BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1.Komposisi kimia

Tabel 5. Komposisi kimia paduan Cu-Zn-Al

Komposisi kimia rancangan paduan		**Komposisi kimia hasil paduan**	
Unsur	% Berat	Unsur	% Berat
Cu	70,55	Cu	70,9821
Zn	25,35	Zn	24,97
Al	4,1	Al	3,93
		Fe	0,045
		Si	0,037
		Mn	0,02
		Pb	0,01
		Ni	0,0039
		Sn	0,002

Berdasarkan Tabel 5 di atas terlihat terjadi sedikit penyimpangan komposisi kimia dari Cu, Zn dan Al. Besarnya perubahan komposisi adalah:

a. Cu : Perubahan = 0,4321 % Naik

b. Zn : Perubahan = 0,38 % Turun

c. Al : Perubahan = 0,17 % Turun

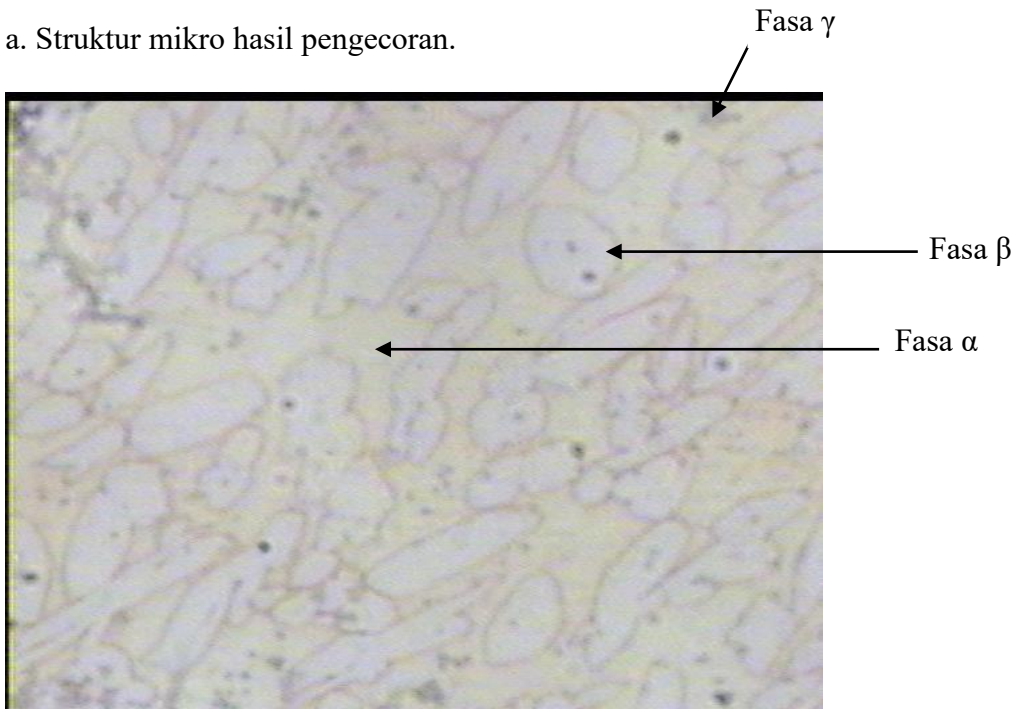
d. Unsur – unsur pengotor berupa Fe, Si, Mn, Pb, Ni dan Sn. % Berat unsur pengotor = 0,1179 %

Perubahan komposisi kimia dari Cu, Zn, Al dan munculnya unsur – unsur pengotor, bisa dikarenakan penggunaan peralatan yang tidak bersih sewaktu peleburan dan pemaduan sehingga unsur-unsur pengotor bisa masuk ke dalam paduan, pengaruh oksidasi karena oksigen tidak sepenuhnya bisa dihilangkan walaupun telah menggunakan arang sebagai pelindung.

2. Struktur mikro

Pada struktur mikro hasil proses perlakuan panas penuaan (*aging*) untuk spesimen hasil quench pada media air 27^0C, air garam 10% 27^0C, dan air dingin 10^0C dilakukan pada temperatur kamar, karena struktur mikro yang dimiliki pada temperatur kamar yaitu fasa austenit.

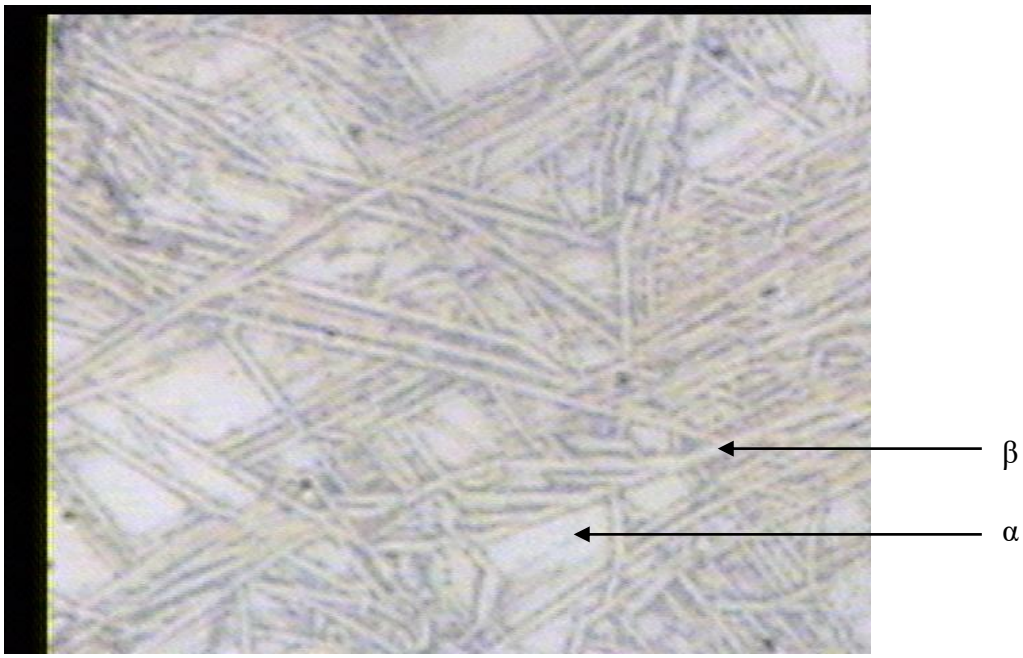
a. Struktur mikro hasil pengecoran.



Gambar 13. Struktur mikro dari paduan 70.9821Cu-24.97Zn-3.93Al, $K_2Cr_2O_7$, NaCl, H_2SO_4, 5 %. Perbesaran 100x.

Pada Gambar 13 hal. 36, fasa yang terbentuk yaitu fasa α, fasa β, dan fasa γ. Pada Gambar 13 hal. 36 terlihat bahwa terdapat bintik hitam yang diakibatkan sewaktu pengetsaan. Struktur mikro dari fasa β ada yang berbentuk bulat dan memanjang, dan juga pada Gambar 13 hal. 36 terdapat permukaan yang kotor ini diakibatkan sampel dari metalografi telah teroksidasi. Fasa α merupakan matriks dari paduan, fasa β berbentuk *columnar*, dan persentase jumlah fasa β = 56,43% dan fasa α =43,57% untuk perhitungan yang lebih jelas terdapat pada lampiran 1 hal.54.

b. Stuktur mikro kondisi pengerolan dingin.

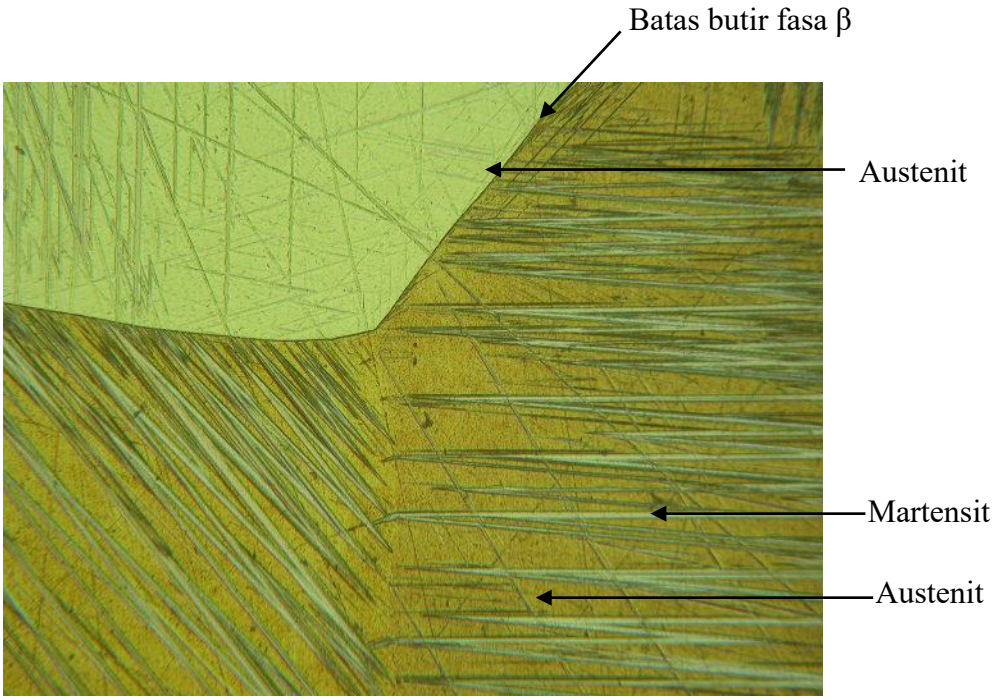


Gambar 14. Struktur mikro dari paduan 70.9821Cu-24.97Zn-3.93Al, $K_2Cr_2O_7$, NaCl, H_2SO_4, 5 %. Perbesaran 100x.

Pada Gambar 14, fasa yang terbentuk yaitu fasa α dan fasa β. Pada Gambar 14 terlihat bahwa terdapat bintik hitam yang diakibatkan sewaktu pengetsaan. Bentuk butir dari fasa β berbentuk memanjang. Struktur mikro

hasil pengecoran dengan bentuk butir fasa β berbentuk bulat sekarang menjadi berbentuk memanjang. Fasa α masih terdapat diantara butir fasa β. Fasa α dikelilingi oleh fasa β.

c. Struktur mikro hasil laku panas dan hasil *aging* pada media *quench* air 27^0C.

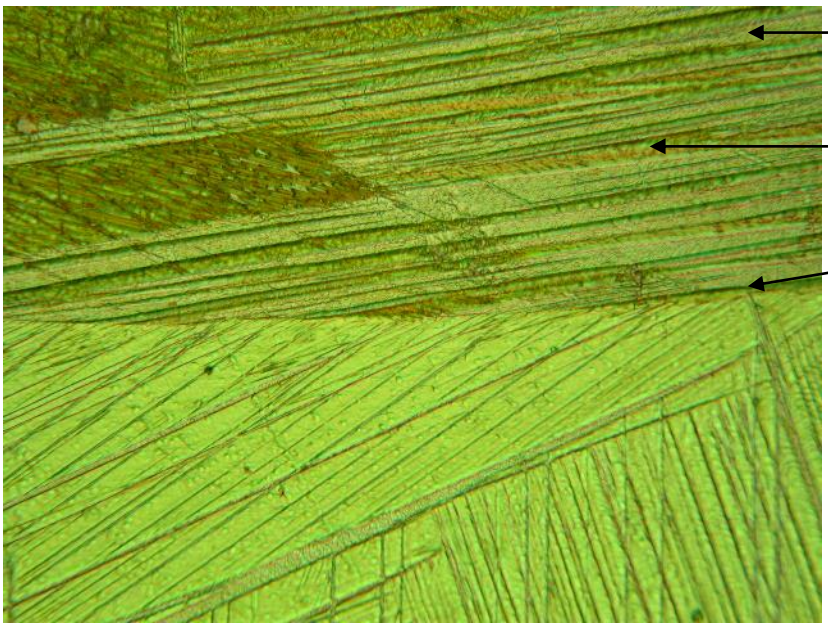


Gambar 15. Struktur mikro dari paduan 70.9821Cu-24.97Zn-3.93Al, hasil *quench* ke dalam air 27^0C, $K_2Cr_2O_7$, NaCl, H_2SO_4, 5 %. Perbesaran 200x, Temperatur 25^0C.

Pada Gambar 15, fasa yang dihasilkan adalah fasa martensit dan fasa austenit, fasa martensit ini tumbuh di bekas butir fasa β. Pada setiap butir fasa β, fasa martensit yang tumbuh memiliki arah yang berbeda-beda. Fasa martensit berbentuk jarum, pada satu butir bekas fasa β fasa martensit yang tumbuh mempunyai arah ada yang mendatar dan miring ± 45^0.

Persentase jumlah dari fasa austenit adalah 73,33% dan fasa martensit adalah 26,67% untuk perhitungan yang lebih jelas terdapat pada lampiran 2 hal. 55.

d. Struktur mikro panas dan hasil *aging* pada media *quench* air garam 10% 27^0C.

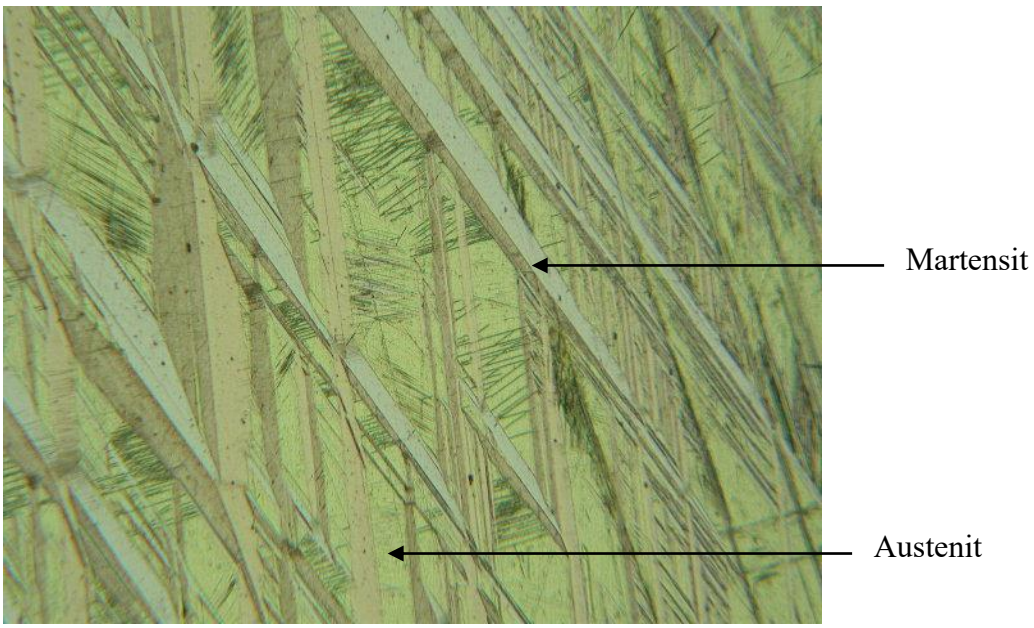


Gambar 16. Struktur mikro dari paduan 70.9821Cu-24.97Zn-3.93Al, hasil quench ke dalam air garam 10% 27^0C, $K_2Cr_2O_7$, NaCl, H_2SO_4, 5 %. Perbesaran 200x, Temperatur 25^0C.

Pada Gambar 16 struktur mikro spesimen dengan media *quench* air garam 10% 27^0C fasa yang dihasilkan adalah fasa martensit dan fasa austenit. Fasa martensit pada Gambar 16 tumbuh pada bekas butir fasa β. Fasa martensit yang tumbuh di antara fasa austenit ini terdapat pada satu butir bekas fasa β. Dalam satu butir bekas fasa β, fasa martensit yang berbentuk seperti jarum dengan arah yang miring ke kanan dan ke kiri

dengan sudut kemiringan $\pm 30^0$ dan $\pm 120^0$. Persentase jumlah dari fasa austenit adalah 53,85% dan fasa martensit adalah 16,74% untuk perhitungan yang lebih jelas terdapat pada lampiran 2 hal.55.

e. Struktur mikro hasil laku panas dan hasil *aging* pada media *quench* air es 10^0C.



Gambar 17. Struktur mikro dari paduan 70.9821Cu-24.97Zn-3.93Al, hasil *quench* ke dalam air es 10^0C, $K_2Cr_2O_7$, NaCl, H_2SO_4, 10 %. Perbesaran 200x, Temperatur 25^0C.

Dari Gambar 17 struktur mikro pada spesimen dengan media *quench* air es 10^0C di atas, fasa yang tumbuh yaitu fasa martensit dan fasa austenit. Fasa martensit yang tumbuh pada satu butir bekas fasa β memiliki arah yang miring $\pm 45^0$ dan juga ada yang tegak. Persentase jumlah dari fasa austenit adalah 81,25% dan fasa martensit adalah 18,75% untuk perhitungan yang lebih jelas terdapat pada lampiran 2 hal. 56.

3. Harga kekerasan

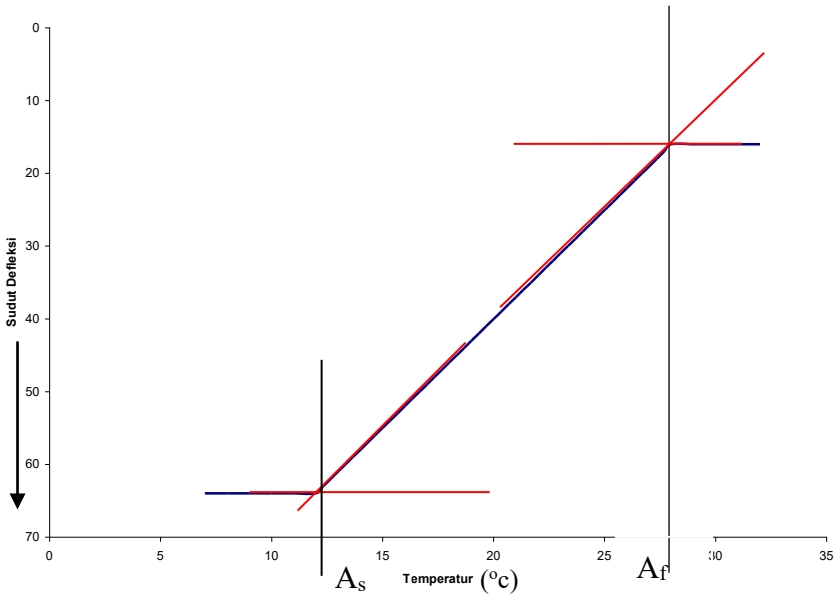
Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen sesudah proses perlakuan panas. Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan metode *Hardness Vickers* (HV) temperatur 30^0C pada fasa β . Data hasil pengujian kekerasan dari spesimen paduan Cu-Zn-Al ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data hasil pengujian kekerasan

No. Spesimen	**Media *quenching***	**Rata-rata harga kekerasan (VHN)**
1.	Air 27^0C	133
2.	Air garam 10% 27^0C	136
3.	Air es 10^0C	130

4. Hasil pengujian karakteristik termomekanis.

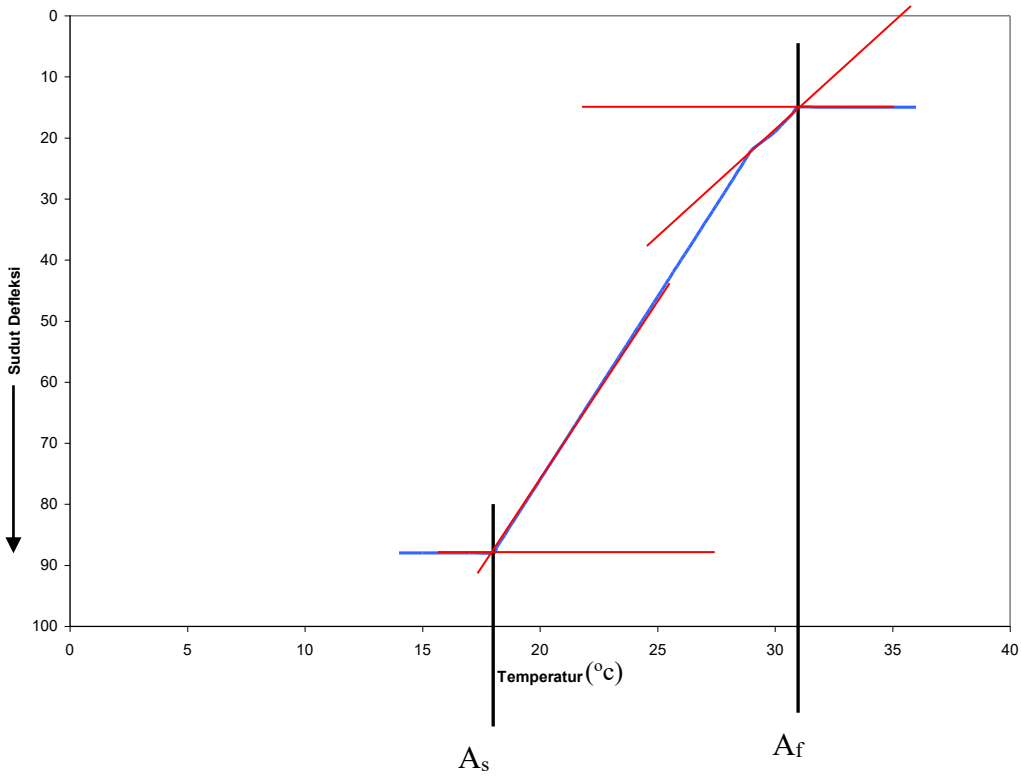
a. Media *quenching* air 27^0C



Gambar 18. Grafik hubungan antara temperatur dengan sudut pada spesimen hasil *quenching* dengan media air 27^0C.

Pada grafik Gambar 18 hal. 41 didapatkan temperatur A_s (*Austenite start*) 14^0C dan A_f (*Austenite finish*) 29^0C.

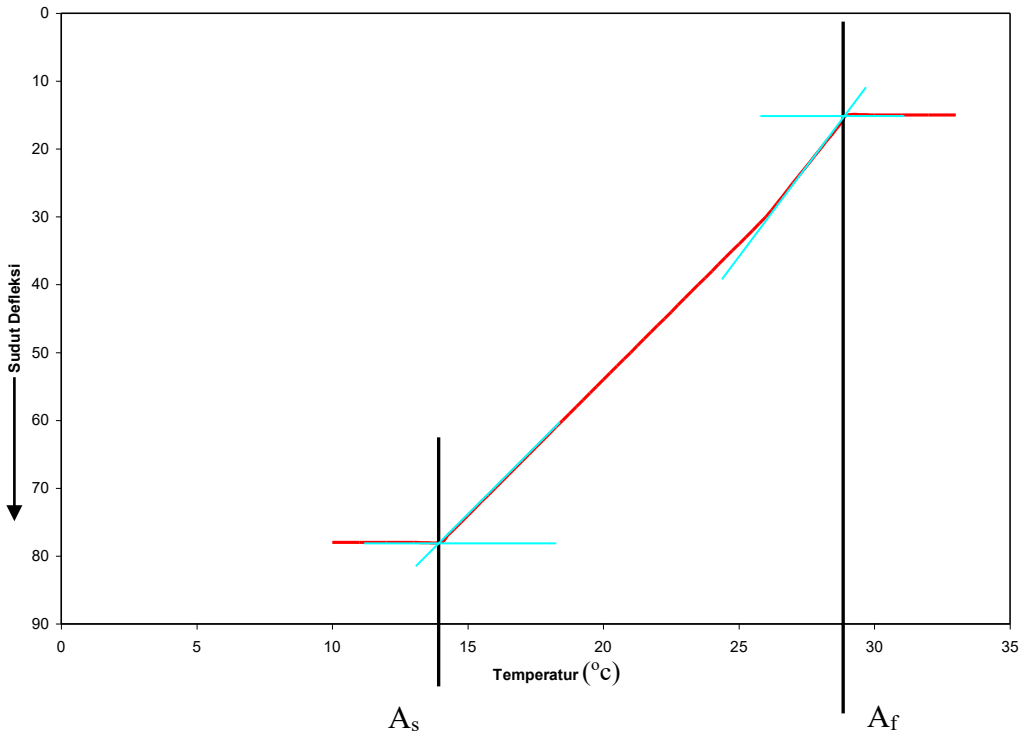
b. Media *quenching* air garam 10% 27^0C



Gambar 19. Grafik hubungan antara temperatur dengan sudut pada spesimen hasil *quenching* dengan media air garam 10% 27^0C

Pada grafik Gambar 19 didapatkan temperatur A_s (*Austenite start*) 18^0C dan A_f (*Austenite finish*) 31^0C.

c. Media *quenching* air es 10^0C



Gambar 20. Grafik hubungan antara temperatur dengan sudut pada spesimen hasil *quenching* dengan media air es 10^0C.

Pada grafik Gambar 20 didapatkan temperatur A_s (*Austenite start*) 12^0C dan A_f (*Austenite finish*) 28^0C.

Hasil pengukuran karakteristik termomekanis seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7 hal. 44 dari spesimen yang telah dilakukan proses *aging* didapatkan temperatur *Austenite start* (A_s) dan *Austenite Finish* (A_f). Dalam grafik hasil dari pengukuran akan ditunjukkan dalam bentuk kurva yang menghubungkan kondisi perlakuan logam dengan temperatur transformasi.

Tabel 7. Data pengukuran karakteristik termomekanis.

No. Spesimen	Media *quenching*	Temperatur (^{0}C)	
		As	Af
1.	Air 27^{0}C	14	29
2.	Air garam 10% 27^{0}C	18	31
3.	Air es 10^{0}C	12	28

d. Sudut defleksi dan Sensitifitas panas

Sensitifitas panas paduan ingat bentuk adalah tingkat kesensitifan paduan jika diberikan panas. Semakin kecil jarak antar temperatur transisi, maka semakin sensitif paduan ingat bentuk tersebut jika diberikan pemanasan. Tingkat kesensitifan ini juga dapat dilihat dengan kecepatan paduan ingat bentuk dalam berubah bentuk pada saat di berikan pemanasan.

Sudut defleksi pada paduan ingat bentuk menandakan keelastisan sebuah paduan logam. Semakin besar nilai sudut defleksi maka semakin elastis paduan logam tersebut.

1) Spesimen hasil *quench* ke dalam air 27^{0}C

a) Sudut defleksi

Sudut mula-mula sebelum dibengkokkan : 12º

Sudut setelah dibengkokan (*bending*) : 78º

Sudut pembengkokan =78^0-12^0=66^0

Sudut setelah dipanaskan : 15º

Sudut ingat bentuk = Sudut *bending* – Sudut setelah dipanaskan

= 78º - 15º = 63º

Sudut tidak kembali = Sudut setelah dipanaskan – Sudut mula-mula

= 15º - 12º = 3º

b) Sensitifitas panas

Tingkat kesensitifan diukur melalui jarak antara temperatur A_s dan A_f, semakin kecil perbedaan A_s dan A_f, maka SMA dapat dikatakan lebih sensitif.

$A_s = 14^0C$

$A_f = 29^0C$

Selisih A_s dan A_f = 29º C – 14º C = 15º C

2) Spesimen hasil *quench* ke dalam air garam 10% 27^0C

a) Sudut defleksi

Sudut mula-mula sebelum dibengkokkan : 12º

Sudut setelah dibengkokan (*bending*) : 88º

Sudut pembengkokan = 88º - 12º = 76º

Sudut setelah dipanaskan : 15º

Sudut ingat bentuk = Sudut *bending* – Sudut setelah dipanaskan

= 88º - 15º = 73º

Sudut tidak kembali = Sudut setelah dipanaskan – Sudut awal

= 15º - 12º = 3º

b) Sensitifitas panas

$A_s = 19^0C$

$A_f = 31^0C$

Selisih A_s dan A_f = 31º C – 19º C = 12º C

3) Spesimen hasil *quench* ke dalam air es 10^0C

a) Sudut defleksi

Sudut mula-mula sebelum dibengkokkan : 14º

Sudut setelah dibengkokan (*bending*) : 64º

Sudut pembengkokan = $64^0 - 14^0 = 50^0$

Sudut setelah dipanaskan : 16º

Sudut ingat bentuk = Sudut *bending* – Sudut setelah dipanaskan

= 64º - 16º = 48º

sudut tidak kembali = sudut setelah dipanaskan – sudut awal

= $16^0 - 14^0 = 2^0$

b) Sensitifitas panas

$A_s = 12^0$C

$A_f = 28^0$C

Selisih A_s dan A_f = 28ºC – 12ºC = 16ºC

Tabel 8. Sensitifitas panas dan sudut defleksi

No. Spesimen	**Media *quenching***	**Sensitifitas panas**	**Sudut defleksi**	**Selisih sudut**
1.	Air 27^0C	15^0C	63^0	3^0
2.	Air garam 10% 27^0C	12^0C	73^0	3^0
3.	Air es 10^0C	16^0C	48^0	2^0

B. Pembahasan

1. Pengaruh media *quench* terhadap struktur mikro.

Struktur mikro yang terbentuk dari proses peleburan dan pemaduan seperti pada Gambar 13 hal. 36, fasa yang terbentuk fasa α, fasa β, dan fasa γ, bentuk dari fasa β kolumnar. Setelah dilakukan proses pengerolan fasa yang terbentuk yaitu fasa α dan fasa β, bentuk dari fasa β yaitu memanjang, seperti yang terlihat pada Gambar 14 hal. 37.

Pada proses laku panas, spesimen hasil *qunching* dengan media air 27^0C, fasa yang terbentuk yaitu fasa martensit dan fasa austenit, seperti yang terlihat pada Gambar 15 hal. 38, sedangkan pada Gambar 16 hal. 39, spesimen hasil *quenching* dengan media air garam 10% 27^0C fasa yang terbentuk fasa martensit dan fasa austenit, dan spesimen dengan media *quench* air es 10^0C seperti yang terlihat pada Gambar 17 hal. 40, struktur mikro yang terbentuk adalah fasa martensit dan fasa austenit.

Dari ketiga spesimen, fasa yang terbentuk adalah fasa martensit dan fasa austenit. Fasa martensit dan fasa austenit ini tumbuh pada bekas butir fasa β, yang membedakannya yaitu jumlah fasa martensit dan tingkat kehalusan fasa martensit, perbedaan ini sangat dipengaruhi oleh adanya kecepatan laju pendinginan yang berbeda-beda dari media *quenching* yang digunakan. Pada spesimen hasil *quenching* media air garam 10% 27^0C memiliki laju pendinginan yang cepat, persentase jumlah fasa martensit 46,15% dan memiliki fasa martensit yang lebih halus. Spesimen hasil *quenching* media air es 10^0C yang laju pendinginannya di bawah air media

garam 10^0C dan di atas media air 27^0C memiliki persentase jumlah fasa martensit 18,75% dan fasa martensit yang kurang halus dari pada spesimen dengan media *quenching* air 27^0C. Spesimen hasil *quenching* air 27^0C dengan laju pendinginan yang kurang cepat dari pada air es 10^0C, persentase jumlah fasa martensit yang dihasilkan 26,67% dan fasa martensit yang halus dari pada spesimen hasil *quenching* media air es 10^0C.

Pada spesimen hasil *quenching* dengan media air es 10^0C dengan laju pendinginan yang lebih cepat dari spesimen hasil *quenching* media air 27^0C, seharusnya memilki jumlah fasa martensit yang banyak dan fasa martensit yang halus dari pada sepesimen hasil *quenching* air 27^0C. Hal ini diakibatkan dari jumlah media yang digunakan untuk mendinginkan, jumlah air es 10^0C setengahnya dari media air 27^0C sehingga temperatur media *quenching* ari es 10^0C.

2. Pengaruh media *quenching* terhadap kekerasan.

Jika dilihat dari Tabel 6 hal. 41 hasil uji keras yang dilakukan pada temperatur 30^0C untuk spesimen hasil *quenching* pada media air 27^0C memiliki harga kekerasan 133 VHN, spesimen hasil *quenching* pada media air garam 10% 27^0C harga kekerasan sebesar 136 VHN, dan spesimen hasil *quenching* pada media air es 10^0C memiliki harga kekerasan sebesar 130 VHN.

Perbedaan harga kekerasan pada spesimen hasil *quenching* pada media air 27^0C, air garam 10% 27^0C, dan air es 10^0C ada kaitannya dengan kecepatan laju pendinginan dari media *quenching* dan struktur mikro yang terbentuk pada setiap spesimen. Jika dilihat dari urutan kecepatan laju pendinginan dari media *quenching* yang digunakan dapat diurutkan sebagai berikut; Yang pertama spesimen hasil *quenching* dengan media air garam 10% 27^0C memiliki persentase jumlah fasa martensit 46,15% dan struktur martensit yang lebih halus dengan harga kekerasan sebesar 136 VHN. Yang kedua, spesimen hasil *quenching* pada media air es 10^0C memiliki persentase jumlah fasa martensit 18,75% dan struktur fasa martensit kurang halus dengan harga kekerasan 130 VHN. Yang ketiga, spesimen hasil *quenching* media air 27^0C harga kekerasannya 133 VHN memiliki persentase jumlah fasa martensit 26,67% dan fasa martensit yang halus dari pada spesimen hasil *quenching* media *quenching* air es 10^0C. Karena penggunaan volume media *quenching* air es 10^0C setengah dari media *quenching* air 27^0C mengakibatkan temperatur pada media air es 10^0C telah banyak berubah ketika spesimen yang dalam keadaan panas dicelupkan ke dalam media *quenching* air es 10^0C.

3. Pengaruh media *quenching* terhadap temperatur transformasi.

Dari grafik pada Gambar 18 hal. 41, spesimen hasil *quenching* pada media air 27^0C, temperatur A_s 14^0C dan temperatur A_f 29^0C. Spesimen hasil *quenching* pada media air garam 10% 27^0C, temperatur A_s

18^0C dan temperatur A_f 31^0C, seperti yang terlihat pada Gambar 19 hal. 42. Sedangkan pada Gambar 20 hal. 43, spesimen hasil *quenching* pada media air es 10^0C, temperatur A_s 12^0C dan temperatur A_f 28^0C.

Pada Tabel 8 hal. 46, spesimen hasil *quench* pada media air 27^0C, media air garam 10% 27^0C, dan media air es 10^0C, memiliki laju pendinginan yang berbeda-beda. Jika dilihat dari laju pendinginan dari yang cepat hingga yang lambat; yang pertama yaitu spesimen hasil *quenching* media air garam 10% 27^0C memiliki sifat yang sensitif terhadap panas dengan sensitifitas panas 12^0C dan memiliki keelastisan yang tinggi dengan besarnya sudut defleksi 73^0. Yang kedua, spesimen hasil *quenching* dengan media air es 10^0C memiliki sifat sensitif terhadap panas yang kurang baik dengan sensitifitas panas sebesar 16^0C dan keelastisan yang kurang dengan sudut defleksi 48^0. Yang ketiga yaitu spesimen hasil *quenching* media air 27^0C memiliki sifat sensitif terhadap panas yang baik dengan sensitifitas panas sebesar 15^0C dan keelastisan yang baik dengan sudut defleksi 63^0 dari pada spesimen hasil *quenching* media air es 10^0C.

Seharusnya spesimen hasil *quenching* media air es 10^0C memiliki laju pendinginan yang cepat jika dibandingkan dengan spesimen hasil *quench* pada media air 27^0C, hal ini diduga karena volume dari media *quench* air es 10^0C yang digunakan dalam proses *quenching* lebih sedikit dari pada spesimen dengan media *quench* air 27^0C.