korosi Kawat *Stainless Steel Finger Spring* 0,6 mm

Setelah dilakukan pengukuran nilai *weight loss finger spring*, kemudian dilakukan perhitungan laju korosi dengan rumus. Hasil perhitungan laju korosi tersebut selanjutnya disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 6. Hasil perhitungan laju korosi berdasarkan *weight loss* pada tiap sampel

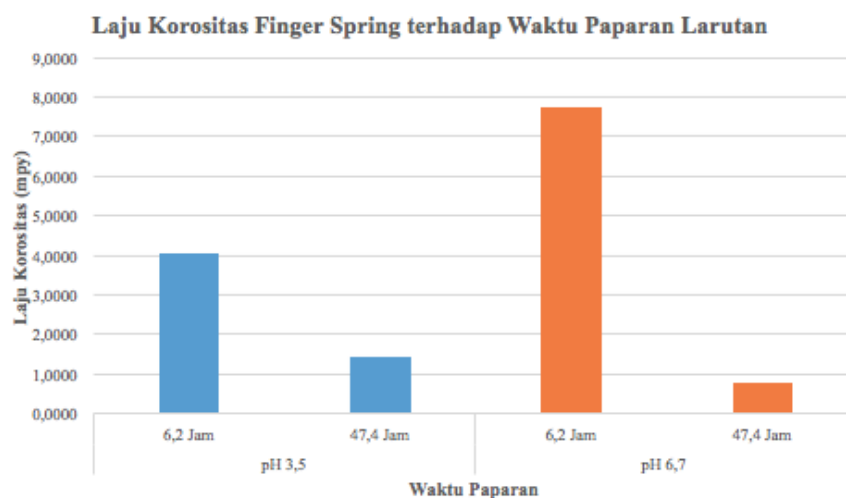
Kelompok / Sampel	pH 3,5 selama 6,2 Jam	pH 3,5 selama 47,4 Jam	pH 6,7 selama 6,2 Jam	pH 6,7 selama 47,4 Jam
1	2,4466	1,6001	2,4466	1,6001
2	4,8932	0,0000	9,7865	0,6400
3	4,8932	2,2402	7,3399	0,6400
4	2,4466	1,2801	9,7865	0,3200
5	7,3399	1,6001	4,8932	1,2801
6	2,4466	1,9201	12,2331	0,3200
Rerata Laju Korosi	4,0777	1,4401	7,7476	0,8001

Selanjutnya dilakukan perbandingan laju korosi *finger spring* antara pH pada waktu yang sama untuk mengetahui bagaimana pengaruh terjadinya laju korosi dalam larutan pH 3,5 dan pH 6,7 pada waktu perendaman 6,2 jam dan pengaruh larutan pH 3,5 dan pH 6,7 pada waktu perendaman 47,4 jam.



Gambar 15. Grafik laju korosi *finger spring* terhadap pH larutan

Berdasarkan tabel dan grafik diatas didapatkan informasi deskriptif bahwa pH mempunyai pengaruh terhadap laju korosi kawat *stainless steel finger spring*. Hal tersebut ditunjukkan pada perendaman selama 6,2 jam terdapat perbedaan laju korosi pada kawat yang direndam dalam larutan pH 3,5 dan pH 6,7. Begitu juga dengan perendaman kawat pada waktu 47,4 jam, secara deskriptif data pada grafik terlihat perbedaan yang sangat kecil pada kawat yang direndam dalam pH 3,5 dan pH 6,7.



Gambar 16. Grafik laju korosi terhadap waktu paparan larutan

Berdasarkan gambar 16 didapatkan informasi bahwa waktu lama perendaman mempengaruhi laju korosi kawat *finger spring*. Hal tersebut terlihat secara deskriptif bahwa pada adanya perbedaan laju korosi pada kawat yang direndam dalam pH larutan 3,5 selama 6,2 jam maupun 47,4 jam. Begitu juga dengan perendaman yang dilakukan dalam pH larutan 6,7 selama 6,2 jam maupun 47,4 jam memiliki perbedaan nilai laju korosi kawat. Selanjutnya data tersebut dilakukan uji normalitas untuk mengetahui distribusi data pada masing-masing sampel.

Tabel 7. Uji Normalitas data laju korosi menggunakan uji *Shapiro-Wilk test*

Uji Normalitas Laju Korosi	Sig.	Keterangan
pH 3,5 selama 6,2 Jam	.091	Distribusi data normal
pH 6,7 selama 6,2 Jam	.804	Distribusi data normal
pH 3,5 selama 47,4 Jam	.221	Distribusi data normal
pH 6,7 selama 47,4 Jam	.201	Distribusi data normal

Tabel 7 menunjukkan hasil dari uji normalitas data laju korosi dengan menggunakan uji *Shapiro-Wilk test* dengan keseluruhan data tersebut memiliki nilai $p > 0,05$ yang menunjukkan distribusi data normal, sehingga dapat dilakukan uji statistik dengan menggunakan uji *independent sample t-test*.

Tabel 8. Hasil Uji Statistik *Independent Sampel t-Test* pada data laju korosi dengan paparan pH larutan terhadap waktu yang sama

Perlakuan	df	Sig. (2-tailed)	Keterangan
pH larutan terhadap waktu perendaman 6,2 jam	10	.054	H0 diterima
pH larutan terhadap waktu perendaman 47,4 jam	10	.126	H0 diterima

Berdasarkan tabel 8, didapatkan hasil uji statistik laju korosi dengan paparan pH terhadap waktu yang sama. Pada perendaman dalam waktu 6,2 jam menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,054 dan nilai signifikansi sebesar 0,126 pada perendaman 47,4 jam. Hal tersebut menunjukkan keduanya memiliki nilai $p > 0,05$ yang berarti H0 diterima, sehingga disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara pH 3,5 dan 6,7 baik pada perendaman 6,2 jam maupun 47,4 jam.

Tabel 9. Hasil Uji Statistik *Independent Sampel t-Test* laju korosi pada data dengan paparan lamanya waktu perendaman terhadap pH yang sama

Perlakuan	df	Sig. (2-tailed)	Keterangan
Waktu perendaman terhadap pH larutan 3,5	10	.013	H0 ditolak
Waktu perendaman terhadap pH larutan 6,7	10	.001	H0 ditolak

Data pada tabel 9 adalah hasil uji statistik laju korosi pH yang sama, namun dengan waktu yang berbeda (6,2 jam dan 47,4 jam) menunjukkan hasil nilai signifikansi sebesar 0,013 pada perendaman pH 3,5. Hal tersebut

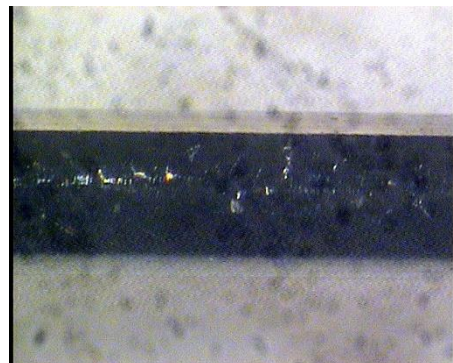
menunjukkan nilai $p < 0,05$ yang berarti H_0 ditolak, sehingga disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada pH 3,5 antara 6,2 jam dan 47,4 jam. Begitu juga dengan uji statistik pada perendaman dalam pH larutan 6,7 menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,001. Hal tersebut menunjukkan nilai $p < 0,05$ yang berarti H_0 ditolak, sehingga disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada pH 6,7 antara perendaman 6,2 jam dan 47,4 jam.

3. Mikroskop metalurgi secara makroskopis

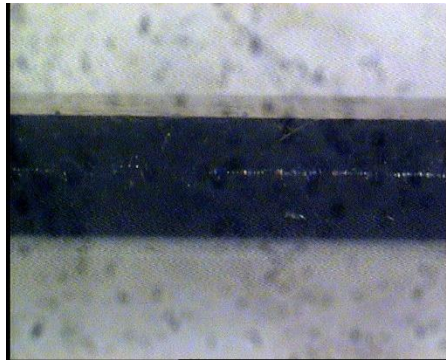
Uji mikroskop secara makroskopis menggunakan mikroskop metalurgi dengan perbesaran 55 kali. Uji makroskopis ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan gambaran permukaan setiap sampel kawat *stainless steel finger spring* 0,6 mm berupa kekasaran dan celah pada permukaan luar kawat sebelum maupun sesudah perendaman dalam saliva buatan dengan pH dan lama perendaman pada masing-masing kelompok.



Gambar 18. Pengamatan sampel 1 dilihat dengan mikroskop sebelum perlakuan



Gambar 17. Pengamatan sampel 2 dilihat dengan mikroskop sebelum perlakuan

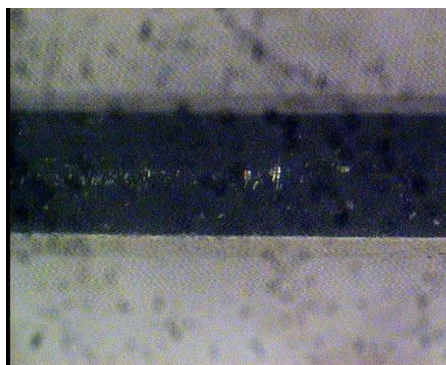


Gambar 20. Pengamatan sampel 3 dilihat dengan mikroskop sebelum perlakuan



Gambar 19. Pengamatan sampel 4 dilihat dengan mikroskop sebelum perlakuan

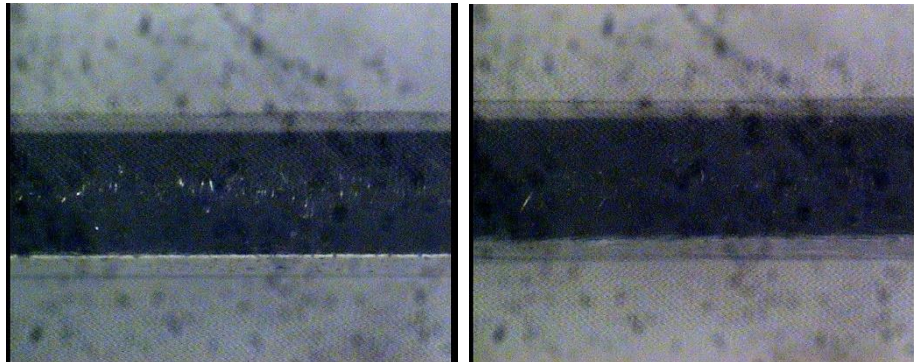
Hasil uji mikroskop metalurgi pada gambar 16, gambar 17, gambar 18, dan gambar 19 menunjukkan gambaran secara makroskopis kawat *stainless steel finger spring* 0,6 mm dengan permukaan luar kawat tidak memiliki celah sebelum dilakukan perlakuan pada masing-masing kelompok.



Gambar 22. Pengamatan sampel 1 dilihat dengan mikroskop sesudah perlakuan



Gambar 21. Pengamatan sampel 2 dilihat dengan mikroskop sesudah perlakuan



Gambar 24. Pengamatan sampel 3 dilihat dengan mikroskop sesudah perlakuan

Gambar 23. Pengamatan sampel 4 dilihat dengan mikroskop sesudah perlakuan

Gambar 20 menunjukkan secara deskriptif kawat *stainless steel finger spring* 0,6 mm setelah perendaman dengan pH 3,5 selama 6,2 jam. Gambar 21 menunjukkan sampel setelah perendaman dengan pH 3,5 selama 47,4 jam. Gambar 22 menunjukkan sampel setelah perendaman dengan pH 6,7 selama 6,2 jam. Gambar 23 menunjukkan gambaran makroskopis sampel setelah perendaman dengan pH 6,7 selama 47,4 jam. Permukaan terluar pada masing-masing sampel setelah perendaman terlihat tidak terdapat porus atau celah dengan mikroskop metalurgi dengan perbesaran 55 kali.

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan selisih berat kawat sebelum dan sesudah perlakuan pada tiap kelompok, didapatkan nilai *weight loss* yang tertera pada tabel 2 menunjukkan adanya proses pelepasan ion dan terjadinya proses korosi kawat *stainless steel finger spring* 0,6 mm. Hasil menunjukkan nilai *weight loss* tertinggi pada perlakuan perendaman dengan pH 3,5 selama 47,4 jam

dengan nilai 0,15 mg dan nilai terendah pada perlakuan perendaman dengan pH 3,5 selama 6,7 jam dengan nilai 0,0556 mg. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada pH 3,5 terlihat jelas bahwa semakin lama perendaman akan semakin besar nilai *weight loss* yang terjadi pada kawat karena waktu kontak antara kawat dan saliva berbeda pada masing-masing kelompok (Rasyid *et al.*, 2014). Perendaman dengan pH 3,5 selama 47,4 jam menghasilkan nilai *weight loss* yang paling besar dibandingkan dengan kelompok lain. Hal tersebut menunjukkan bahwa lebih banyak *weight loss* yang dihasilkan pada kondisi asam. Hal tersebut serupa dengan penelitian Kristianingsih, *et al.* (2014) yang menunjukkan bahwa kondisi asam menghasilkan pelepasan ion lebih besar dibandingkan dengan kondisi netral. Hal ini disebabkan banyaknya kandungan H^+ yang mempercepat proses redoks, sehingga mempercepat proses korosi (Shreir *et al.*, 2000). Pada pH 6,7 dengan waktu perendaman 6,2 jam dan 47,4 jam tetap mengalami *weight loss* karena pengaruh dari kandungan saliva. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa pelepasan ion pada kawat ortodonti dapat terjadi pada 4-5 bulan pertama pemakaian kawat pada perawatan ortodonti dalam cairan tubuh seperti, saliva, darah, dan urin (Agaoglu *et al.*, 2001). Hal tersebut juga terjadi pada penelitian Kristianingsih, *et al.* (2014) yang menunjukkan tetap terjadi pelepasan ion Ni dan Cr pada kawat ortodonti *stainless steel* yang direndam didalam pH netral. Almeida *et al.* (2018) mengatakan bahwa kandungan saliva terdiri dari sebagian besar air, bahan organik berupa enzim, dan juga bahan anorganik, antara lain bikarbonat, fosfat,

kalium, klorida, natrium, dan magnesium). Bahan anorganik merupakan media elektrolit yang baik, sehingga dapat menimbulkan reaksi elektrokimia.

Pelepasan ion-ion pada kawat ortodonti merupakan hal yang dapat dideteksi untuk mengindikasikan korosi pada kawat secara mikro (Bardal & Einer, 2004). Adanya *weight loss* pada seluruh perlakuan kelompok menandakan adanya laju korosi pada kawat *stainless steel finger spring*. Sehingga, perhitungan laju korosi dapat dilakukan dengan menghitung *weight loss* masing-masing kawat. Hasil menunjukkan nilai laju korosi dari yang terbesar hingga terkecil, yaitu kelompok 3, kelompok 1, kelompok 2, dan kelompok 4. Laju korosi pada kelompok 3 dan 1 menunjukkan hasil yang lebih besar dibandingkan dengan kelompok 2 dan 4 karena waktu paparan kelompok 3 dan 1 lebih sebentar dibandingkan dengan kelompok 2 dan 4.

Gambar 15 menunjukkan pengaruh pH terhadap laju korosi pada paparan 6,2 jam dan 47,4 jam. Hasil uji *Independent Sample T-Test* pada analisis pH terhadap waktu yang sama, pada waktu perendaman selama 6,2 jam didalam pH 3,5 dan 6,7 memiliki nilai signifikansi sebesar 0,054. Hasil ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Begitu juga dengan perendaman yang dilakukan selama 47,4 jam didalam pH 3,5 dan 6,7 dengan nilai signifikansi sebesar 0,126 yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Hal tersebut berbeda dengan penelitian Loto *et al.* (2012) dengan kesimpulan bahwa laju korosi akan meningkat pada lingkungan yang asam. Hal ini memungkinkan bahwa tidak adanya kontrol gas alam CO₂ pada

inkubator, sehingga gas CO₂ didalam inkubator tidak stabil. Selain itu, perendaman pada waktu 6,2 jam dan 47,4 jam merupakan waktu yang sangat sebentar dalam pengamatan laju korosi antara pH 3,5 dan pH 6,7. Pada dasarnya, proses korosi merupakan proses alami penurunan kualitas bahan material logam yang berkontak dengan lingkungan, sehingga tidak dapat dihentikan. Korosi internal dapat terjadi akibat interaksi antara gas CO₂ pada alam dengan fasa liquid, yang biasa disebut juga dengan korosi CO₂ (Suryaningsih *et al.*, 2015).

Gambar 16 menunjukkan pengaruh lama waktu paparan terhadap laju korosi pada pH 3,5 dan 6,7. Hasil uji *Independent Sample T-Test* pada analisis lama waktu paparan terhadap pH yang sama menunjukkan, pH 3,5 pada paparan selama 6,2 jam dan 47,4 jam memiliki nilai signifikansi sebesar 0,013. Hasil ini menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan. Hal yang sama juga terjadi pada pH 6,7 yang dilakukan perendaman selama 6,2 jam dan 47,4 jam yang memiliki nilai signifikansi sebesar 0,001. Hal tersebut menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan. Berdasarkan hasil tersebut menggambarkan bahwa waktu berpengaruh pada laju korosi kawat *stainless steel finger spring*, yaitu semakin lama waktu paparan, semakin kecil laju korosi kawat *finger spring*. Hal tersebut sesuai dengan rumus laju korosi berdasarkan *weigh loss*, yaitu semakin besar waktu paparan, semakin kecil nilai laju korosi (ASTM International, 2005). Hal ini dikarenakan bahwa bahan korosif menyebabkan proses korosi atau mengikis bagian luar kawat terlebih dahulu lalu inti. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh

Ornelasari (2015) pada penelitiannya menyatakan bahwa kandungan klorida bersifat merusak lapisan oksida permukaan logam dengan cara membentuk celah kecil setelah mengikis dan merusak lapisan pasif permukaan logam. Akibat dari terbentuknya celah kecil tersebut, ion klorida dapat menyebabkan kerusakan berlanjut hingga lapisan dalam kawat.

Uji makroskopsis dengan mikroskop metalurgi dilihat dengan perbesaran 55 kali. Pengamatan dilakukan dengan melihat perbedaan sebelum dan sesudah perlakuan pada permukaan terluar masing-masing kelompok sampel. Uji makroskopsis pada perlakuan perendaman pH 3,5 selama 6,2 jam, pH 3,5 selama 47,4 jam, pH 6,7 selama 6,2 jam, dan pH 6,7 selama 47,4 jam tersebut menggambarkan bahwa permukaan terluar sampel semua perlakuan adalah rata dan tidak terlihat porus atau celah setelah perlakuan. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa secara deskriptif tidak memiliki perbedaan yang signifikan sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil tersebut dipengaruhi karena dengan waktu paparan selama 6,2 jam dan 47,4 jam dalam perendaman pH 3,5 dan pH 6,7 secara makroskopsis belum melihatkan porus yang besar pada permukaan terluar kawat akibat proses korosi.