

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

#### 4.1.1 Data Hasil Penelitian

Pada pengujian *fatigue* hasil yang didapatkan berupa jumlah siklus yang adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1  
Data Jumlah Siklus Hasil Pengujian *Fatigue*

No.	<i>Displacement Ratio</i> , R	<i>Displacement amplitude</i> , Da (mm)	Jumlah Siklus
1	0	0.15	920000
2	0	0.2	180000
3	0	0.3	1000
4	-1	0.15	780000
5	-1	0.2	90000
6	-1	0.3	20000
7	-5	0.15	1040000
8	-5	0.2	320000
9	-5	0.3	110000

Sedangkan untuk data panjang retak, jumlah siklus dan laju perambatan retak dapat dilihat pada lampiran. Untuk perhitungan laju perambatan retak menggunakan metode *secant*, data yang digunakan sebagai contoh adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2  
Contoh Data Jumlah Siklus dan Panjang Retak dari Hasil Pengujian *Fatigue*

Jumlah siklus	Panjang retak (mm)		Jumlah panjang retak rata-rata (mm)
	Kiri	Kanan	
5000	0.898	0.956	3.422
10000	1.562	1.594	4.058

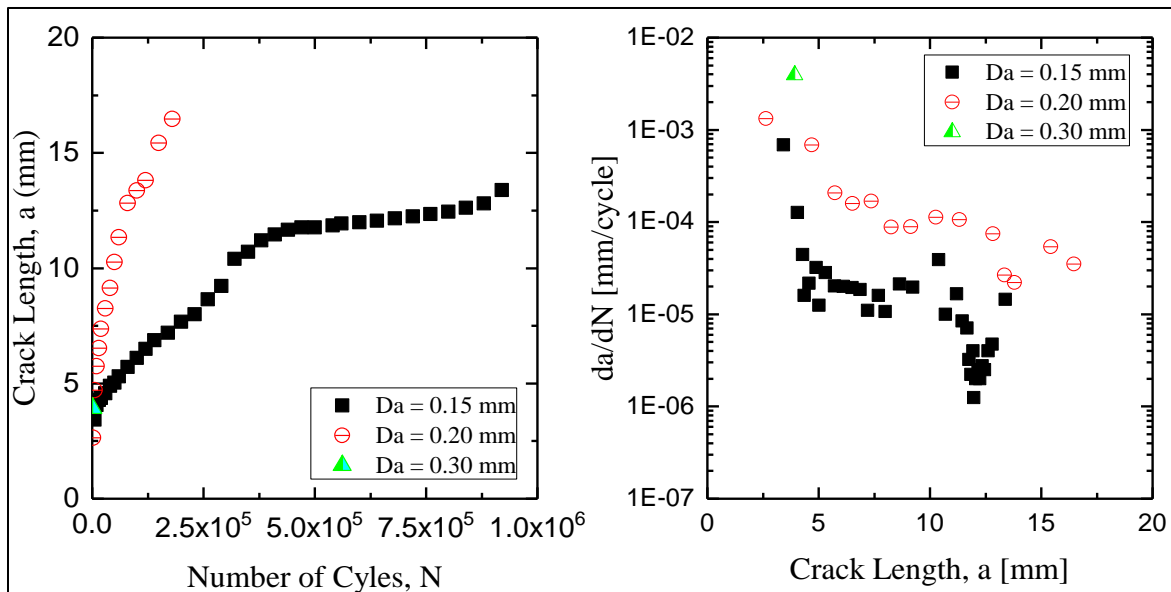
- Panjang retak rata –rata (a)

$$a = \frac{\Sigma \text{panjang notch} + \Sigma \text{panjang retak}}{2} = \frac{(2.51 + 2.45) + (1.562 + 1.594)}{2} = 4.058 \text{ mm}$$

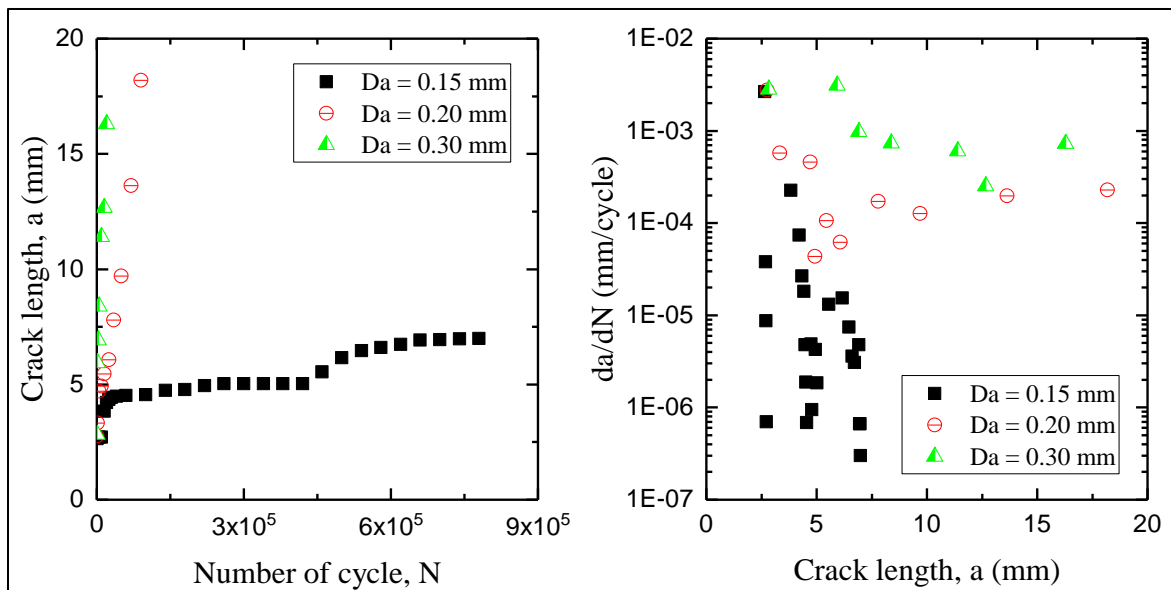
- Laju perambatan retak (da/dN)

$$\frac{da}{dN} = \frac{a_n - a_{n-1}}{N_n - N_{n-1}} = \frac{4.058 - 3.422}{10000 - 5000} = 1.272E - 04 \text{ mm/siklus}$$

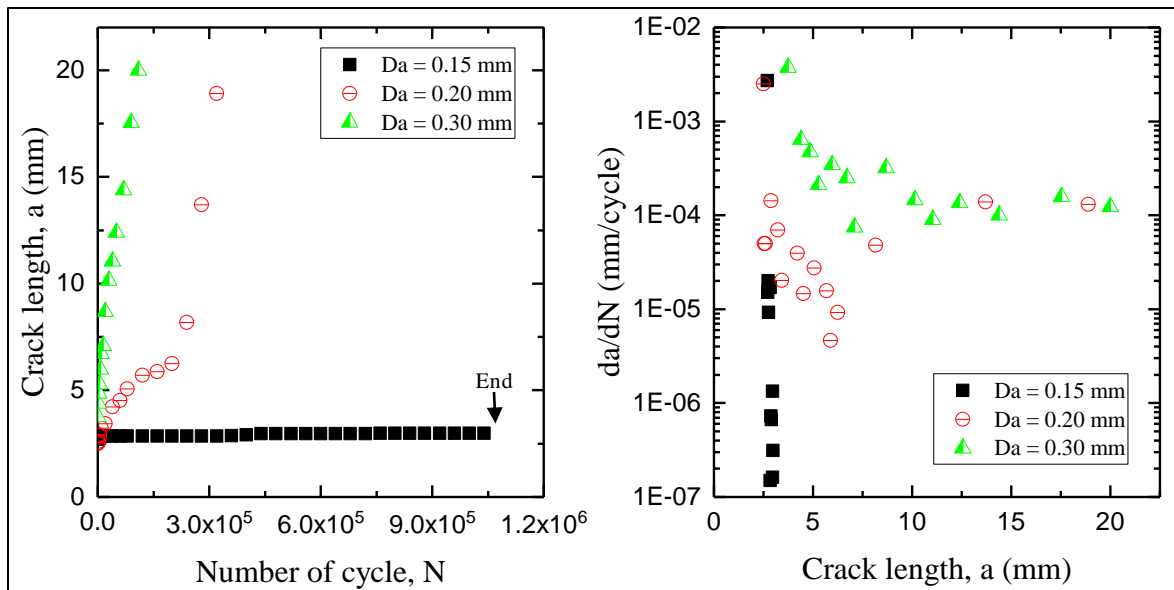
#### 4.1.2 Pengaruh *Displacement Amplitude* pada *Displacement Ratio* Sama



Gambar 4.1 Grafik panjang retak dan laju perambatan retak pada  $R = 0$



Gambar 4.2 Grafik panjang retak dan laju perambatan retak pada  $R = -1$



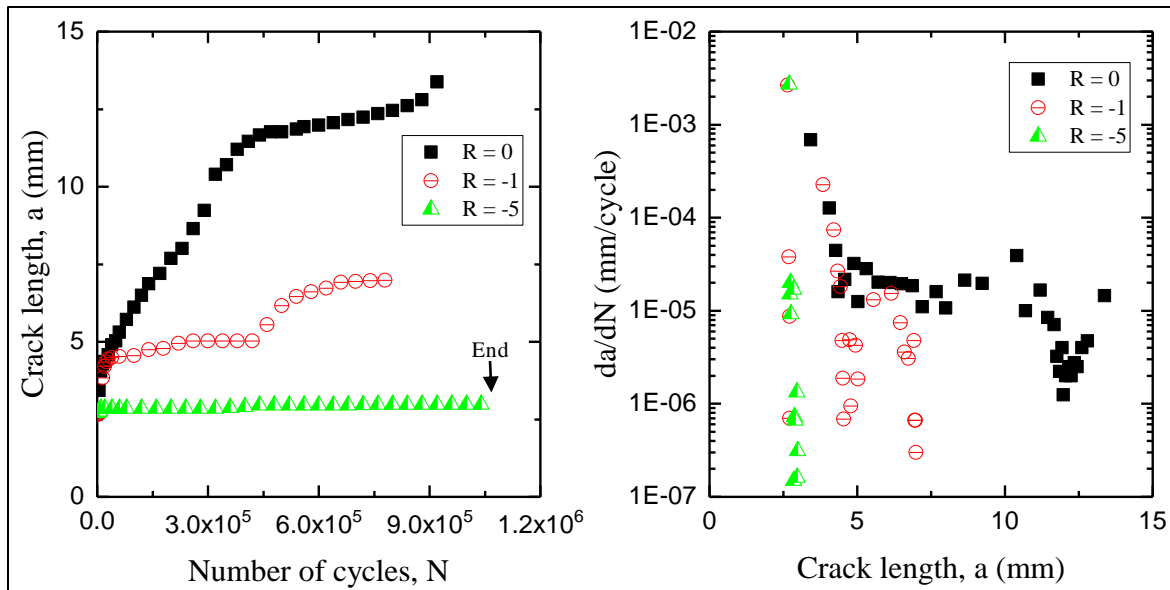
Gambar 4.3 Grafik panjang retak dan laju perambatan retak pada  $R = -5$

Gambar 4.1 sampai 4.3 merupakan grafik pengaruh *displacement ratio* yang sama dengan *displacement amplitude* berbeda. Pada gambar 4.1 sampai 4.3 terlihat bahwa semakin besar *displacement amplitude* maka umur dari material semakin pendek walaupun pada *displacement ratio* yang sama. Pada kondisi *displacement ratio*  $R = 0$ , spesimen dengan *displacement amplitude*  $Da = 0.15$  mm patah pada siklus 920000, sementara spesimen dengan  $Da = 0.2$  mm dan  $0.3$  mm menghasilkan spesimen yang patah pada siklus 180000 dan 1000. Pada kondisi  $R = -1$ , spesimen dengan  $Da = 0.15$  mm patah pada siklus 780000, diikuti spesimen dengan  $Da = 0.2$  mm dan  $0.3$  mm yang patah pada siklus 90000 dan 20000. Pada spesimen dengan  $R = -5$  juga mengalami kecenderungan yang sama, dimana spesimen dengan  $Da = 0.15$  mm patah pada siklus 1040000, sedangkan spesimen dengan  $Da = 0,2$  mm dan  $0,3$  mm yang patah pada siklus 320000 dan 110000. Spesimen dengan  $Da = 0.15$  mm dihentikan pada siklus 1040000 karena perambatan retak yang muncul sangat sedikit akibat terlalu kecilnya *displacement maximum* sehingga beban tariknya ikut kecil. Sementara itu, spesimen dengan  $Da = 0.3$  mm hanya memiliki satu data yang dapat dicatat akibat tingginya beban yang diterima spesimen sehingga perambatan retak yang terjadi terlalu cepat.

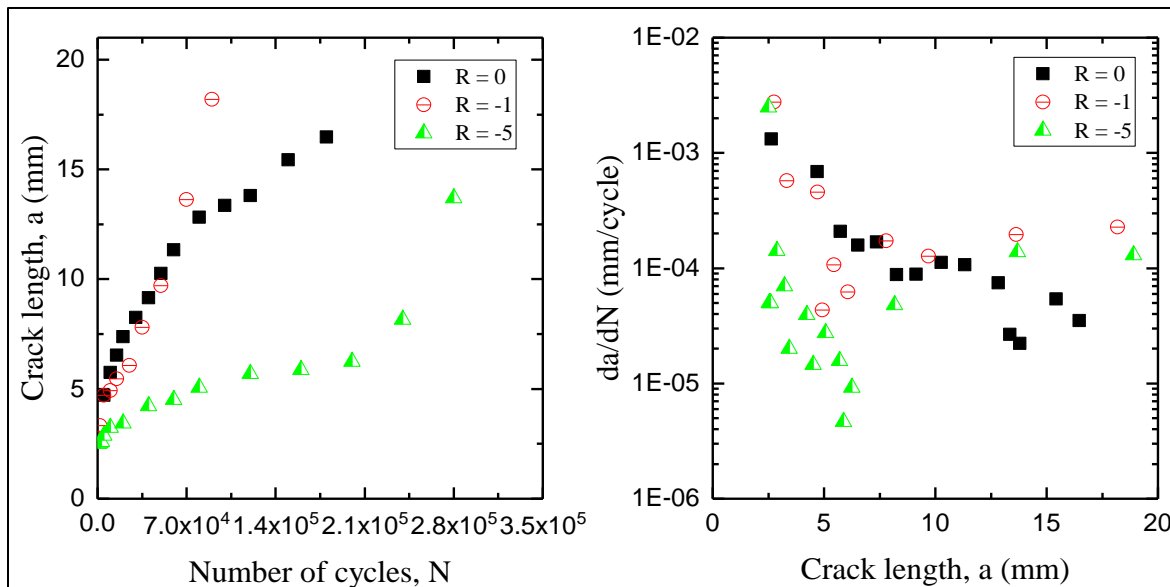
Selain dengan menurunnya umur pada material, laju perambatan retak juga semakin meningkat dengan bertambahnya *displacement amplitude* seperti yang terlihat pada gambar 4.1 sampai 4.3. Penerapan *displacement amplitude* menghasilkan pembebanan yang diterima spesimen bergantung pada luas area dimana *notch* diterapkan. Pada siklus awal, pembebanan yang diterima spesimen tinggi, lalu turun seiring dengan pertambahan

retak akibat semakin kecilnya luasan dimana retak terjadi dan spesimen yang mulur plastis. Sehingga, semakin tinggi *displacement amplitude* maka pembebanan pada spesimen juga semakin tinggi yang berefek pada semakin rendahnya umur material dan tingginya laju perambatan retak.

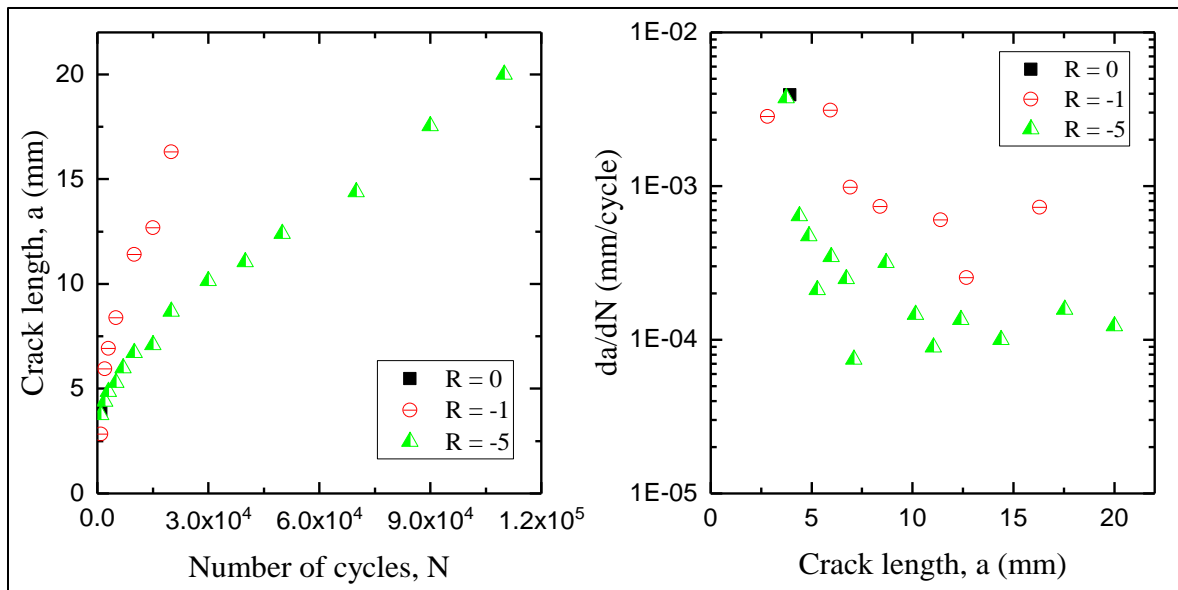
**4.1.3 Pengaruh *Displacement Ratio* pada *Displacement Amplitude* Sama**



Gambar 4.4 Grafik panjang retak dan laju perambatan retak pada  $Da = 0.15$  mm



Gambar 4.5 Grafik panjang retak dan laju perambatan retak pada  $Da = 0.2$  mm

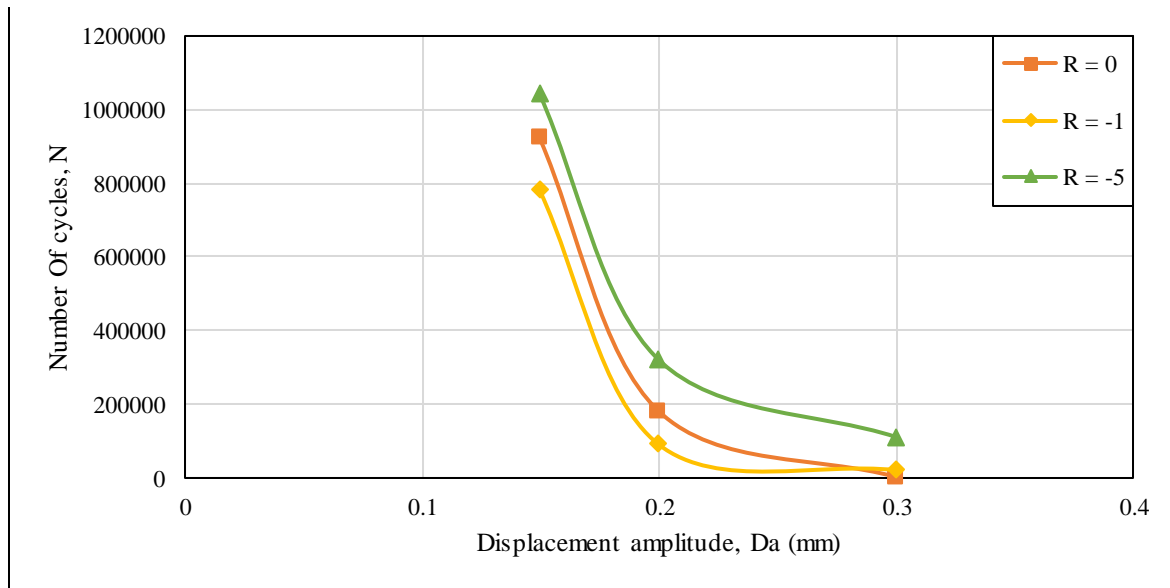


Gambar 4.6 Grafik panjang retak dan laju perambatan retak pada  $Da = 0.3$  mm

Gambar 4.4 sampai 4.6 merupakan grafik pengaruh *displacement amplitude* sama terhadap *displacement ratio* berbeda. Gambar 4.4 sampai 4.6 memiliki kecenderungan dimana dengan *displacement amplitude* yang sama, semakin kecil *displacement ratio* yang diberikan, maka umur material akan bertambah. Pada spesimen yang diberikan *displacement amplitude*  $Da = 0.15$  mm, spesimen dengan *displacement ratio*  $R = 0$  patah pada siklus 920000, sedangkan spesimen dengan  $R = -1$  dan  $R = -5$  patah pada siklus 780000 dan 1040000. Pada spesimen yang diberikan  $Da = 0.2$  mm, spesimen dengan  $R = 0$  patah pada siklus 180000, sedangkan spesimen dengan  $R = -1$  dan  $R = -5$  patah pada siklus 90000 dan 320000. Pada spesimen dengan  $Da = 0.3$  mm, spesimen dengan  $R = 0$  patah pada siklus 1000, sedangkan spesimen dengan *displacement ratio*  $R = -1$  dan  $R = -5$  patah berturut-turut pada siklus 20000 dan 110000.

Selain itu, penurunan *displacement ratio* juga berakibat pada laju perambatan retak yang kecil seperti pada gambar 4.4 sampai 4.6. Ini menunjukkan bahwa penurunan *displacement ratio* menyebabkan perpindahan maksimum dan minimum yang diterapkan semakin kecil, sehingga *load* yang diterima juga semakin kecil, dan umur materialnya lebih lama dengan laju perambatan retak yang kecil.

#### 4.1.4 Pengaruh *Displacement Amplitude* dan *Displacement Ratio* terhadap Siklus

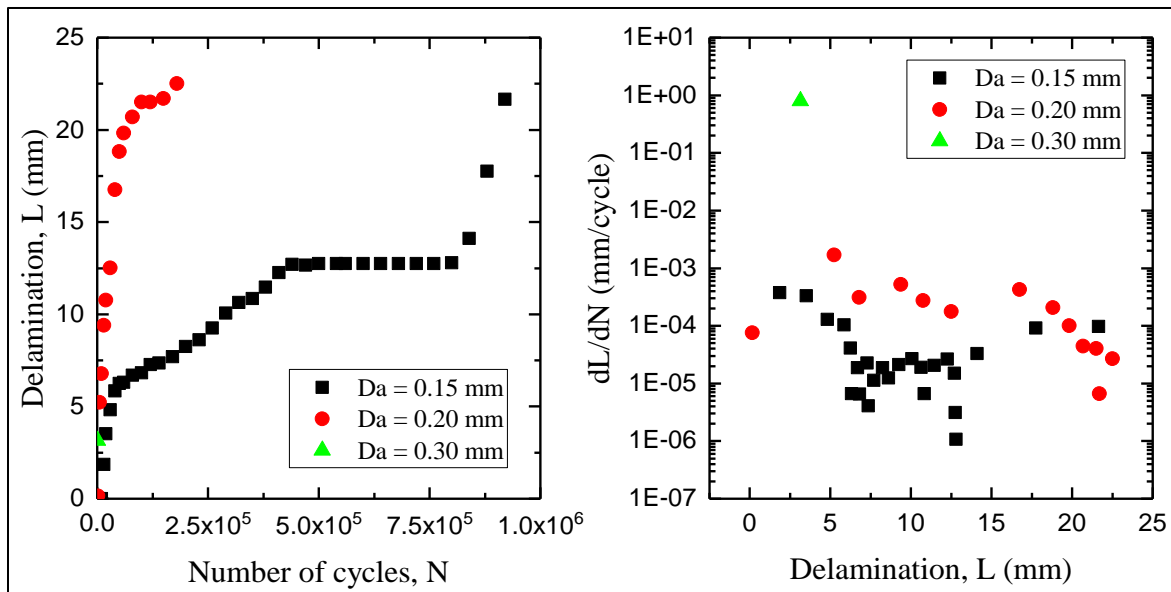


Gambar 4.7 Grafik hubungan perbandingan *displacement amplitude* dan *displacement ratio* terhadap siklus

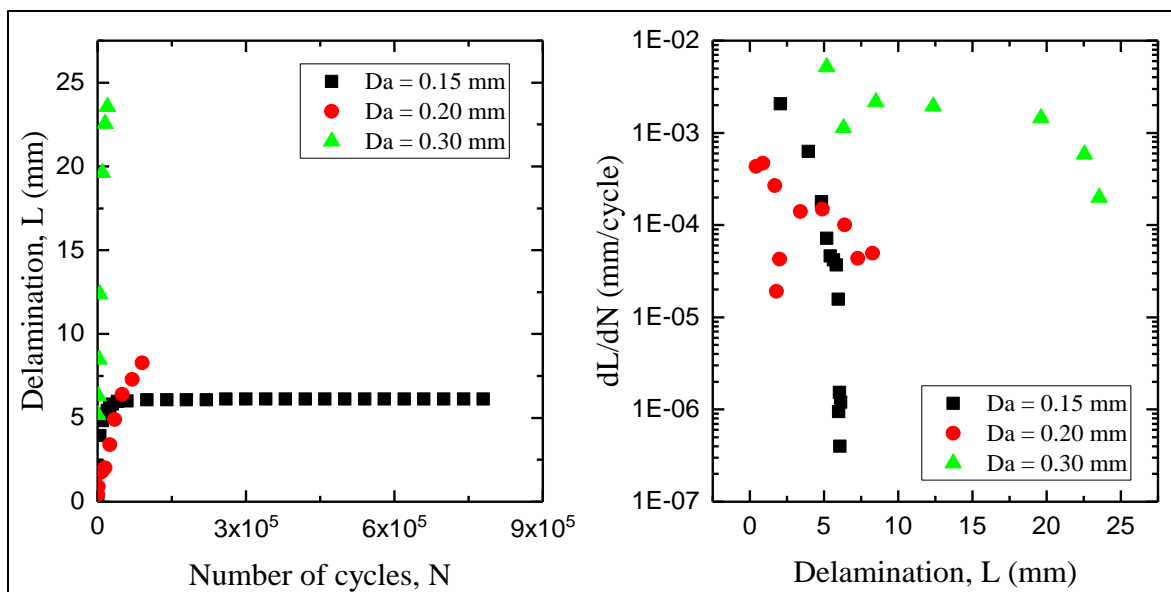
Gambar 4.7 menjelaskan hubungan perbandingan *displacement amplitude* terhadap siklus pada *displacement ratio* yang berbeda. Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa siklus material semakin menurun seiring dengan kenaikan *displacement amplitude* yang diberikan seperti yang dapat dilihat pada spesimen dengan *displacement ratio*  $R = 0$ ,  $R = -1$  dan  $R = -5$ . Penurunan siklus tiap kenaikan *displacement amplitude* terjadi secara signifikan. Ini menunjukkan *displacement amplitude* sangat berpengaruh pada umur material *fiber-acrylic laminated composite*.

Selain itu, gambar di atas menunjukkan kecenderungan dimana penurunan *displacement ratio* dapat menambah umur spesimen seperti yang dapat dilihat pada *displacement amplitude*  $D_a = 0.15$  mm,  $D_a = 0.2$  mm dan  $D_a = 0.3$  mm. Pada  $D_a = 0.15$  mm dan  $0.2$  mm dengan *displacement ratio*  $R = -1$ , terjadi penyimpangan dimana siklusnya lebih rendah dari kondisi  $R = 0$ . Ini terjadi akibat beban tarik dari *displacement maximum* masih dapat menumbuhkan retak. Namun, adanya beban tekan dari *displacement minimum* menyebabkan delaminasi terjadi, sehingga ketika spesimen terkena beban tarik kembali, beban hanya diterima akrilik dan tidak bisa ditransfer ke *fiber reinforced composite* yang menyebabkan spesimen patah lebih cepat. Penambahan siklus yang terjadi tiap penurunan *displacement ratio* juga tidak signifikan. Ini menunjukkan bahwa *displacement ratio* memiliki pengaruh yang kecil terhadap umur material ini.

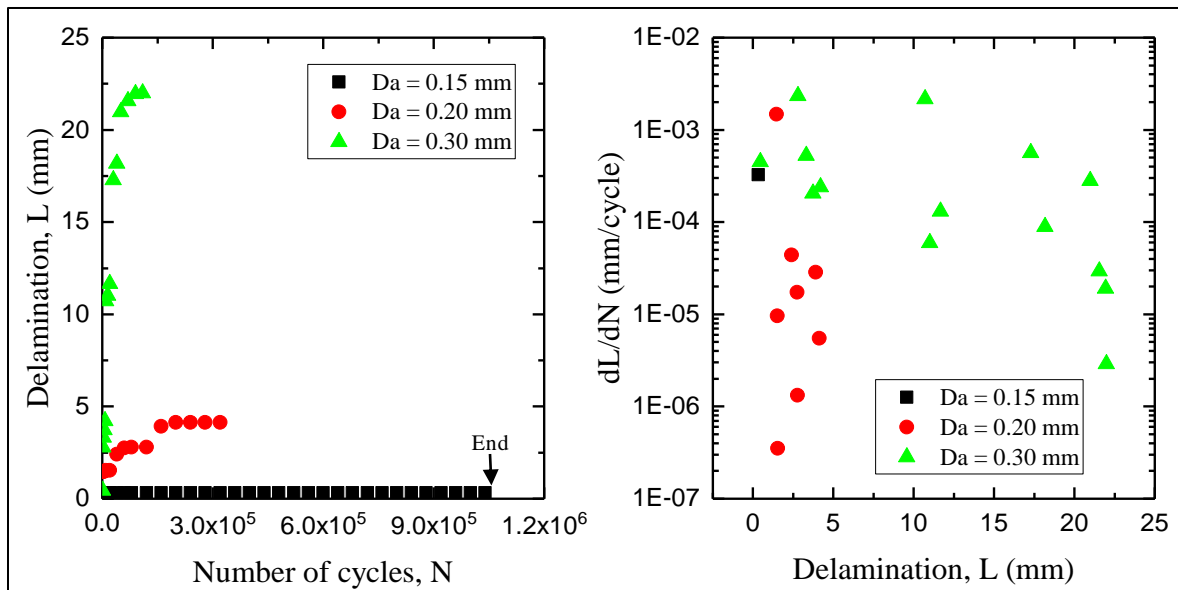
#### 4.1.5 Pengaruh *Displacement Amplitude* terhadap Perkembangan Delaminasi



Gambar 4.8 Grafik perkembangan delaminasi pada  $R = 0$



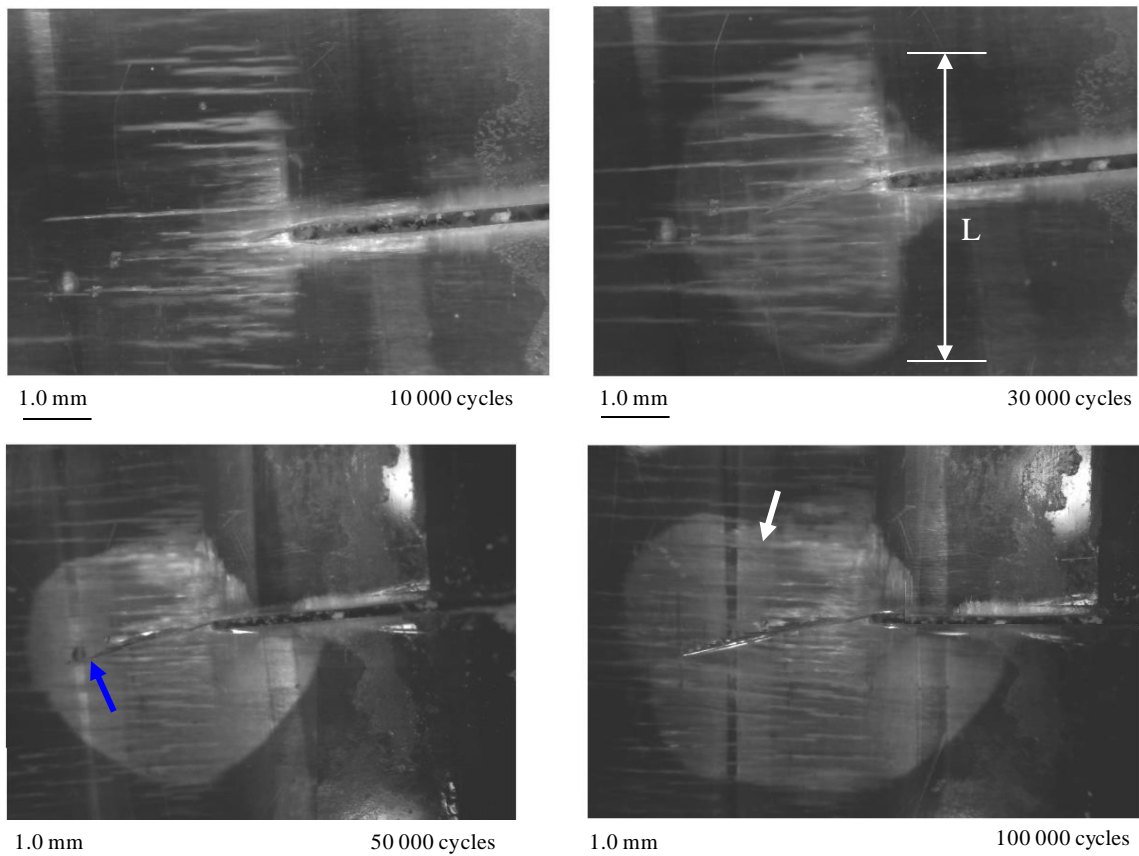
Gambar 4.9 Grafik perkembangan delaminasi pada  $R = -1$



Gambar 4.10 Grafik perkembangan delaminasi pada  $R = -5$

Gambar 4.9 sampai 4.11 merupakan grafik perkembangan delaminasi pada *displacement ratio* yang sama dengan *displacement amplitude* yang berbeda. Dari ketiga gambar di atas, dapat diketahui adanya kecenderungan dimana semakin tinggi *displacement amplitude* yang diberikan maka delaminasi yang timbul akan semakin panjang, dengan laju perkembangan yang semakin tinggi pula. Pada *displacement ratio*  $R = 0$ , spesimen dengan *displacement amplitude*  $Da = 0.15$  mm memiliki panjang delaminasi 21.655 mm, sedangkan spesimen dengan  $Da = 0.2$  mm dan 0.3 mm memiliki panjang delaminasi sebesar 22.5 mm dan 0.8 mm. Spesimen dengan  $Da = 0.15$  mm dihentikan pada siklus 1040000 akibat terlalu kecilnya *displacement maximum* sehingga beban tarik kecil. Beban tarik yang kecil menyebabkan retak yang terjadi sedikit diikuti dengan delaminasi yang sedikit pula. Spesimen dengan  $Da = 0.3$  mm hanya memiliki satu data yang dapat dicatat akibat tingginya beban yang diterima spesimen sehingga perambatan retak dan perkembangan delaminasinya terlalu cepat.

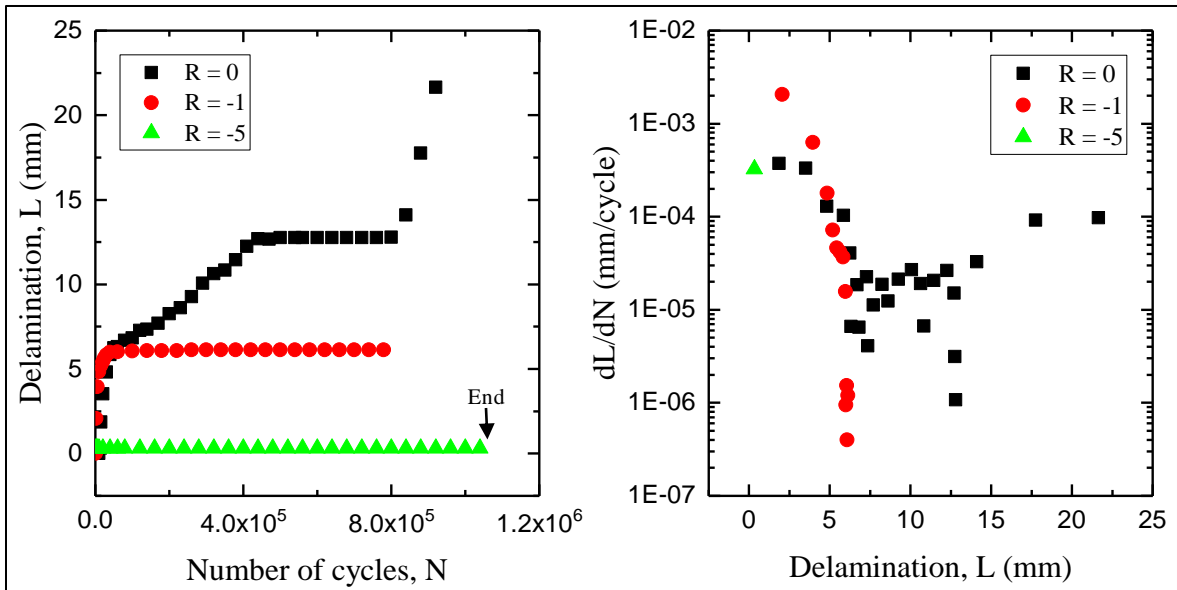




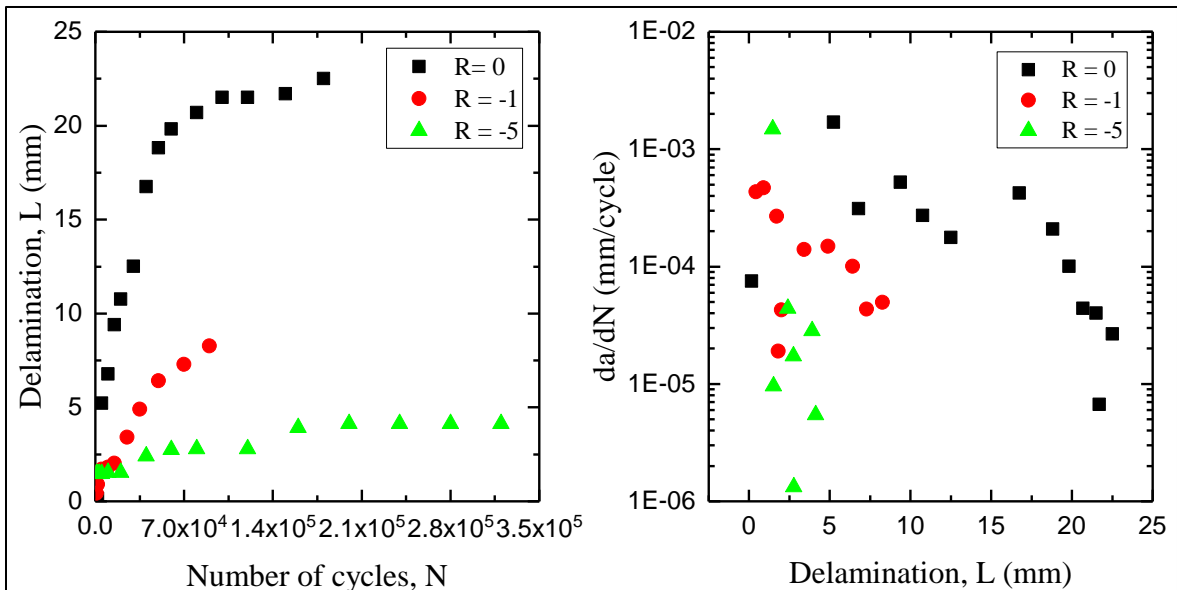
*Gambar 4.11* Perkembangan delaminasi pada perambatan retak dengan kondisi  $R = 0$  dan  $Da = 0.15$  mm

Pada kondisi  $R = -1$ , spesimen dengan  $Da = 0.15$  mm memiliki panjang delaminasi 6.1255 mm, spesimen dengan  $Da = 0.2$  mm memiliki panjang delaminasi 8.2685 mm, dan spesimen dengan  $Da = 0.3$  mm memiliki panjang delaminasi 23.552 mm. Sedangkan pada kondisi  $R = -5$ , spesimen dengan  $Da = 0.15$  mm memiliki panjang delaminasi 2.9775 mm, spesimen dengan  $Da = 0.2$  mm memiliki panjang delaminasi 4.1365 mm, dan spesimen dengan  $Da = 0.3$  mm memiliki panjang delaminasi 22 mm.

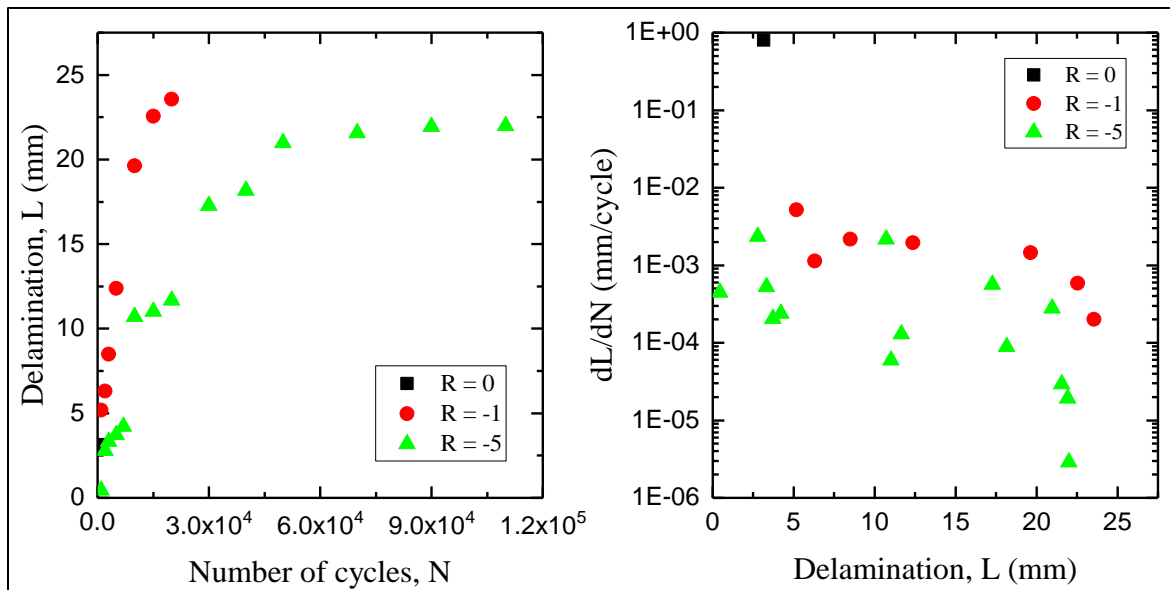
4.1.6 Pengaruh *Displacement Ratio* terhadap Perkembangan Delaminasi



Gambar 4.12 Grafik perkembangan delaminasi pada  $Da = 0.15$  mm



Gambar 4.13 Grafik perkembangan delaminasi pada  $Da = 0.2$  mm



Gambar 4.14 Grafik perkembangan delaminasi pada  $Da = 0.3$  mm

Gambar 4.13 sampai 4.15 di atas merupakan grafik perkembangan delaminasi pada *displacement amplitude* yang sama dengan *displacement ratio* berbeda. Dari ketiga gambar di atas dapat diketahui adanya kecenderungan dimana semakin rendah *displacement ratio* yang diberikan maka delaminasi yang timbul semakin pendek sehingga perkembangan delaminasinya pun semakin rendah. Pada kondisi  $Da = 0.15$  mm, spesimen dengan  $R = 0$  memiliki panjang delaminasi 21,655 mm, sedangkan spesimen dengan  $R = -1$  dan  $R = -5$  yang memiliki panjang delaminasi 6.1255 mm dan 2.9775 mm. Pada kondisi  $Da = 0.2$  mm, spesimen dengan  $R = 0$  memiliki panjang delaminasi 22.5 mm, diikuti spesimen dengan  $R = -1$  dan  $R = -5$  yang memiliki panjang delaminasi sebesar 8.2685 mm dan 4.1365 mm. Sementara itu pada kondisi  $Da = 0.3$  mm, spesimen dengan  $R = 0$  memiliki panjang delaminasi 0.8 mm, spesimen dengan  $R = -1$  memiliki panjang delaminasi sebesar 23.552 mm, dan spesimen dengan  $R = -5$  memiliki panjang delaminasi sebesar 22 mm.

