

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang data hasil penelitian yang telah dilakukan. Dalam bab ini mencakup hasil karakterisasi, hasil pengujian, dan pembahasan berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh. Penelitian ini menggunakan spesimen paduan NiTi yang dipreparasi sesuai dengan standar spesimen uji tarik. Spesimen yang telah disiapkan akan melalui *solution treatment* dan *artificial aging* dengan variabel yang digunakan berupa temperatur dan waktu tahan yang berbeda. Spesimen diberi kode sesuai dengan masing-masing variabel yang digunakan. Kode spesimen dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1** Kode Spesimen.

<b>Kode Spesimen</b>	<b>Temperatur Aging (°C)</b>	<b>Waktu Aging (Jam)</b>
NT	0	0
301	300	1
303	300	3
305	300	5
351	350	1
353	350	3
355	350	5
401	400	1
403	400	3
405	400	5

## 4.1 Data Hasil Penelitian

### 4.1.1 Data Karakterisasi Awal

Penelitian ini menggunakan spesimen berupa paduan NiTi yang dikategorikan sebagai biomaterial. Aplikasi dari paduan NiTi umumnya digunakan dalam dunia Kesehatan sebagai implant medis yang dikenal sebagai *balloon expandable stent*. Selain itu, paduan NiTi juga digunakan dalam industri pembuatan pesawat terbang. Paduan NiTi diketahui memiliki dua jenis, yaitu *nickel base* dan *titanium base*. Perbedaan tersebut terdapat pada seberapa besar komposisi dari nikel ataupun titanium yang terkandung dalam spesimen. Namun, pada spesimen yang digunakan untuk penelitian ini, diketahui sebagai paduan NiTi dengan sebagian besar komposisinya adalah material nikel (*nickel base*). Komposisi dari paduan NiTi yang digunakan sebagai spesimen dapat dilihat pada Tabel 4.2.

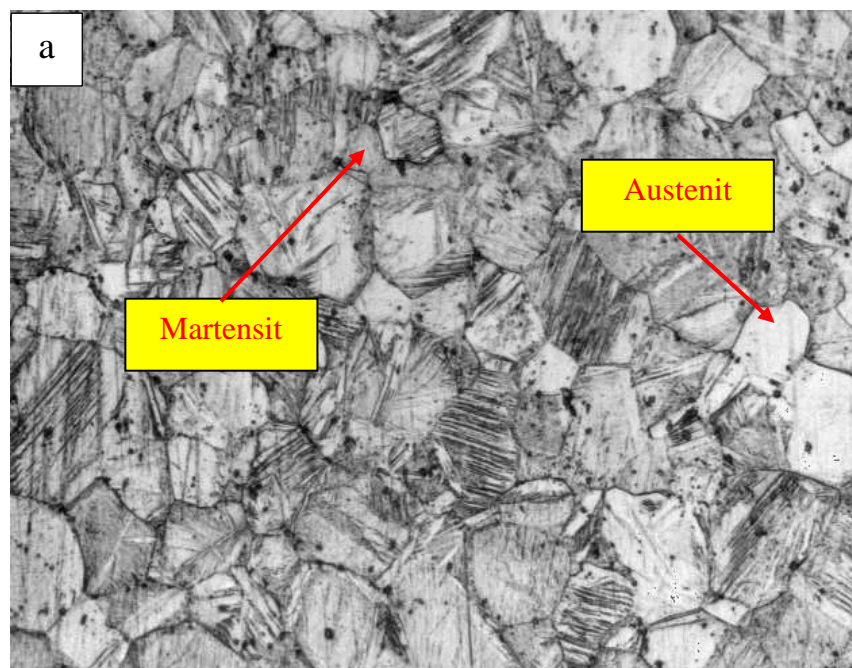
**Tabel 4.2** Komposisi Spesimen.

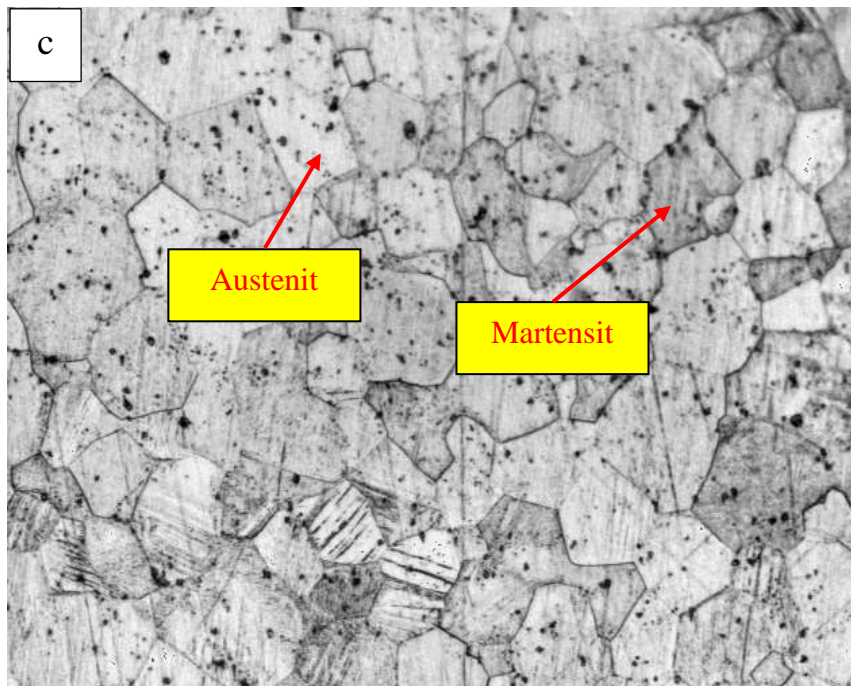
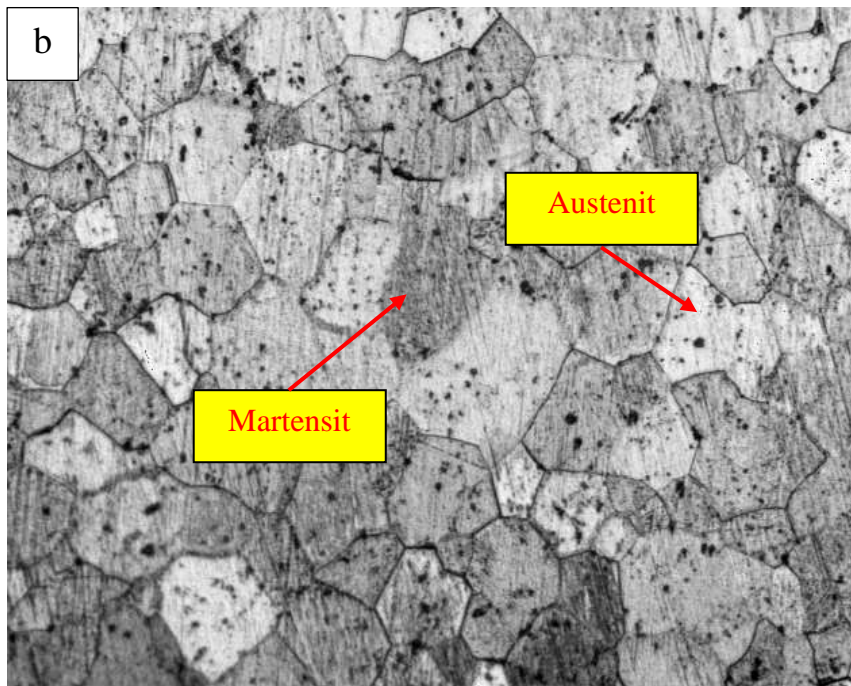
Unsur %										
Ti	Fe	C	O	N	H	Co	Cu	Cr	Nb	Ni
44,6	0,014	0,041	0,03	0,006	0,001	0,074	0,01	<0,01	<0,01	55,2

### 4.1.2 Data Hasil Metalografi

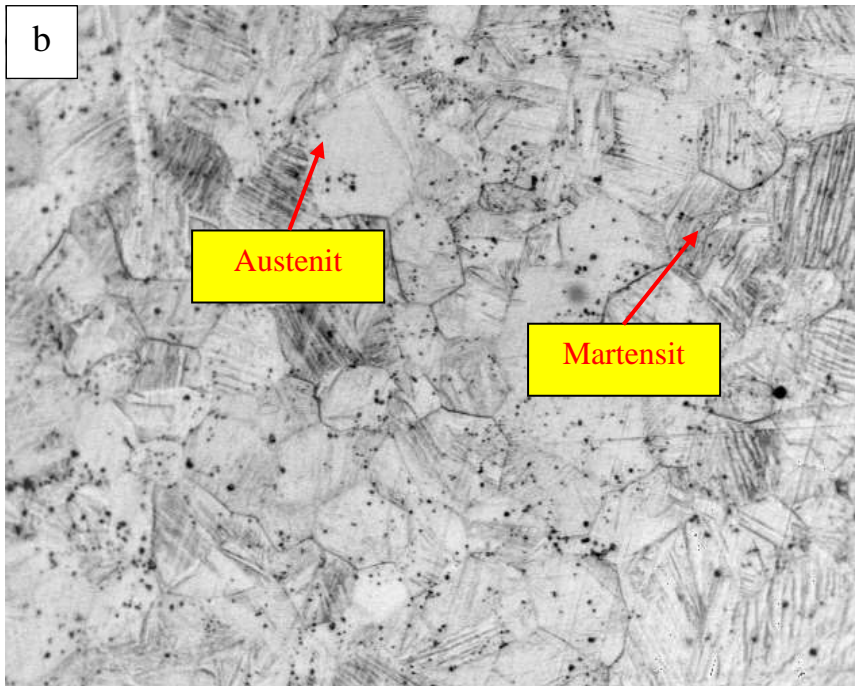
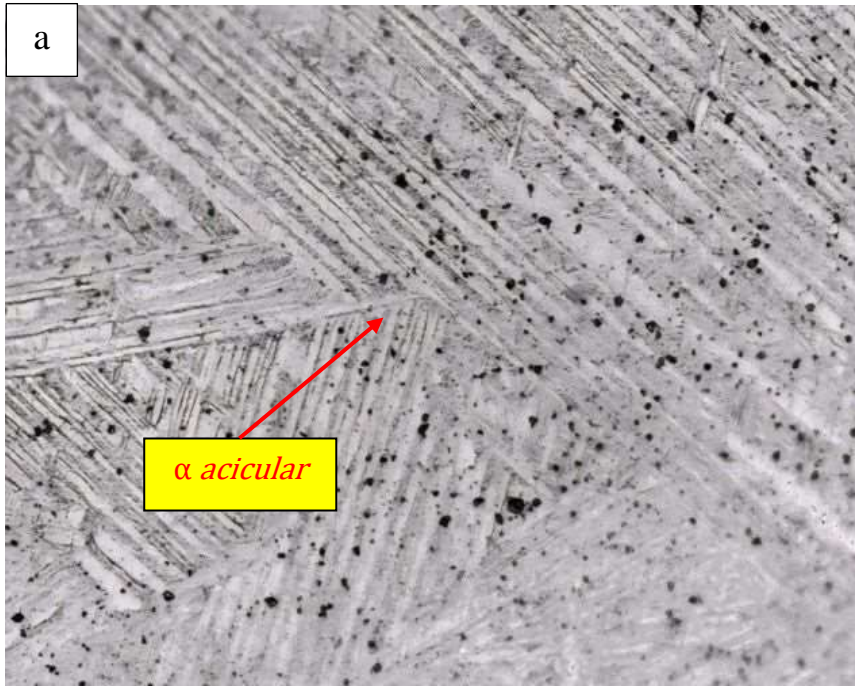
Pengamatan metalografi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui fasa, struktur mikro, dan presipitat yang terbentuk setelah proses *aging* dilakukan. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada seluruh spesimen dengan tingkat perbesaran tertentu. Pengamatan metalografi dilakukan menggunakan *optical microscope* di Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten. Adapun hasil metalografi dapat dilihat pada Gambar 4.1 hingga 4.3. Pada Gambar 4.1 hingga 4.3 mayoritas masing-masing struktur mikro memiliki morfologi austenit dan martensit yang terbentuk, tetapi dalam beberapa spesimen terdapat perbedaan dengan kemunculan fasa  $\alpha$  *circular* dan fasa  $\beta$ . Namun, apabila ditinjau berdasarkan uji XRD yang telah dilakukan maka dapat diketahui bahwa dalam masing-masing Gambar yang disajikan tersebut terdapat beberapa fasa diantaranya ada NiTi (B2) yang dikenal sebagai struktur austenit, NiTi (R) atau disebut juga sebagai struktur premartensit, NiTi yang merupakan struktur martensit, presipitat Ni<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub> dan presipitat Ti. Ukuran butir rata-rata yang dimiliki oleh spesimen *non-treatment* adalah sebesar 26,73  $\mu\text{m}$ . Sedangkan ukuran butir terendah yang dimiliki oleh spesimen yang diberi perlakuan *aging* yaitu pada spesimen 301 sebesar 30,50  $\mu\text{m}$ . Lalu, ukuran butir tertinggi dimiliki oleh spesimen 351 sebesar 283,46  $\mu\text{m}$ .

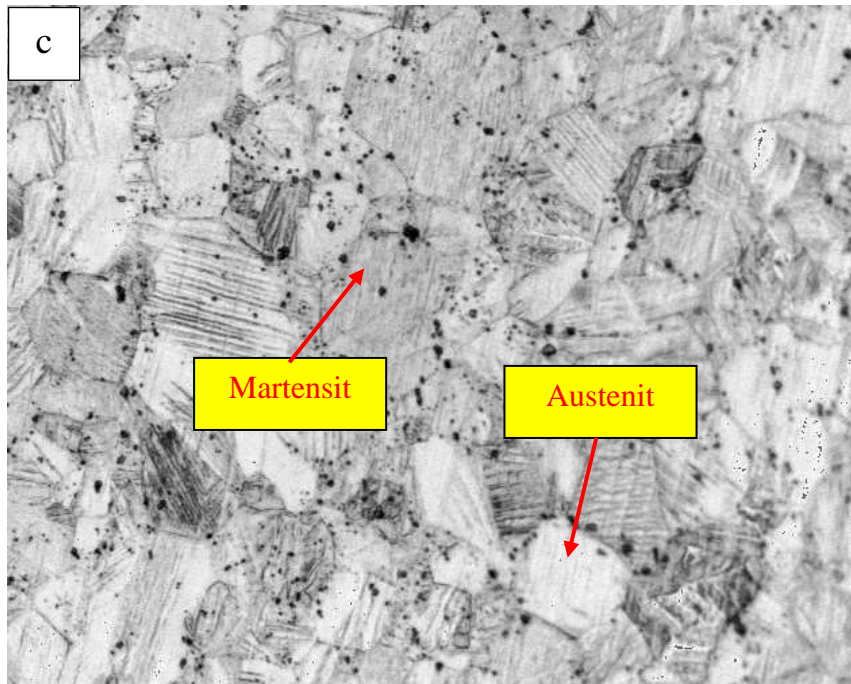




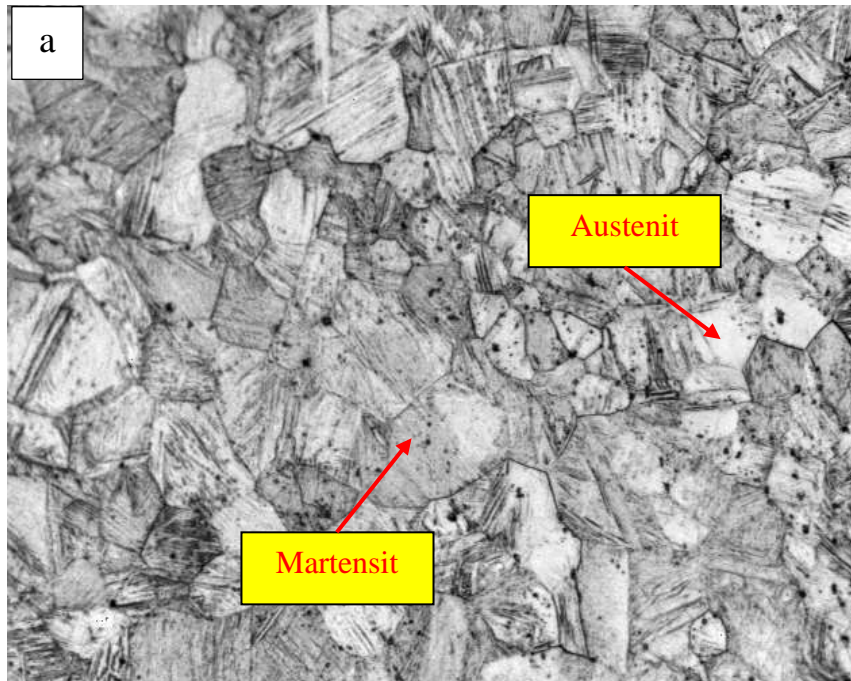
**Gambar 4.1** Struktur Mikro Paduan NiTi Spesimen (a) 301, (b) 303, dan (c) 305 Perbesaran 200x.

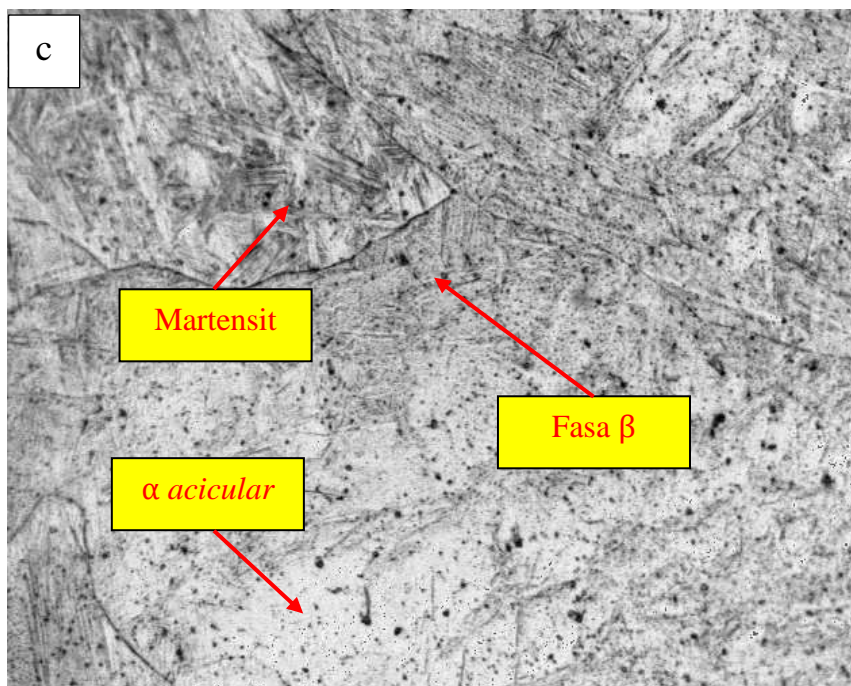
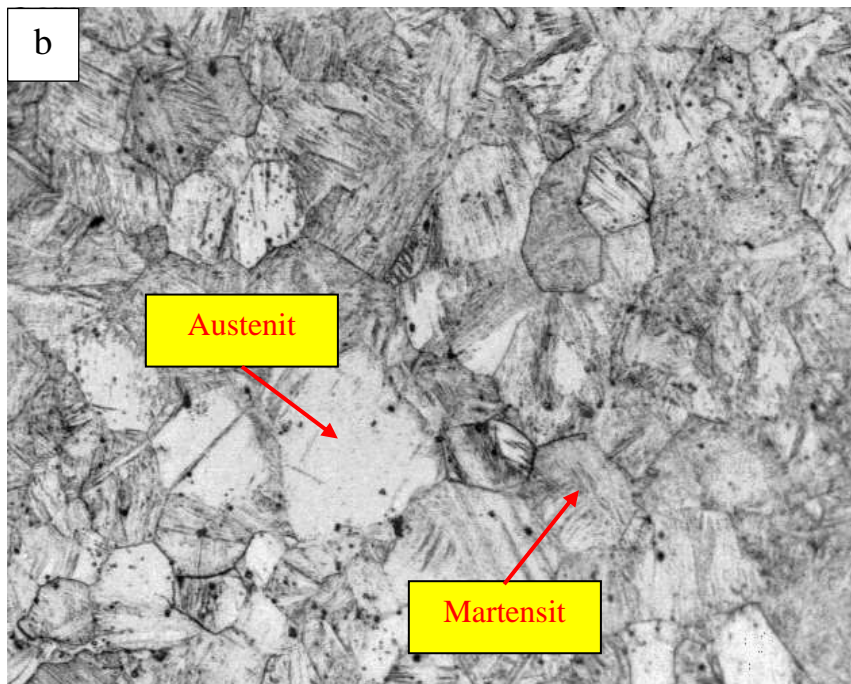




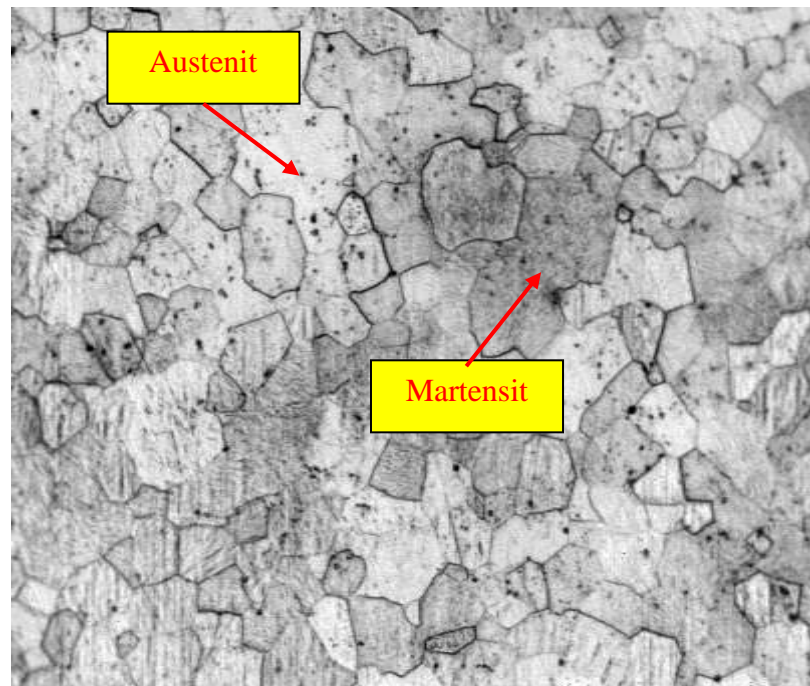


**Gambar 4.2** Struktur Mikro Paduan NiTi Spesimen (a) 351, (b) 353, dan (c) 355 Perbesaran 200x.





**Gambar 4.3** Struktur Mikro Paduan NiTi Spesimen (a) 401, (b) 403, dan (c) 405 Perbesaran 200x.



**Gambar 4.4** Struktur Mikro Paduan NiTi Spesimen *Non Treatment*.

**Tabel 4.3** Ukuran Butir Struktur Mikro.

Spesimen	Ukuran Butir Rata-rata
	( $\mu\text{m}$ )
NT	26,73
301	30,50
303	33,63
305	43
351	283,46
353	40,56
355	43,30
401	44,90
403	45,90
405	154,60



Tabel 4.3 di atas menyajikan hasil perhitungan ukuran butir pada seluruh sampel yang telah diberi perlakuan *aging* dengan perbedaan temperatur dan waktu tahan yang diperoleh dari hasil pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik. Kemudian hasil dari pengamatan metalografi diolah dengan menggunakan metode *Heyn Intercept Method* standar ASTM E 112.

#### 4.1.3 Data Hasil Pengujian Tarik

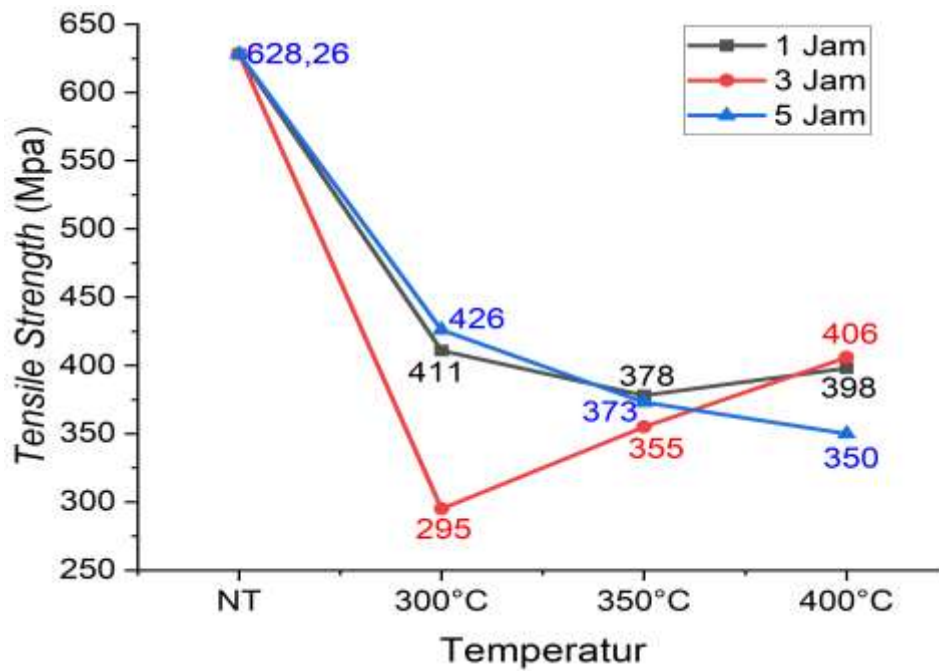
Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan spesimen yang sudah dipreparasi sesuai dengan standar ASTM E8. Spesimen yang telah dipreparasi, lalu akan dilakukan proses *artificial aging* dengan variasi temperatur sebesar 300°C, 350°C, dan 400°C. Variasi lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu tahan selama 1 jam, 3 jam, dan 5 jam.

**Tabel 4.4** Data Hasil Pengujian Tarik.

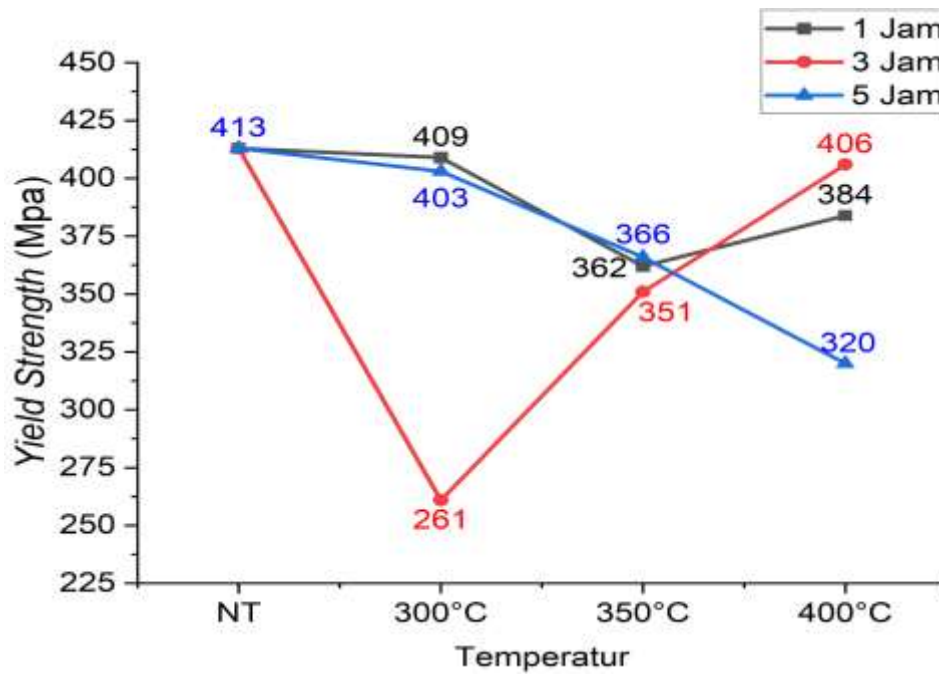
Spesimen	Kekuatan		
	<i>Yield Strength</i> (MPa)	<i>Tensile Strength</i> (MPa)	<i>Elongation</i> (%)
NT	413	628	10.50
301	408	411	1.50
303	261	295	0.92
305	402	426	1.71
351	361	378	1.49
353	351	355	1.85
355	366	373	2.23
401	384	398	2.54
403	406	406	2.41
405	320	350	1.65

Data yang disajikan pada Tabel 4.3 juga disajikan dalam bentuk grafik pengaruh temperatur perlakuan panas dan waktu tahan terhadap sifat mekanik paduan NiTi yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 hingga Gambar 4.7. Berdasarkan data yang disajikan dalam Gambar 4.5 mengenai pengaruh temperatur dan waktu terhadap *tensile strength* diketahui bahwa nilai *tensile strength*, mengalami penurunan pada temperatur 350°C dan mengalami peningkatan kembali pada temperatur 400°C. Nilai masing-masing *tensile strength* pada spesimen 351 sebesar 378 Mpa, kemudian untuk spesimen 353 sebesar 355 Mpa, dan pada spesimen 355 sebesar 373 Mpa. Sedangkan peningkatan yang terjadi pada spesimen 401 memiliki nilai sebesar 398 Mpa, lalu untuk spesimen 403 memiliki nilai *tensile strength* sebesar 406 Mpa, dan spesimen 405 sebesar 350 Mpa.

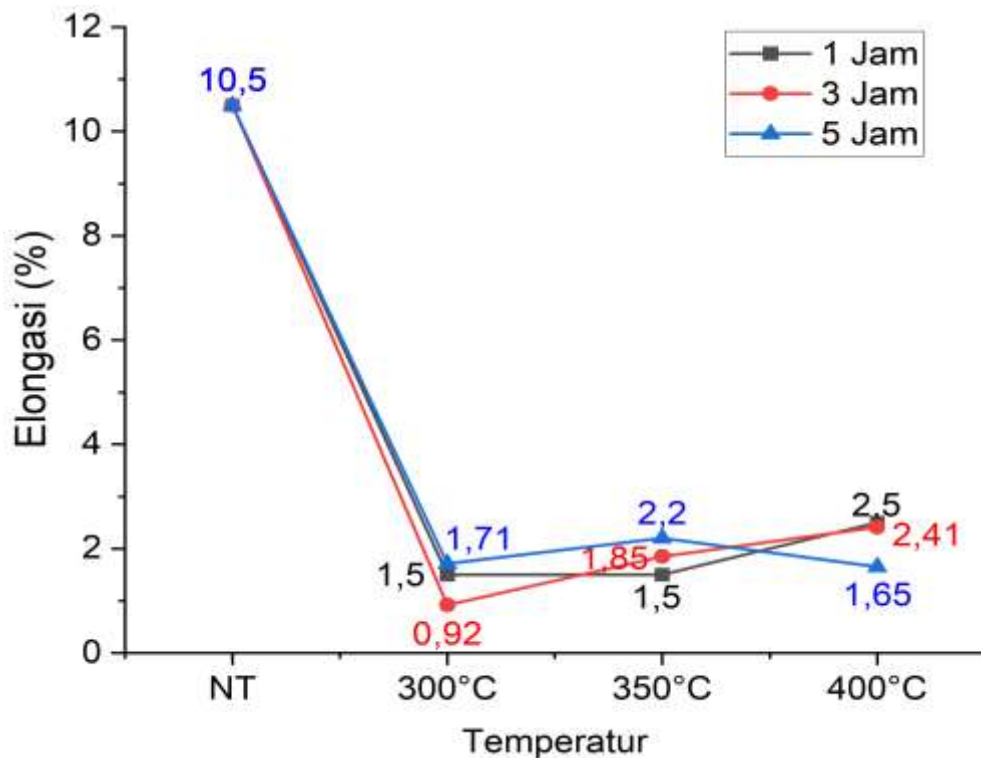
Kemudian, hasil uji tarik yang telah dilakukan juga diperoleh nilai *yield strength* dari seluruh spesimen. Nilai *yield strength* terendah dimiliki oleh spesimen 303 sebesar 261 Mpa. Sedangkan untuk *yield strength* tertinggi dimiliki oleh spesimen NT sebesar 413 Mpa. Selain data *yield strength* dan *tensile strength*, hasil uji tarik yang dilakukan juga memperoleh data mengenai elongasi yang dimiliki oleh spesimen baik sebelum ataupun setelah diberikan perlakuan panas. Elongasi tertinggi yang diperoleh berdasarkan hasil uji tarik dimiliki oleh spesimen NT sebesar 10.50% dan elongasi terendah terdapat pada spesimen 303 dengan elongasi sebesar 0.92%.



**Gambar 4.5** Pengaruh Temperatur dan Waktu Perlakuan Panas Terhadap *Tensile Strength* Spesimen NiTi.



**Gambar 4.6** Pengaruh Temperatur dan Waktu Perlakuan Panas Terhadap *Yield Strength* Spesimen NiTi.



**Gambar 4.7** Pengaruh Temperatur dan Waktu Perlakuan Panas Terhadap Elongasi Spesimen NiTi.

#### 4.1.4 Data Hasil Pengujian Kekerasan

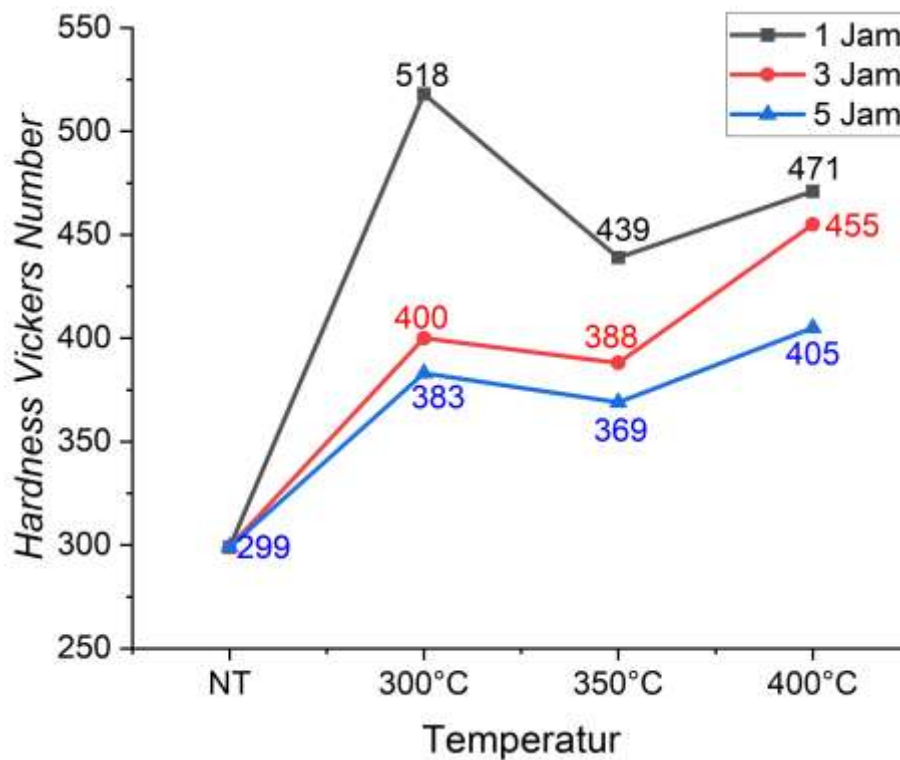
Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode *Micro Vickers Hardness* terhadap seluruh spesimen yang telah melalui proses *artificial aging* dengan variasi temperatur sebesar 300°C, 350°C, dan 400°C. Variasi lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu tahan selama 1 jam, 3 jam, dan 5 jam. Pengujian kekerasan dilakukan terhadap lima titik yang berbeda pada permukaan spesimen. Data hasil rata-rata pengujian kekerasan dapat dilihat pada Tabel 4.5.



**Tabel 4.5** Data Hasil Pengujian Kekerasan.

Spesimen	Nilai Kekerasan Rata-rata (HV)
NT	299
301	518
303	400
305	383
351	439
353	388
355	369
401	471
403	455
405	405

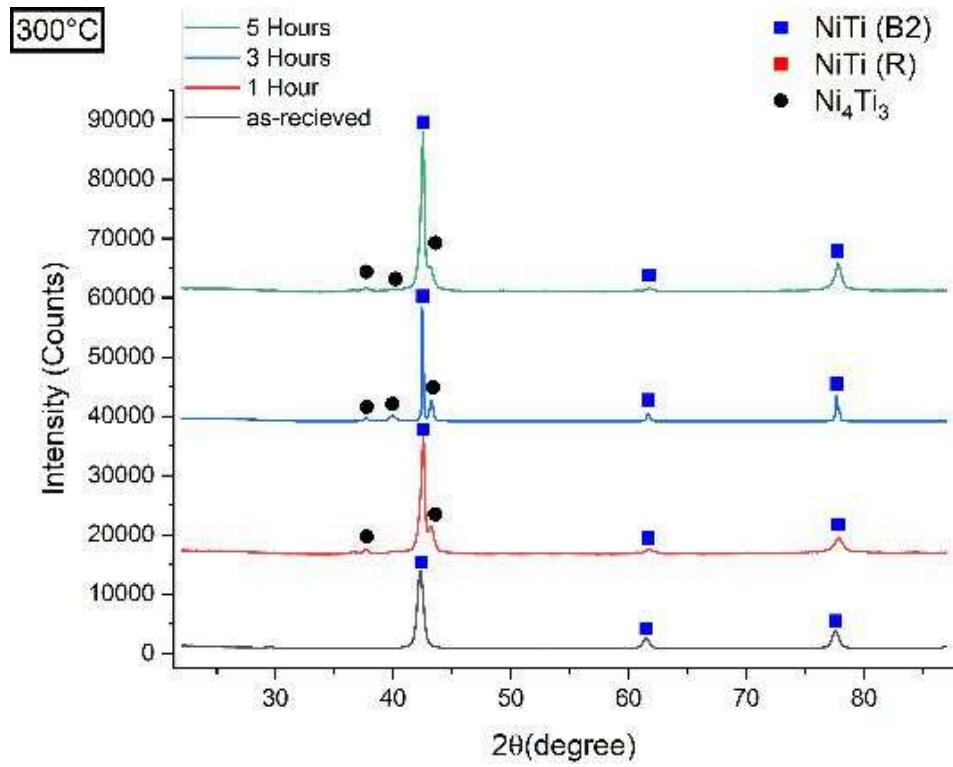
Berdasarkan data tersebut dapat dibuat sebuah grafik yang memperlihatkan hubungan antara temperatur perlakuan panas dengan waktu tahan terhadap sifat mekanik kekerasan spesimen paduan NiTi ditunjukkan pada Gambar 4.8.



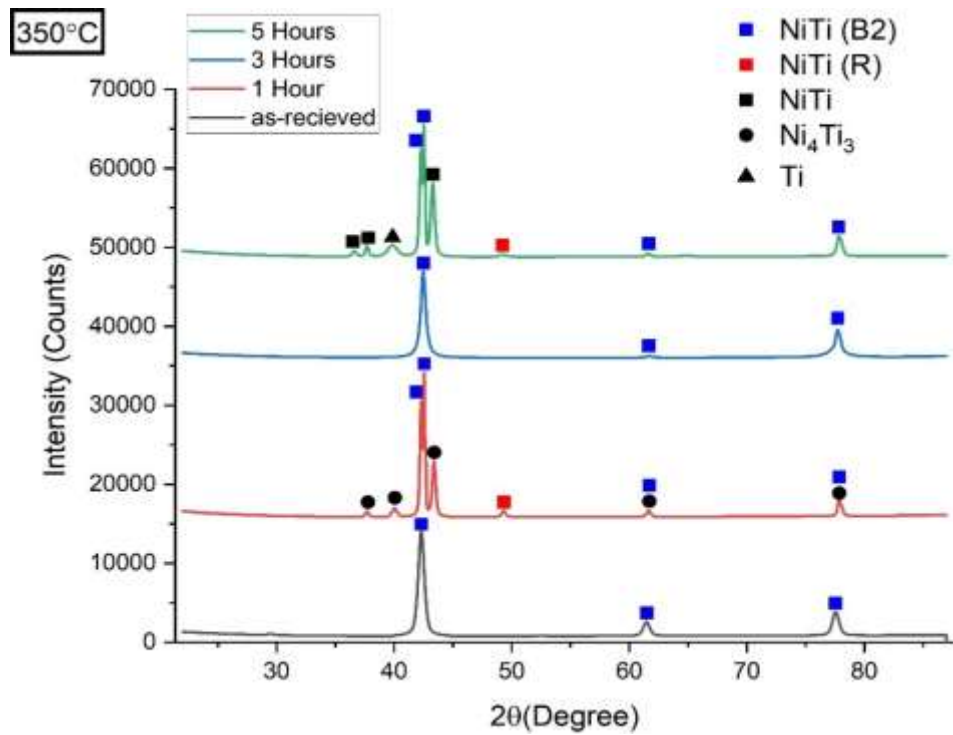
**Gambar 4.8** Grafik Nilai Kekerasan Rata-Rata NiTi.

#### 4.1.5 Data Hasil Pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*)

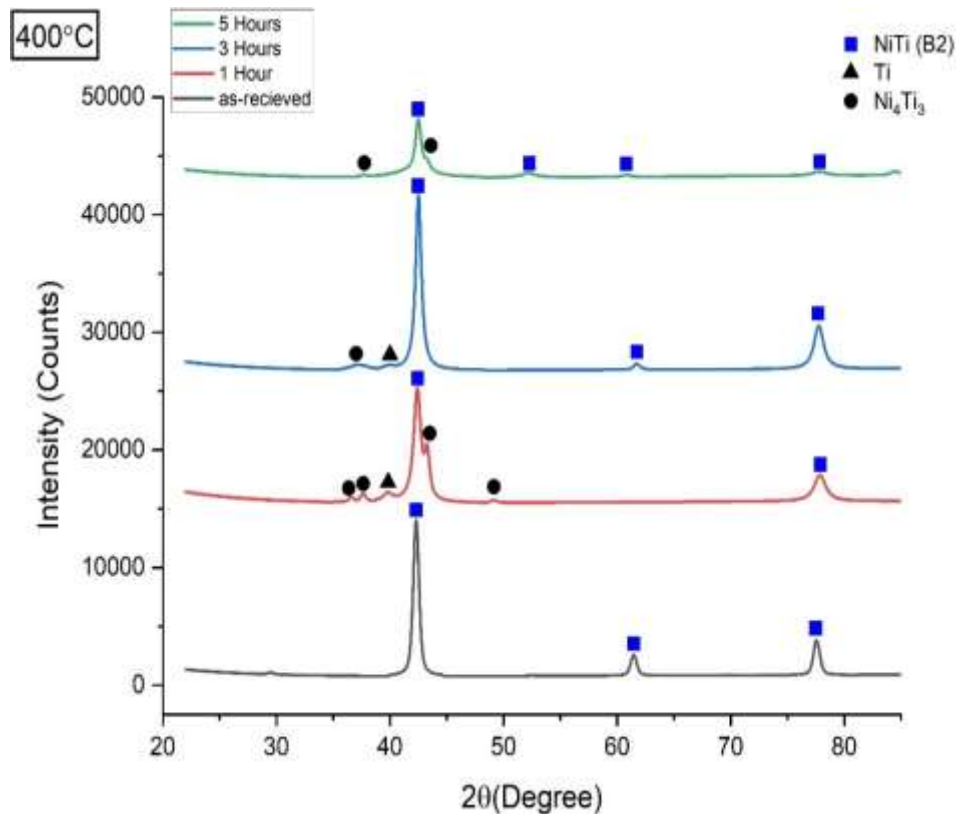
Pengujian XRD dilakukan terhadap permukaan spesimen NiTi dengan kondisi sebelum diberi perlakuan panas dan sesudah diberikan perlakuan panas. Sebelum dilakukan pengujian, permukaan spesimen dipreparasi terlebih dahulu menggunakan ampelas dengan *grid* 300-800. Tujuannya adalah untuk menghaluskan permukaan serta membersihkan permukaan spesimen dari korosi yang timbul dari proses perlakuan panas, sehingga presipitat yang terdapat pada spesimen dapat diketahui. Hasil pengujian XRD tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.9 hingga 4.11. Pada Gambar 4.9 hingga 4.11 diketahui bahwa fasa yang terindikasi berdasarkan uji XRD yang telah dilakukan diantaranya adalah NiTi (B2) yang dikenal sebagai struktur austenit, NiTi (R) atau disebut juga sebagai struktur premartensit, NiTi yang merupakan struktur martensit, presipitat Ni<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub> dan presipitat Ti. Hal ini telah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hornbuckle et al, dimana pada penelitian tersebut juga menghasilkan fasa NiTi (B2), NiTi (R), NiTi, presipitat Ni<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>, dan presipitat Ti. Perbedaan fasa yang timbul pada masing-masing temperatur diakibatkan oleh temperatur yang digunakan tidak berada dalam fasa tunggal, sehingga tidak cukup untuk melarutkan seluruh fasa yang terkandung dalam spesimen.



**Gambar 4.9** Pola XRD Pada Temperatur 300°C.



**Gambar 4.10** Pola XRD Pada Temperatur 350°C.



**Gambar 4.11** Pola XRD Pada Temperatur 400°C.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Struktur Mikro

Perlakuan panas *artificial aging* tentunya memiliki dampak terhadap struktur mikro yang terbentuk pada paduan NiTi. Dalam penelitian ini, perlakuan *artificial aging* bertujuan untuk memperoleh struktur martensit karena pada *shape memory alloy* struktur martensit bersifat lunak dan sebaliknya struktur austenit akan menghasilkan sifat kekerasan pada nominal tertentu. Untuk mengetahui struktur mikro yang terbentuk pada spesimen yang telah diberikan berbagai macam perlakuan, maka spesimen tersebut perlu dipreparasi yang termasuk dalam proses metalografi. Preparasi yang



dilakukan diantaranya adalah *cutting*, *mounting*, lalu *grinding* dan *polishing*. Setelah melalui beberapa proses tersebut, tahap selanjutnya adalah melakukan *etching* dengan menggunakan larutan tertentu tetapi pada penelitian ini larutan yang digunakan dikenal dengan “*kroll’s reagent*” yang terdiri dari  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{HF}$ . Pengamatan struktur mikro dalam penelitian ini dilakukan dengan perbesaran 200x yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.3.

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat hasil pengamatan mikrostruktur terhadap spesimen temperatur  $300^\circ\text{C}$  dengan masing-masing waktu tahan yang digunakan menghasilkan mikro struktur martensit dan austenit setelah dilakukan pengamatan secara visual. Namun apabila dibandingkan dengan hasil uji XRD yang telah dilakukan, maka terdapat perbedaan seperti pada spesimen 301 terdapat struktur martensit yang terindikasi. Selain itu juga terdapat fasa NiTi (R) yang diindikasikan sebagai transformasi dari austenit sebagai tahap awal pembentukan struktur martensit. Kemudian, pada spesimen 303 menghasilkan struktur martensit dan austenit dalam Gambar 4.1 bagian (b).

Namun, pada hasil uji XRD yang telah dilakukan pada spesimen 303 terindikasi presipitat  $\text{Ni}_4\text{Ti}_3$  dan fasa NiTi yang dikenal juga dengan martensit pada spesimen tersebut. Lalu pada spesimen 305 juga memiliki kondisi yang serupa dengan spesimen 303, yaitu struktur yang terdeteksi berdasarkan pengamatan mikroskop optik dan uji XRD berupa struktur martensit dan presipitat  $\text{Ni}_4\text{Ti}_3$ . Hasil pengamatan selanjutnya yang dilakukan terhadap

spesimen 351 secara visual dapat diindikasikan sebagai struktur martensit dan struktur austenit. Namun, apabila dibandingkan dengan hasil uji XRD yang telah dilakukan maka terdapat perbedaan yang cukup signifikan yaitu pada spesimen tersebut terdapat presipitat  $\text{Ni}_4\text{Ti}_3$  dan fasa NiTi (R) yang dikenal sebagai struktur premartensit. Kemudian, untuk spesimen 353 pada hasil pengamatan mikroskop optik juga tampak struktur martensit dan austenit yang terindikasikan pada Gambar 4.2 bagian (b). Sedangkan, jika ditinjau dari hasil uji XRD terhadap spesimen 353 maka pada spesimen tersebut juga terdapat fasa NiTi (R) dan fasa NiTi. Selanjutnya, pada hasil pengamatan terhadap spesimen 355 diketahui bahwa terdapat struktur martensit dan austenit apabila diamati visualnya tetapi jika dilihat berdasarkan hasil uji XRD terdapat beberapa temuan lainnya seperti presipitat  $\text{Ni}_4\text{Ti}_3$ , fasa NiTi (R), dan presipitat dari Ti.

Pengamatan selanjutnya yang telah dilakukan terhadap spesimen 401 dan 403 menghasilkan struktur martensit dan austenit yang dapat diamati secara visual. Namun, apabila dilihat berdasarkan hasil uji XRD yang telah dilakukan maka struktur yang berhasil diamati adalah fasa NiTi (R), presipitat  $\text{Ni}_4\text{Ti}_3$ , dan presipitat Ti. Kemudian, pengamatan yang dilakukan terhadap spesimen 405 terdiri oleh struktur martensit dan austenit yang berhasil diamati pada mikroskop optik. Sedangkan pada hasil uji XRD menunjukkan adanya struktur premartensit pada spesimen tersebut. Pengamatan terakhir dilakukan terhadap spesimen NT (*Non Treatment*) yang mana pada spesimen tersebut secara visual terdiri dari struktur austenit dan premartensit. Namun,

berdasarkan hasil uji XRD yang dilakukan terhadap spesimen NT hanya menunjukkan keberadaan struktur austenit (B2) saja. Perbedaan hasil pengamatan mikro struktur disebabkan oleh penggunaan temperatur dan waktu yang berbeda. Seiring dengan meningkatnya temperatur dan waktu *aging*, maka mengakibatkan persebaran struktur martensit menjadi lebih banyak dibandingkan struktur austenit yang terbentuk. Perbedaan fasa yang timbul pada masing-masing temperatur dapat disebabkan karena temperatur yang digunakan tidak berada dalam fasa tunggal, sehingga tidak cukup untuk melarutkan semua fasa (Hornbuckle et al, 2015).

#### **4.2.2 Pengaruh Temperatur dan Waktu Terhadap Sifat Mekanik Paduan NiTi**

Pada Gambar 4.5 hingga 4.7 menunjukkan hubungan antara temperatur terhadap *tensile strength*, *yield strength*, dan elongasi yang diperoleh pada waktu tahan 1, 3, dan 5 jam. Berdasarkan data yang diperoleh setelah dilakukannya pengujian tarik terhadap spesimen, semakin meningkat temperatur dan waktu tahan yang digunakan maka mempengaruhi nilai *ultimate tensile strength*, *yield strength*, dan elongasi yang diperoleh terhadap penelitian ini. Seluruh spesimen mengalami penurunan nilai *tensile strength* (<450 Mpa) dan *yield strength* pun juga mengalami penurunan yang berada pada rentang nilai (261-400 Mpa) dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan panas yang memiliki nilai *tensile strength* sebesar 628 Mpa dan nilai *yield strength* sebesar 413 Mpa. Peningkatan temperatur dan waktu tahan memiliki pengaruh terhadap nilai uji tarik yang dihasilkan. Hal tersebut

juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Khalil, Heidi F, 2009), dimana pada penelitian tersebut semakin besar temperatur yang digunakan dan semakin lama waktu tahan yang digunakan mengakibatkan penurunan terhadap hasil uji tarik yang diperoleh. Peningkatan atau penurunan dari hasil uji tarik bergantung pada ukuran presipitat  $Ni_4Ti_3$  yang terbentuk pada masing-masing percobaan dengan tiga temperatur berbeda dan waktu tahan yang berbeda pula (Jiang, 2013). Ukuran presipitat yang terbentuk dipengaruhi oleh penggunaan waktu dan temperatur dari perlakuan panas. Faktor lainnya yang dapat menyebabkan penurunan terhadap hasil uji tarik yaitu komposisi Ni yang terkandung dalam spesimen juga turut berperan dalam penentuan hasil uji tarik yang optimal (Jiang, 2013).

#### **4.2.3 Pengaruh Temperatur dan Waktu Terhadap Kekerasan**

Pengujian kekerasan pada kali ini dilakukan setelah spesimen diberikan perlakuan panas dengan variasi temperatur dan waktu. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Vickers Hardness Test* yang mengacu pada standar ASTM E92, dengan indenter berupa intan yang berbentuk menyerupai piramida dengan kapasitas pembebanan maksimal hingga 120 Kgf. Sebelum pengujian kekerasan dilakukan, maka diperlukan sebuah preparasi yaitu membersihkan permukaan logam dari *scale*. Lalu, proses indentasi dilakukan terhadap lima titik yang berbeda pada permukaan spesimen dan diperoleh nilai kekerasan dari masing-masing titik tersebut kemudian dibuat rata-rata sebagaimana yang tercantum pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.8. Berdasarkan Gambar 4.8 diketahui bahwa nilai kekerasan juga



dipengaruhi oleh temperatur dan waktu yang digunakan dalam perlakuan panas. Grafik tersebut menunjukkan nilai kekerasan yang fluktuatif pada masing-masing spesimen. Nilai kekerasan tertinggi dari masing-masing temperatur yang digunakan berada pada variasi waktu tahan selama 1 jam, yaitu sebesar 518 VHN pada temperatur 300°C, 439 VHN pada temperatur 350°C, dan 471 VHN pada temperatur 400°C. Selain itu, seiring dengan meningkatnya waktu tahan 3 dan 5 jam maka nilai kekerasan spesimen mengalami penurunan. Pada waktu tahan 3 jam dengan temperatur 300°C menghasilkan nilai kekerasan sebesar 400 VHN, sedangkan temperatur 350°C dan 400°C menghasilkan 388 VHN dan 455 VHN. Kemudian, untuk waktu tahan 5 jam pada temperatur 300°C menghasilkan nilai kekerasan 383 VHN, lalu untuk temperatur 350°C dan 400°C memiliki nilai sebesar 369 VHN dan 405 VHN.

Hal ini disebabkan oleh fenomena yang dikenal dengan istilah “*over aging*” yang merupakan kondisi dimana penggunaan waktu terlalu lama, sehingga mengakibatkan pertumbuhan ukuran butir menjadi tidak koheren atau seragam (Hornbuckle et al, 2015). Penggunaan waktu tahan yang terlalu lama akan mengurangi banyaknya presipitat  $\text{Ni}_4\text{Ti}_3$  yang terbentuk secara berkelanjutan (Hornbuckle et al, 2015). Apabila dikorelasikan dengan hasil pengamatan metalografi, maka pada hasil pengamatan tersebut secara visual tidak tampak presipitat  $\text{Ni}_4\text{Ti}_3$  yang tertangkap pada gambar. Namun, jika diamati berdasarkan hasil uji XRD yang telah dilakukan maka dapat dilihat bahwa pada beberapa spesimen terdapat presipitat  $\text{Ni}_4\text{Ti}_3$  dan ada juga

spesimen pada temperatur 400°C yang tidak mendeteksi adanya presipitat Ni<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub> pada hasil uji XRD.

#### **4.2.4 Pengaruh Temperatur dan Waktu Terhadap Presipitat Paduan NiTi**

Berdasarkan pengujian XRD yang telah dilakukan, pada seluruh spesimen dengan penggunaan temperatur dan waktu yang berbeda menunjukkan beberapa persamaan yang dapat dilihat pada Gambar 4.9 hingga 4.11. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa masing-masing spesimen terdiri dari fasa NiTi (B2), Ti, fasa NiTi (R), dan fasa Ni<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>. Pada spesimen *non treatment* fasa yang terindikasi dari analisa XRD hanyalah NiTi (B2) saja. Hal tersebut dikarenakan kondisi spesimen yang tidak diberi perlakuan, sehingga tidak terjadi transformasi apapun pada spesimen tersebut. Kemudian pada spesimen temperatur 300°C, 350°C, dan 400°C dengan waktu tahan selama 1 jam menghasilkan fasa NiTi (B2). Selain itu, juga terdapat fasa Ni<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub> yang muncul pada hasil pengujian yang tertera pada Gambar 4.9 hingga 4.11. Pada spesimen temperatur 350°C dengan waktu 1 jam terdapat fasa NiTi (R) yang terindikasi dalam hasil uji XRD. Namun, pada spesimen temperatur 400°C dengan waktu tahan 1 jam sedikit berbeda dengan spesimen lainnya, yaitu ditandai dengan munculnya fasa Ti yang terdapat Gambar 4.11. Lalu, pada spesimen dengan penggunaan waktu tahan selama 3 jam menghasilkan fasa Ni<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub> dan NiTi (B2) pada temperatur 300°C. Sedangkan pada temperatur 350°C menghasilkan fasa NiTi (B2). Kemudian pada temperatur 400°C menghasilkan fasa NiTi (B2), Ni<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>, dan Ti. Pada

spesimen dengan waktu tahan selama 5 jam dari masing-masing temperatur menghasilkan fasa  $\text{Ni}_4\text{Ti}_3$  dan NiTi (B2) pada temperatur  $300^\circ\text{C}$ . Pada temperatur  $350^\circ\text{C}$  menghasilkan fasa NiTi, fasa NiTi (R), fasa NiTi (B2) dan Ti. Lalu pada temperatur  $400^\circ\text{C}$  menghasilkan fasa NiTi (B2) dan  $\text{Ni}_4\text{Ti}_3$ .

Perbedaan fasa yang timbul pada masing-masing temperatur dapat disebabkan karena temperatur yang digunakan tidak berada dalam fasa tunggal, sehingga tidak cukup untuk melarutkan semua fasa (Hornbuckle et al, 2015). Hornbuckle et al, juga menyatakan bahwa seiring dengan meningkatnya temperatur dan waktu tahan yang digunakan maka presipitat  $\text{Ni}_4\text{Ti}_3$  akan terdekomposisi dan bertransformasi menjadi presipitat  $\text{Ni}_3\text{Ti}_2/\text{Ni}_3\text{Ti}$ , yang mana presipitat tersebut akan berukuran kasar sehingga mengakibatkan penurunan terhadap tingkat kekerasan atau sifat mekanik lainnya (Hornbuckle et al, 2015).