

Pengaruh Perlakuan Penuaan Terhadap Temperatur Transformasi Paduan Ingat Bentuk TiNi

S.Pinem¹⁾ dan D.N.Adnyana²⁾

- 1) Pusat Reaktor Serba Guna G. A. Siwabessy
- 2) UPT-Laboratorium Uji Konstruksi, BPPT

S.Pinem dan D.N. Adnyana, Pengaruh Perlakuan Penuaan Terhadap Temperatur Transformasi Paduan Ingat Bentuk Tini, Jurnal Ilmu dan Rekayasa Material. Agustus 1999; 1(2): 7-13

Abstrak

Pengaruh perlakuan penuaan terhadap temperatur transformasi paduan ingat bentuk TiNi. Telah dilakukan penelitian temperatur transformasi paduan ingat bentuk TiNi akibat perlakuan penuaan. Paduan dengan komposisi Ti-50,04% at.Ni sebagai paduan ingat bentuk diberikan perlakuan perautan pada 1000°C selama 1 jam dan dicelupkan kedalam air kemudian dituakan pada temperatur 500 °C, 550 °C, 600 °C, 650 °C dan 700 °C selama 10 jam. Temperatur transformasi ditentukan dari peng - ukuran resistansi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa temperatur transformasi martensit mengalami kenaikan sekitar 4°C akibat proses penuaan pada 500°C selama 10 jam, tetapi penuaan dengan temperatur 500 °C - 700 °C selama 10 jam tidak menunjukkan perubahan yang berarti terhadap temperatur transformasi.

Abstract

Effect of aging treatment on the transformation temperature of a TiNi shape memory alloy. Investigation of transformation temperature of a TiNi alloy due to aging treatment has been done. The shape memory alloy with Ti-50.04 % at.Ni composition was solution treated at 1000 °C for 1 hour and quenched in water, then aged in temperature 500 °C, 550 °C, 600 °C, 650 °C and 700 °C for 10 hours. Transformation temperature was measured using resistance measurement technique. The results of observation show that the martensitic transformation temperature increases about 4 °C after aging process at 500 °C for 10 hours, but in aging temperature 500 °C – 700 °C, there no significant change of the transformation temperature.

Pendahuluan

Paduan ingat bentuk di kenal sebagai kelompok material metalik yang menunjukkan kemampuan kembali ke bentuk awal bila diberikan proses termal. Umumnya, material ini dapat dibentuk secara plastik pada temperatur rendah dan bila diberikan temperatur diatas tempera-

tur deformasi akan kembali ke bentuk awal.

Sifat ingat bentuk ditemukan pada sejumlah paduan logam seperti AuCd, NiAl, CuZnAl dan TiNi. Akan tetapi paduan TiNi yang paling banyak digunakan untuk pemakaian ingat bentuk dan superelastis. Paduan TiNi mempunyai sifat-sifat tertentu yang sangat baik untuk digunakan dalam bidang industri dan

kedokteran. Pada bidang industri, pema - kaiannya jauh lebih pesat karena TiNi memiliki sifat mekanis dan ketahanan terhadap korosi yang sangat baik¹.

Sifat ingat bentuk tersebut dihasil - kan sebagai akibat terjadinya perubahan struktur kristal didalam logam yang dapat berlangsung secara bolak balik (*rever - sible*), apabila pada paduan logam tersebut diberikan siklus pemanasan dan pendinginan. Perubahan struktur tersebut terjadi pada temperatur tertentu yang sering disebut temperatur transformasi. Temperatur transformasi yang dimaksud adalah temperatur transformasi marten - sitik, dimana kondisi temperatur tersebut terjadi transformasi fasa martensit ke fasa austenit atau sebaliknya dari fasa austenit ke fasa martensit. Dalam kondisi tertentu paduan TiNi juga menunjukkan fasa transisi yang lain sebelum transformasi martensit. Fasa transisi ini terdiri dari dua proses yaitu transisi B2 ke fasa incommen - surate dan ke commensurate (fasa R)². Hal tersebut akan terjadi apabila pada paduan terbentuk presipitat Ti_3Ni_4 akibat proses penuaan. Sifat ingat bentuk ditentukan oleh komposisi kimia paduan dan proses perlakuan panas yang diberikan serta penambahan elemen ketiga.

Dalam penelitian ini akan digunakan kawat Nitinol dengan komposisi Ti-50,04% at.Ni. Perlakuan pelarutan dilakukan pada temperatur 1000°C selama 1 jam kemudian dicelup - kan ke dalam air dan setelah itu dilakukan penuaan pada temperatur 500°C, 550°C, 600°C, 650°C dan 700°C selama 10 jam.

Untuk mengamati struktur mikro akibat perlakuan pelarutan dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik (MO) dan *scanning electron microscopy* (SEM). Perubahan temperatur trans - formasi dilakukan dengan pengukuran perubahan resistans elektrik dengan metode empat titik.

Mekanisme Ingat Bentuk

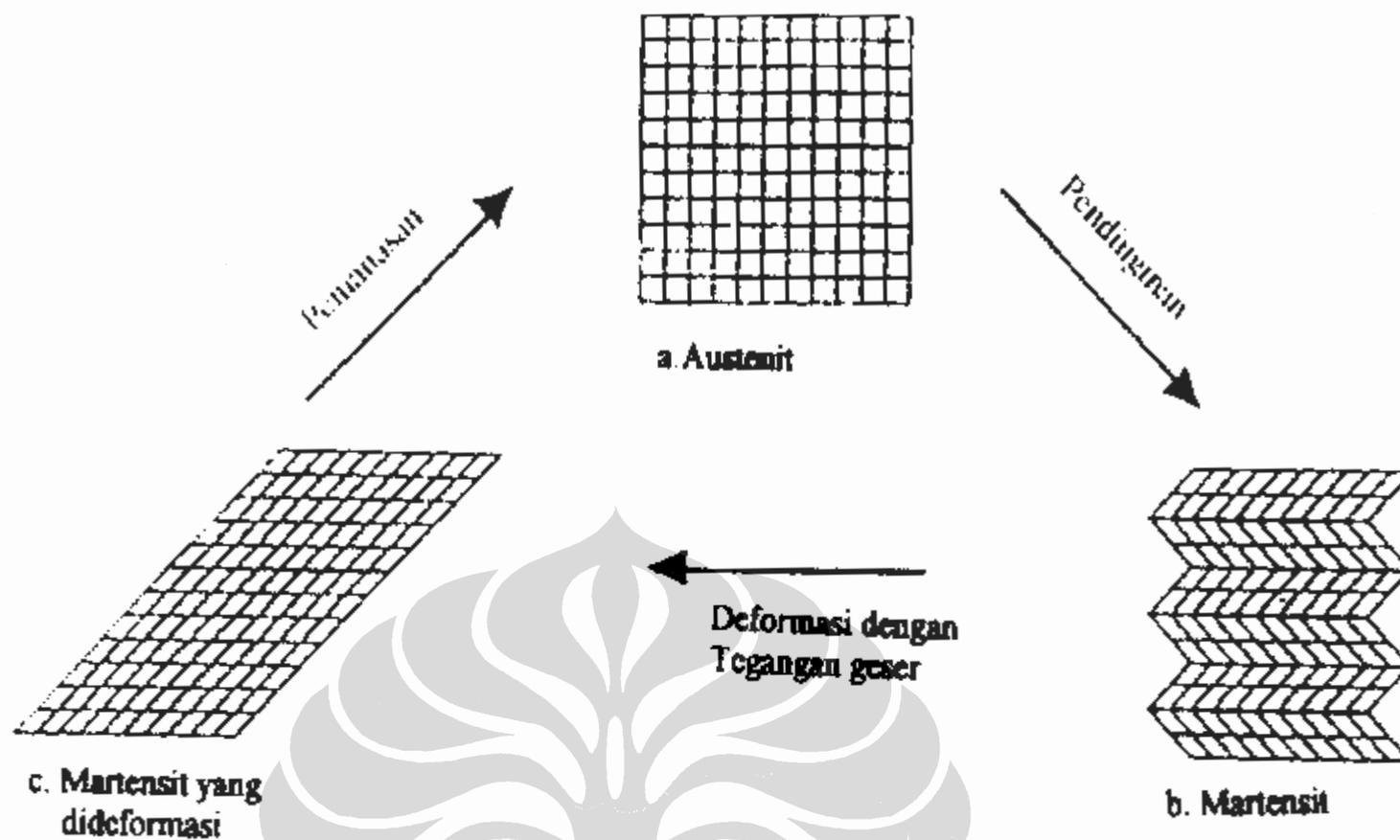
Transformasi martensit dapat terjadi dalam paduan ingat bentuk yang menghasilkan thermoelastik martensit dan berkembang dari fasa austenit dengan jangkauan yang sangat luas. Jenis martensit yang terjadi seperti pelat tajam bergantian.

Temperatur dimana fasa induk mulai berubah menjadi martensit pada siklus pendinginan disebut Ms, sedangkan temperatur dimana seluruh struktur kristal ditransformasikan ke martensit disebut Mf. Bila paduan dipanaskan maka fasa induk mulai terbentuk kembali disebut As dan akan berakhir secara lengkap disebut Af^{2,3,4}. Mekanisme yang menunjukkan ingat bentuk hanya diatas pemanasan dikenal sebagai *one way shape memory*. Selain sifat tersebut, beberapa paduan ingat bentuk masih mempunyai sifat lainnya, dimana paduan dapat teringat kepada kedua bentuknya yaitu baik bentuk austenit maupun bentuk martensit dan perubahan dari satu bentuk ke bentuk lainnya ketika terjadi siklus pemanasan dan pendinginan, sifat dikenal sebagai *two way shape memory*⁵.

Paduan ingat bentuk mungkin menghasilkan thermoelastik martensit. Dalam hal ini paduan mengalami transformasi martensitik yang mana paduan di bentuk dengan mekanisme twinning dibawah temperatur transfor - masi. Deformasi kemudian bolak balik bila struktur twin kembali dipanaskan pada fasa induk.

Sifat ingat bentuk paduan dapat dilihat ketika material dibengkokkan atau diberi deformasi. Jika paduan ingat bentuk dipanaskan dan didinginkan akan terjadi transformasi austenit ke martensit dan fase baru akan tumbuh tanpa terjadi perubahan bentuk makroskopik paduan^{6,7}.

Mekanisme timbulnya ingat ben - tuk akibat deformasi ditunjukkan dalam Gambar1.



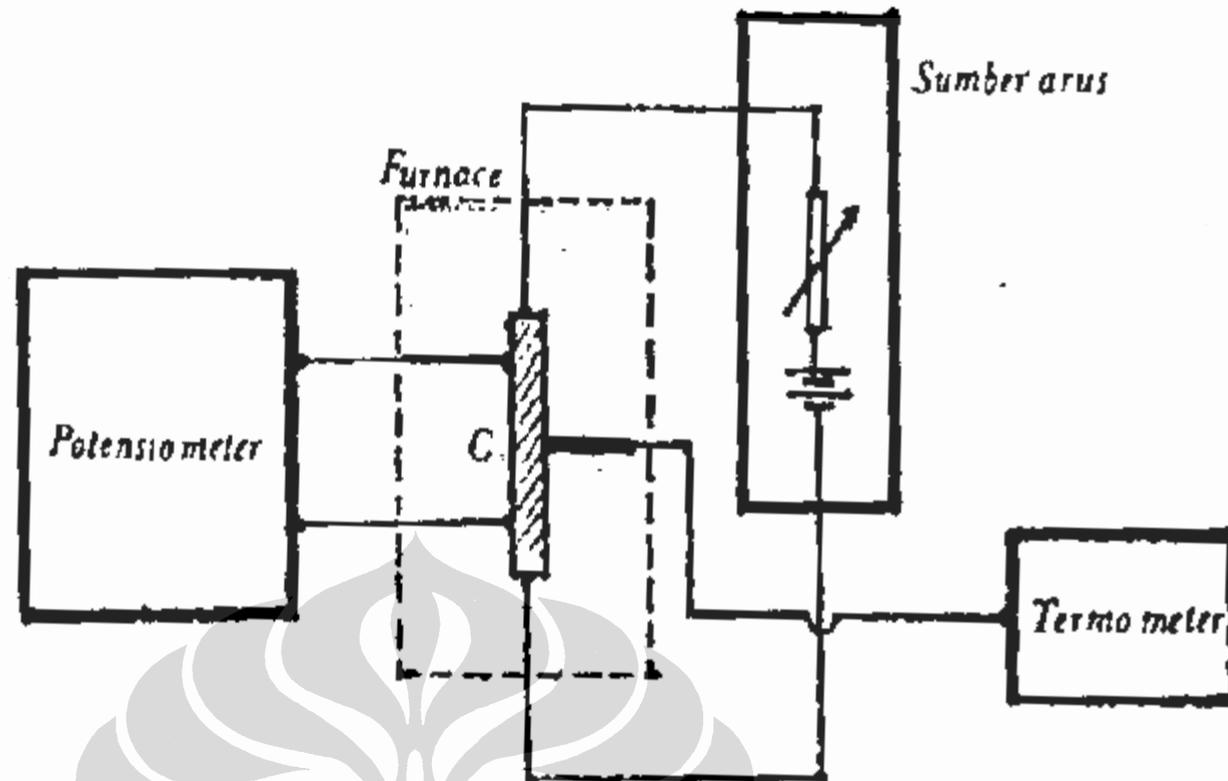
Gambar 1. Proses transformasi martensit⁶⁾.

Prosedur Percobaan

Pada penelitian ini digunakan kawat TiNi dengan komposisi Ti 50,04 % at Ni dan diameter kawat 2 mm. Paduan diberikan perlakuan pelarutan pada temperatur 1000°C selama 1 jam diikuti dengan pencelupan ke dalam air. Kemudian dilakukan penuaan pada temperatur 500, 550, 600, 650 dan 700°C selama 10 jam

Pengukuran resistansi sebagai fungsi temperatur dilakukan dengan metoda 4-titik. Gambar 2 adalah skema rangkaian pengukuran resistansi sebagai

fungsi temperatur paduan TiNi. Pemanasan menggunakan tungku pemanas, Furnace Kankolb D-6072. Tegangan diukur dengan menggunakan Multimeter Digital, Keihley T97 Autotranging micro volt Dmm dan temperatur diukur dengan Termometer Digital, CIE,303 K. Sumber arus yang digunakan berasal dari sumber arus DC tetap dan keluaran arus dibuat konstans sebesar 200 mA. Pengukuran dilakukan mulai pada temperatur sekitar 26°C s/d 90°C dan setiap 1°C akan dilihat perubahan resistansi.

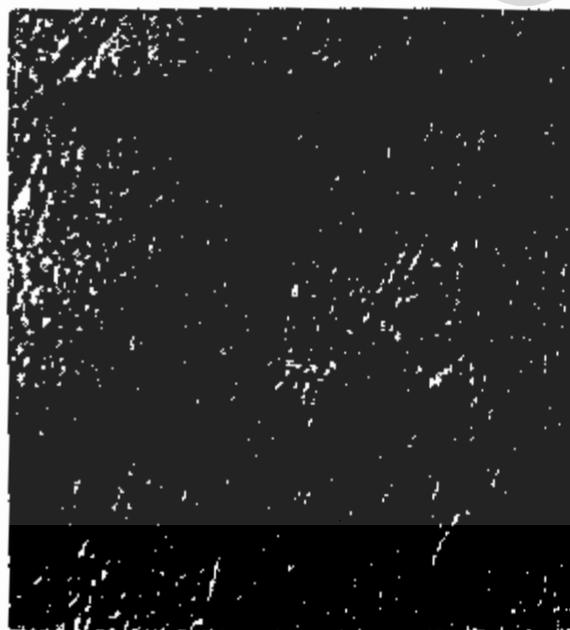


Gambar 2. Rangkaian pengukuran resistansi TiNi sebagai fungsi temperatur.

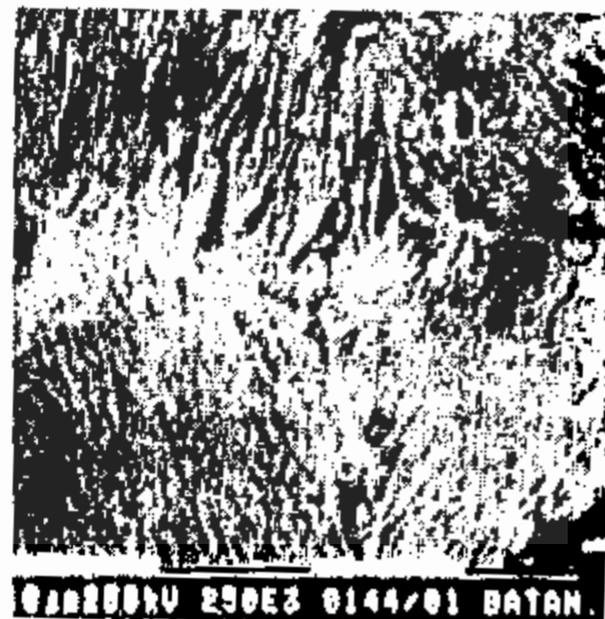
Hasil dan Pembahasan

Struktur mikro hasil perlakuan pelarutan pada temperatur 1000°C selama 1 jam diikuti dengan pencelupan kedalam air diamati dengan menggunakan MO dengan perbesaran 800X dan SEM dengan perbesaran 2500X

ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar 3 tersebut terlihat bahwa paduan memiliki struktur martensit berupa pelat lamelar yang sangat halus. Dengan terjadinya pelat-pelat martensit menunjukkan bahwa temperatur transformasi paduan berada diatas temperatur kamar.



a



b

Gambar 3. Struktur martensit Ti-50,04 % at.Ni dengan perlakuan pelarutan 1000°C selama 1 jam diikuti dengan pencelupan ke dalam air.

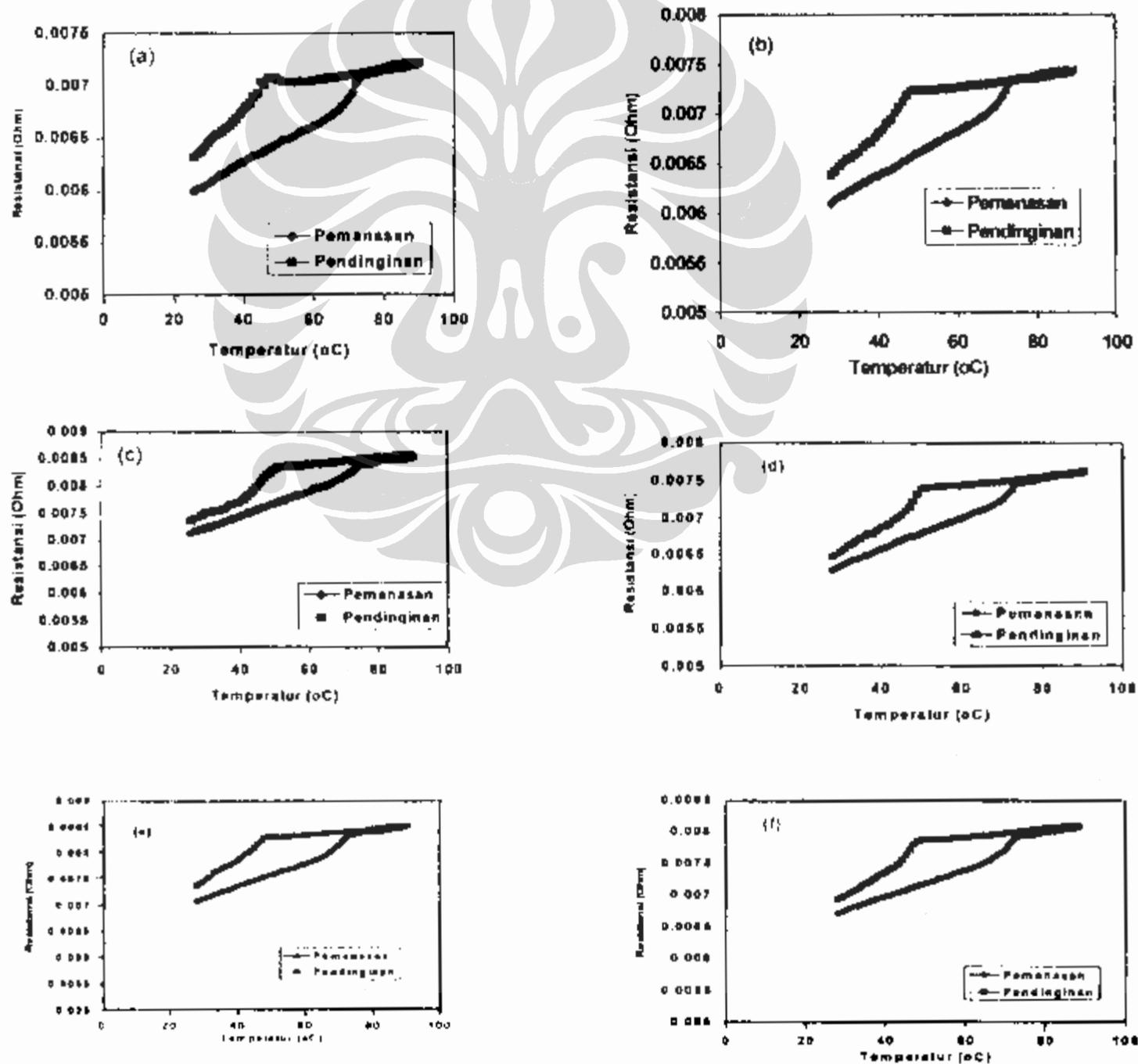
a. MO pembesaran 800 x

b. SEM pembesaran 2500 x

Hasil pengukuran resistansi – temperatur dengan perlakuan pelarutan pada temperatur 1000 °C selama 1 jam kemudian dicelupkan kedalam air ditunjukkan dalam Gambar 4.a. Dari gambar 4.a tersebut diperoleh temperatur austenit As sekitar 67 °C dan temperatur austenit Af sekitar 75 °C serta temperatur transformasi martensit Ms sekitar 44 °C.

Gambar 4.b–4.f menunjukkan kurva resistansi–temperatur dengan berbagai temperatur penuaan dengan waktu konstan 10 jam, tetapi sebelum penuaan tetap dilakukan proses

pelarutan pada temperatur 1000 °C . Dalam penelitian ini temperatur transformasi martensit, M_f tidak dapat ditentukan karena alat yang digunakan mulai dari temperatur 26°C. Hasil selengkapnya temperatur transformasi paduan Ti-50,05 %at.Ni disajikan dalam Tabel 1.

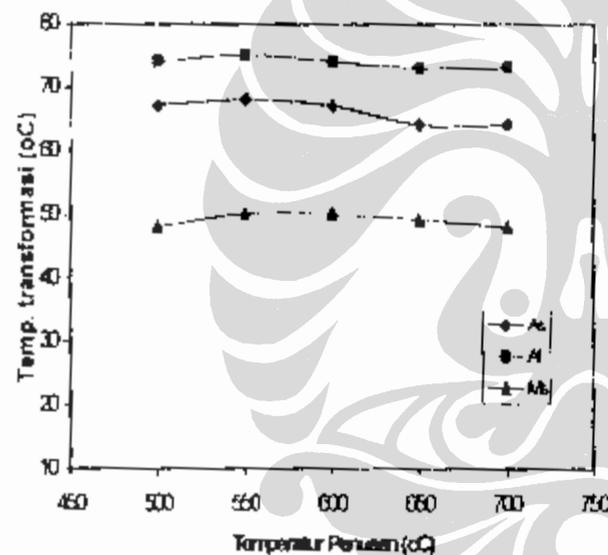


Gambar 4. Kurva resistansi–temperatur paduan Ti-50,04 at.Ni dengan berbagai temperatur penuaan selama 10 jam. Temperatur penuaan a. tanpa penuaan, b. 500 °C, c. 550 °C, d. 600 °C, e. 650 °C dan f. 700 °C

Untuk lebih mengerti pengaruh proses maka hasil pada Tabel 1 digambarkan kembali pada Gambar 5.

Tabel 1. Temperatur Transformasi TiNi

No	Temperatur Penuaan ($^{\circ}\text{C}$)	As ($^{\circ}\text{C}$)	Af ($^{\circ}\text{C}$)	Ms ($^{\circ}\text{C}$)
1.	Lampa penuaan	67	75	44
2.	500	67	74	48
3.	550	68	75	50
4.	600	67	74	50
5.	650	64	73	49
6.	700	64	73	48



Gambar 5 Kurva temperatur transformasi-temperatur penuaan paduan TiNi.

Dari gambar kurva resistansi - temperatur yang telah mengalami proses penuaan pada berbagai temperatur terlihat bahwa resistans turun dengan turunnya temperatur, ini berarti paduan tidak menunjukkan adanya fasa R, hal ini mungkin karena TiNi yang digunakan mempunyai komposisi 50,04 % at.Ni. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Toshio Saburi²⁾, menunjukkan bahwa sifat paduan TiNi yang mempunyai komposisi Ni antara 50 sampai 50,5 % at.Ni tidak sensitif terhadap perlakuan panas karena tidak ada presipitat Ti_3Ni_4 yang terjadi dalam paduan ini.

penuaan terhadap temperatur transformasi Temperatur transformasi Ms dari proses pelarutan ke proses penuaan pada temperatur 500 $^{\circ}\text{C}$ selama 10 jam terjadi kenaikan sekitar 4 $^{\circ}\text{C}$, hal ini kemungkinan disebabkan oleh proses penuaan sehingga fasa martensit menjadi lebih stabil. Dengan stabilnya fasa martensit membutuhkan energi termal atau temperatur yang lebih tinggi untuk memulai transformasi ke fasa austenit Akan tetapi temperatur transformasi austenit tidak mengalami perubahan akibat proses penuaan, ini berarti proses penuaan tidak mengubah temperatur transformasi austenit.

Harga temperatur transformasi secara keseluruhan tidak menunjukkan perubahan yang berarti setelah dilakukan proses penuaan seperti ditunjukkan dalam Gambar 5. Hal ini mungkin karena dalam proses pnuan ini tidak terjadi fasa R sehingga temperatur transformasi tidak mengalami perubahan. Dengan tidak terjadinya perubahan temperatur transformasi maka temperatur histerisis juga tidak mengalami perubahan yang berarti.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari seluruh kurva resistansi-temperatur menunjukkan bahwa resistansi mengalami penurunan secara perlahan-lahan dengan turunnya temperatur. Hal ini nampaknya disebabkan oleh terjadinya transisi fasa B2 ke fasa *incommensurate* dan tidak terdapat fasa *commensurate* (fasa R).
2. Temperatur transformasi tidak menunjukkan kenaikan yang berarti. Hal ini berarti bahwa proses penuaan dari temperatur 500 $^{\circ}\text{C}$ -700 $^{\circ}\text{C}$ dengan waktu konstan 10 jam tidak efektif untuk mengubah temperatur transformasi.

Daftar Pustaka

1. S. Miyazaki and K. Otsuka, *ISIJ International*, 29, 56, 353 – 337 (1989).
2. T. Saburi, *Trans. Mat. Res. Soc. Japan*, 18B, 997 – 1002 (1994).
3. Q. Chen, X. F. Wu and T. Ko, *Scripta Metallurgica*, 29, 49 – 53 (1993).
4. D. N. Adnyana, *Logam Shape Memory dan Aplikasinya, Semangat HAKTEKNAS: Generasi Muda dan Penguasaan Teknologi*, BPP Teknologi, 25 – 35 (1997).
5. D. N. Adnyana, *Penelitian dan Pengembangan Sistem Pendeteksian Api/Panas Menggunakan Logam Shape memory*, RUT III Bidang Rancang Bangun (1998).
6. K. R. C. Gisser, *Principles of the Shape Memory Effect in Nickel – Titanium*, IUPAC, Blackwell Scientific Publications (1992).
7. K. Otsuka, *Proceedings of The International Symposium On Shape Memory Materials*, Beijing-China, 129 – 135 (1994).

