

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

#### IV.1. PENGUJIAN KOMPOSISI

Untuk mengetahui komposisi kimia dari sampel yang dibuat dengan uji spectro dihasilkan komposisi seperti berikut :

**Tabel 4.1.** Komposisi Kimia Sampel dengan *Spectro*

No.	Alloy	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %
1	E	0,505	0,624	0,695	0,0165	0,0101	1,614	0,3102
2	D	0,563	0,52	0,604	0,0179	0,0157	1,603	0,465
3	A	0,546	0,884	1,077	0,0162	0,0071	1,581	0,4206
4	B	0,502	2,078	1,015	0,0163	0,0119	1,563	0,4464
5	C	0,4857	3,081	1,001	0,0165	0,0134	1,548	0,4267

No.	Alloy	Ni %	Al %	Co %	Cu %	Nb %	Ti %	V %
1	E	0,0536	0,0046	0,0045	0,0199	0,0043	0,0023	0,009
2	D	0,0597	0,0214	0,0038	0,697	0,0021	0,0021	0,131
3	A	0,1941	0,02	0,0042	0,84	0,0026	0,0036	0,1239
4	B	0,1866	0,1018	0,0039	0,812	0,0023	0,0047	0,1257
5	C	0,1769	0,1065	0,0035	0,726	0,0022	0,0057	0,1201

No.	Alloy	W %	Pb %	Sn %	As %	Ca %	Ce %	Se %
1	E	<0,01	<0,001	0,0004	0,0029	0,0017	<0,002	<0,005
2	D	<0,02	0,0034	<0,0004	0,0032	0,0003	<0,003	<0,006
3	A	<0,03	0,0047	0,0005	0,0027	0,0039	<0,004	<0,007
4	B	<0,04	0,0019	0,0005	0,0025	>0,0072	<0,005	<0,008
5	C	<0,05	0,0013	0,0009	0,0025	>0,0072	<0,006	<0,009

No.	Alloy	Ta %	B %	N %	Fe %
1	E	0,0112	0,0011	0,0043	96,1
2	D	0,0145	0,0012	0,0059	95,3
3	A	0,0127	0,0013	0,0023	94,3
4	B	0,0126	0,0012	0,0028	93,1
5	C	0,0113	0,002	0,0008	92,3

## IV.2. PENGUJIAN KEKERASAN

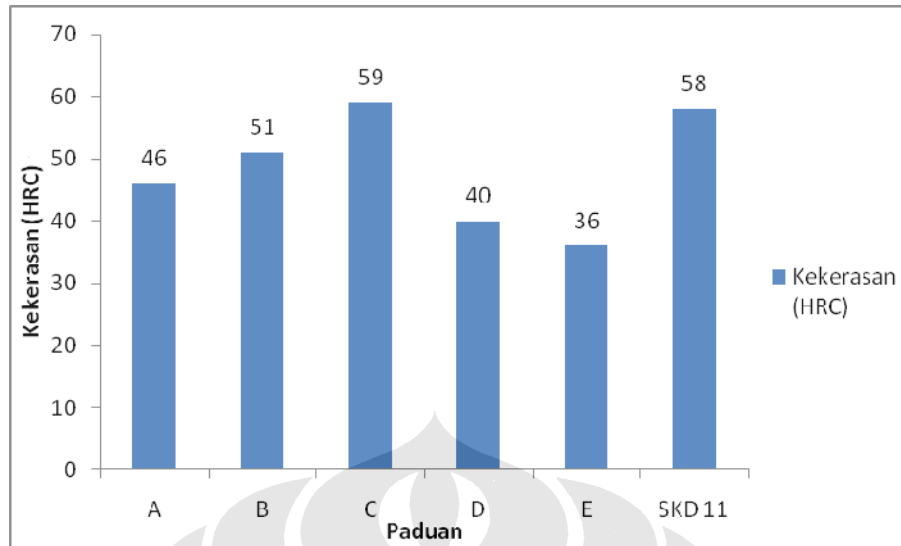
Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Vickers* dimana indentornya berbentuk piramida dengan menggunakan beban 1000 kgf. Setelah itu diukur diagonal 1 dan diagonal 2 jejak daripada indentor dengan mikroskop optik. Penjejakkan dilakukan 3 kali pada setiap sampel yang berbeda. Setelah didapat HV kemudian dikonversikan kedalam HRC.

### IV.2.1. Hasil Pengujian Kekerasan *As Cast*

Tabel 4.2. Data Kekerasan *As Cast*

Sampel	d1	d2	d rata	HV	HV rata2	HRC
A	0,0615	0,0625	0,062	482,3101	459,0258	46
	0,0645	0,0645	0,0645	445,6463		
	0,066	0,0625	0,06425	449,1211		
B	0,06	0,056	0,058	551,1296	534,6871	51
	0,06	0,061	0,0605	506,5228		
	0,0585	0,058	0,05825	546,409		
C	0,052	0,0535	0,05275	666,2923	672,8684	59
	0,053	0,053	0,053	660,0214		
	0,051	0,0525	0,05175	692,2915		
D	0,069	0,069	0,069	389,414	389,414	40
	0,069	0,069	0,069	389,414		
	0,069	0,069	0,069	389,414		
E	0,073	0,073	0,073	347,9077	351,1514	36
	0,071	0,075	0,073	347,9077		
	0,072	0,072	0,072	357,6389		

Hubungan kekerasan terhadap variabel paduan dapat dilihat pada grafik dibawah ini. Dimana gambar 4.1 merupakan grafik perbandingan nilai kekerasan untuk setiap paduan sebelum perlakuan.



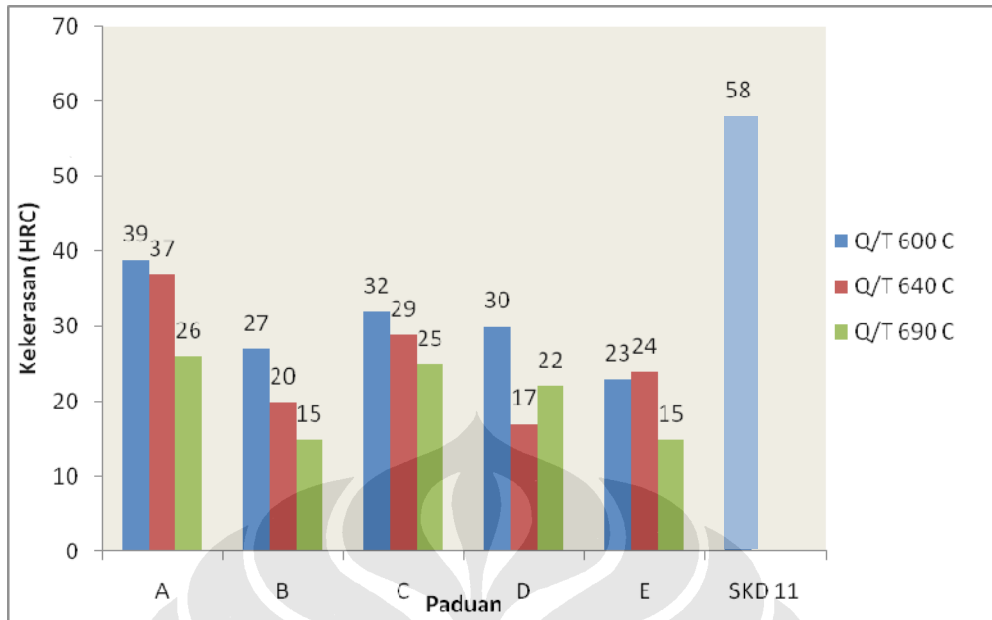
**Gambar 4.1.** Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan *As Cast*

#### IV.2.2. Hasil Pengujian Kekerasan Perlakuan *Quench Temper*

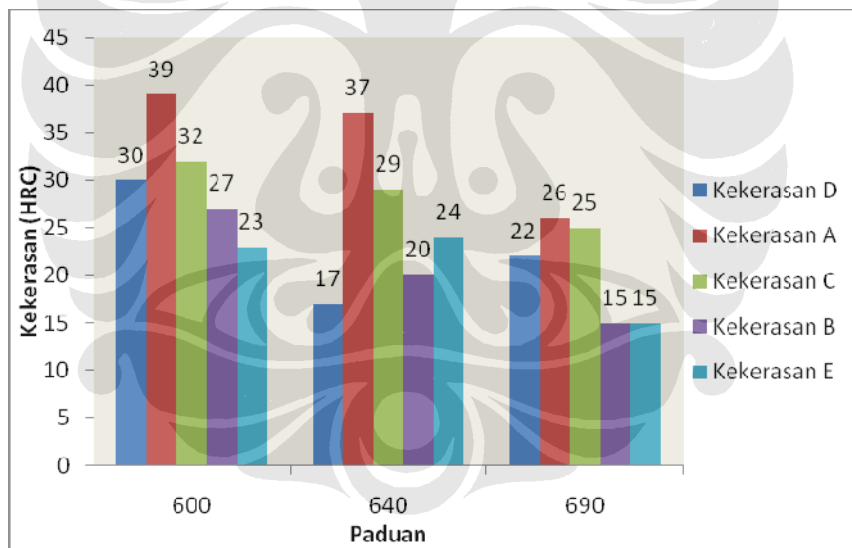
**Tabel 4.3.** Data Kekerasan Perlakuan *Quench Temper*

Temperatur Temper	Sampel	Kekerasan (HV)	Kekerasan (HRC)
600°C	A	381,8604	39
	B	270,6056	27
	C	317,5261	32
	D	303,2087	30
	E	255,5604	23
640°C	A	359,7381	37
	B	240,5953	20
	C	293,6811	29
	D	225,8676	17
	E	262,3359	24
690°C	A	275,6887	26
	B	219,3588	15
	C	269,7277	25
	D	248,6512	22
	E	219,8526	15

Hubungan kekerasan terhadap variabel paduan dapat dilihat pada grafik dibawah ini. Dimana gambar 4.2. merupakan grafik perbandingan nilai kekerasan untuk setiap paduan pada perlakuan quench temper dengan temperatur temper 600°C, 640°C, dan 690°C



**Gambar 4.2.** Perbandingan Nilai Kekerasan Perlakuan *Quench Temper*



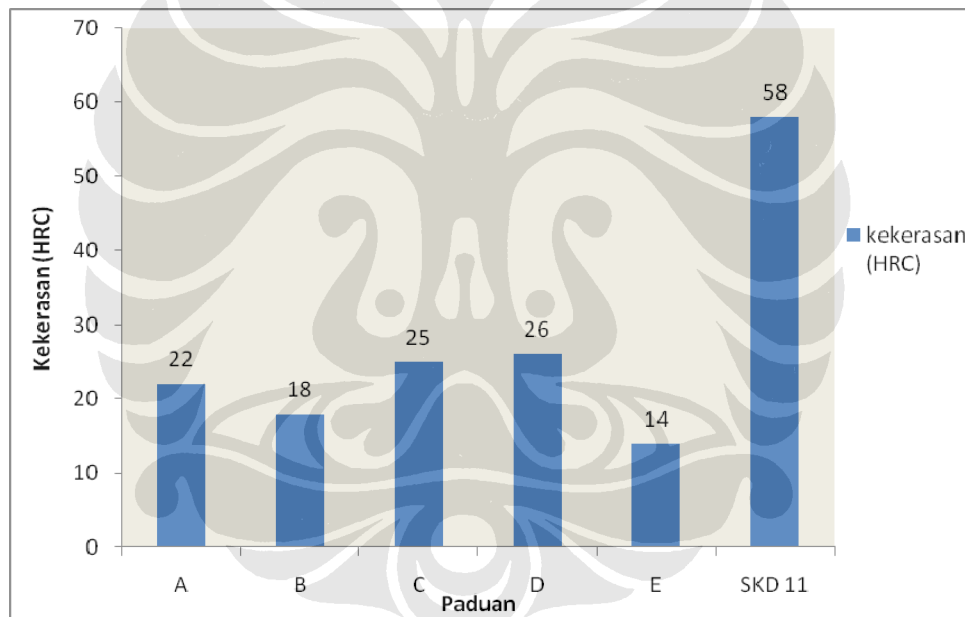
**Gambar 4.3.** Grafik Perbandingan Nilai Kekersan Setiap Paduan Berdasarkan Perlakuan *Quench Temper*.

### IV.2.3. Hasil Pengujian Kekerasan *Spheroidized Anneal*

Tabel 4.4. Data Kekerasan *Spheroidized Anneal*

Sampel	Kekerasan (HV)	Kekerasan (HRC)
SA	A	22
	B	18
	C	25
	D	26
	E	14

Hubungan kekerasan terhadap variabel paduan dapat dilihat pada grafik dibawah ini. Dimana gambar 4.4. merupakan grafik perbandingan nilai kekerasan untuk setiap paduan pada perlakuan *Spheroidized Anneal*



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Perlakuan *Spheroidized Anneal*

### IV.3. PENGUJIAN AUS

Pengujian laju aus dilakukan untuk sampel dengan perlakuan Q/T dan *Spheroidized Anneal*. Untuk setiap sampel dilakukan 3 kali pengujian laju aus, dimana masing-masing sampel dilakukan pengujian aus dengan metode *Ogoshi* pada salah satu bagian permukaannya. Sebelumnya dilakukan pengujian, sampel

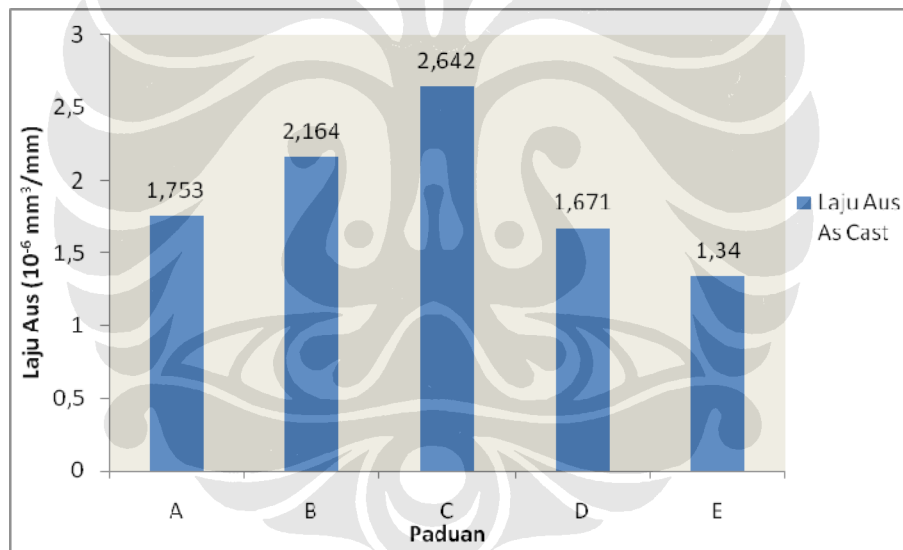
terlebih dahulu dilakukan preparasi dengan cara diampas untuk menghilangkan lapisan oksida yang terdapat di permukaan sampel.

#### IV.3.1. Hasil Pengujian Laju Aus *As Cast*

Nilai laju aus dan volume terabrasi untuk sampel *As Cast* sebelum perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.4. Grafik yang menyatakan hubungan antara paduan yang berbeda terhadap nilai laju aus dapat dilihat pada gambar 4.8.

**Tabel 4.4.** Data Hasil Pengujian Laju Aus *As Cast*

Sampel	Laju Aus rata-rata ( x 10 <sup>-6</sup> mm <sup>3</sup> /mm)
A	1,753
B	2,164
C	2,642
D	1,671
E	1,34



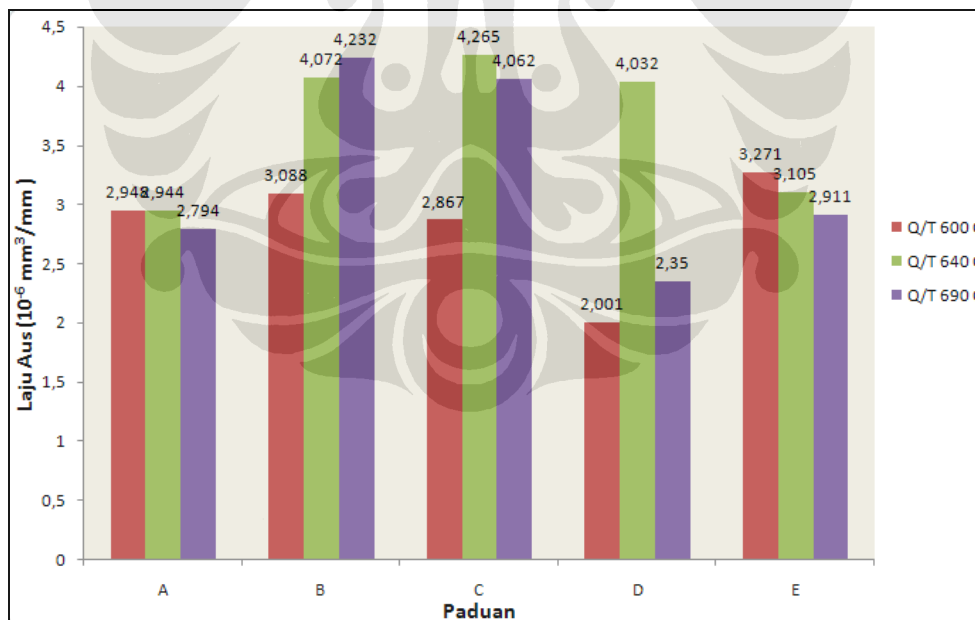
**Gambar 4.5.** Grafik Perbandingan Nilai Laju Aus *As Cast*

#### IV.3.2. Hasil Pengujian Laju Aus Perlakuan *Quench Temper*

Nilai laju aus dan volume terabrasi untuk sampel dengan perlakuan *quench temper* pada temperatur temper 600<sup>o</sup>C, 640<sup>o</sup>C, dan 690<sup>o</sup>C dapat dilihat pada tabel 4.5. Grafik yang menyatakan hubungan antara paduan yang berbeda terhadap nilai laju aus dapat dilihat pada gambar 4.6.

**Tabel 4.5.** Data Laju Aus Perlakuan *Quench Temper*

Temperatur Temper	Sampel	Laju Aus ( $\text{mm}^3/\text{mm}$ )
600°C	A	2,948
	B	3,088
	C	2,867
	D	2,001
	E	3,271
640°C	A	2,944
	B	4,072
	C	4,265
	D	4,032
	E	3,105
690°C	A	2,794
	B	4,232
	C	4,062
	D	2,35
	E	2,911



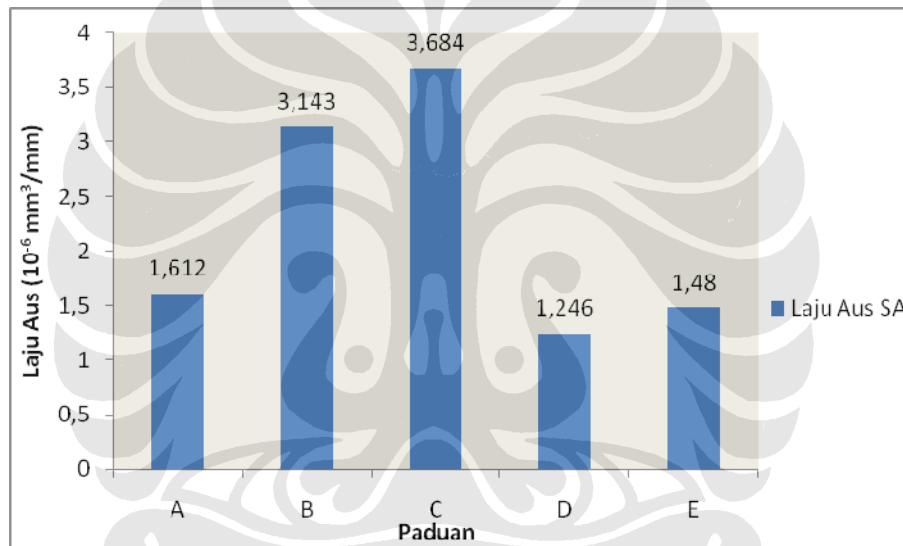
**Gambar 4.6.** Grafik Perbandingan Nilai Laju Aus Perlakuan *Quench Temper*

### IV.3.3. Hasil Pengujian Laju Aus Perlakuan *Spheroidized Anneal*

Nilai laju aus dan volume terabrasi untuk sampel *spheroidized anneal* dapat dilihat pada tabel 4.6. Grafik yang menyatakan hubungan antara paduan yang berbeda terhadap nilai laju aus dapat dilihat pada gambar 4.7.

**Tabel 4.6.** Data Laju Aus *Spheroidized Anneal*

Sampel	Laju Aus rata-rata ( x 10 <sup>-6</sup> mm <sup>3</sup> /mm)
A	1,612
B	3,143
C	3,684
D	1,246
E	1,48



**Gambar 4.7.** Grafik Perbandingan Nilai Laju Aus *Spheroidized Anneal*

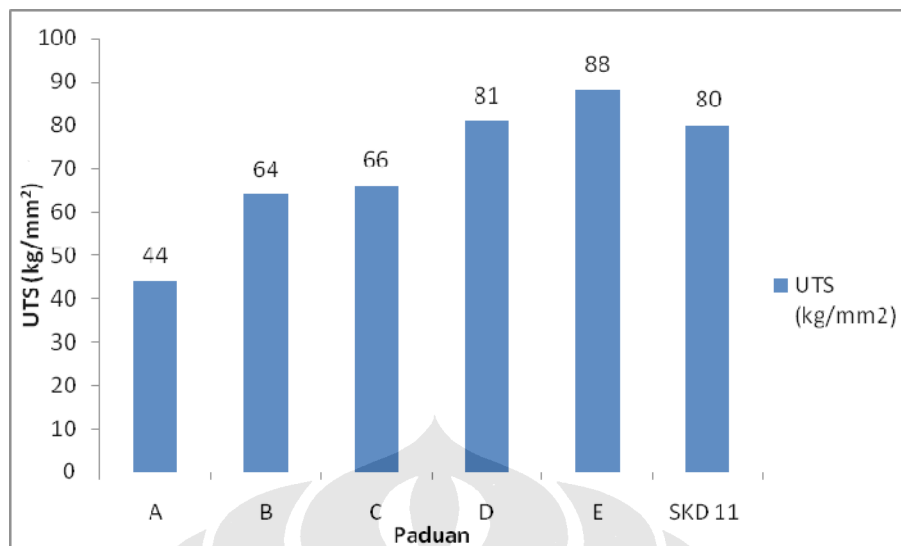
## IV.4. PENGUJIAN TARIK

### IV.4.1. Data Pengujian Tarik *As Cast*

**Tabel 4.7.** Data Uji Tarik *As Cast*

Alloy	UTS (kg/mm <sup>2</sup> )
A	44
B	64
C	66
D	81
E	88



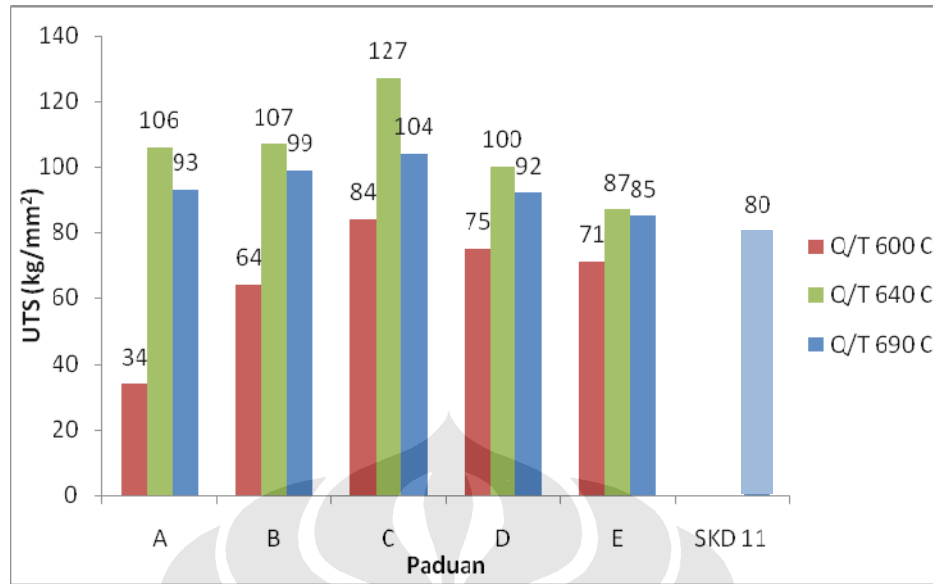


**Gambar 4.8.** Grafik Perbandingan Nilai UTS *As Cast*

#### IV.4.2. Data Pengujian Tarik Perlakuan *Quench Temper*

**Tabel 4.8.** Data Uji Tarik Perlakuan *Quench Temper*

Temperatur Temper	Sampel	UTS (kg/mm <sup>2</sup> )
600°C	A	34
	B	64
	C	84
	D	75
	E	71
640°C	A	106
	B	107
	C	127
	D	100
	E	87
690°C	A	93
	B	99
	C	104
	D	92
	E	85

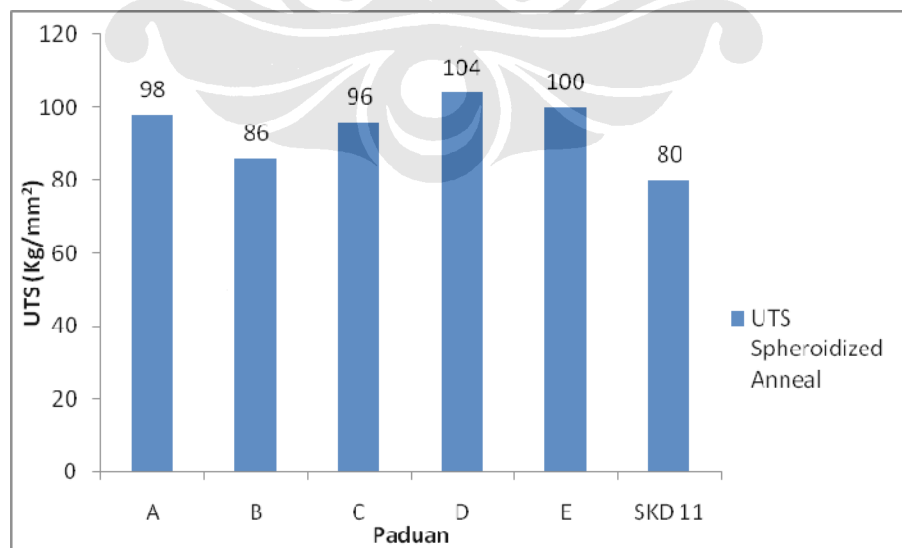


Gambar 4.9. Grafik Nilai Perbandingan Nilai UTS Perlakuan *Quench Temper*

#### IV.4.3. Data Pengujian Tarik *Spheroidized Anneal*

Tabel 4.9. Data Uji Tarik *Spheroidized Anneal*

Paduan	UTS (kg/mm <sup>2</sup> )
A	98
B	86
C	96
D	104
E	100

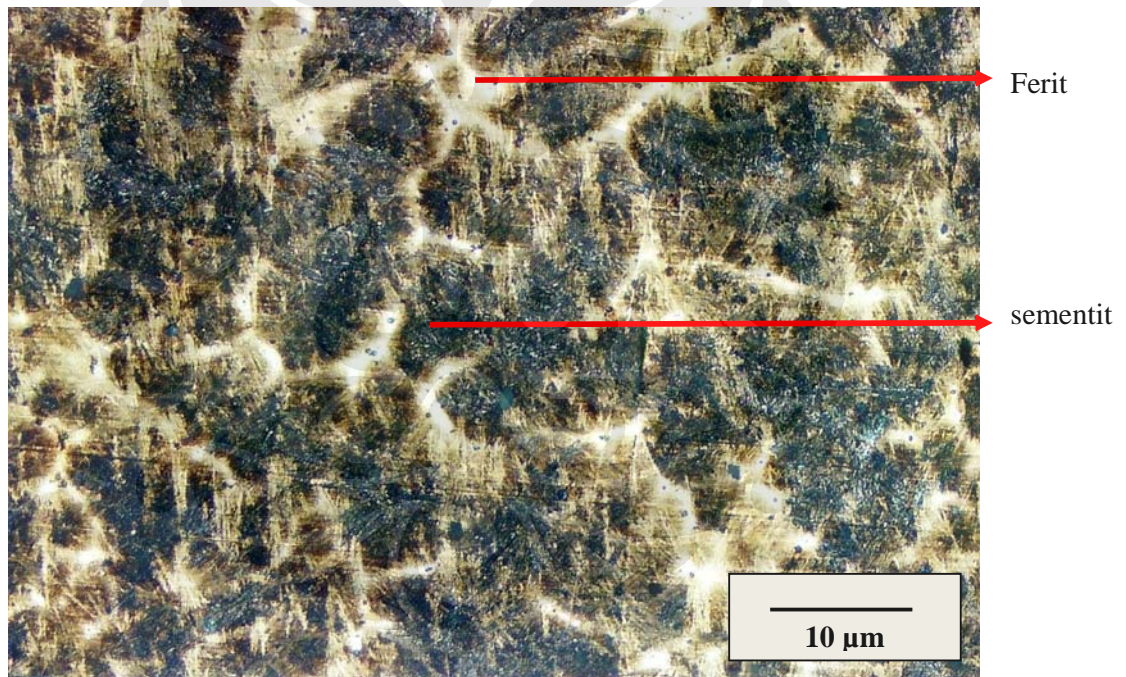


Gambar 4.10. Grafik Perbandingan Nilai UTS Perlakuan *Spheroidized Anneal*

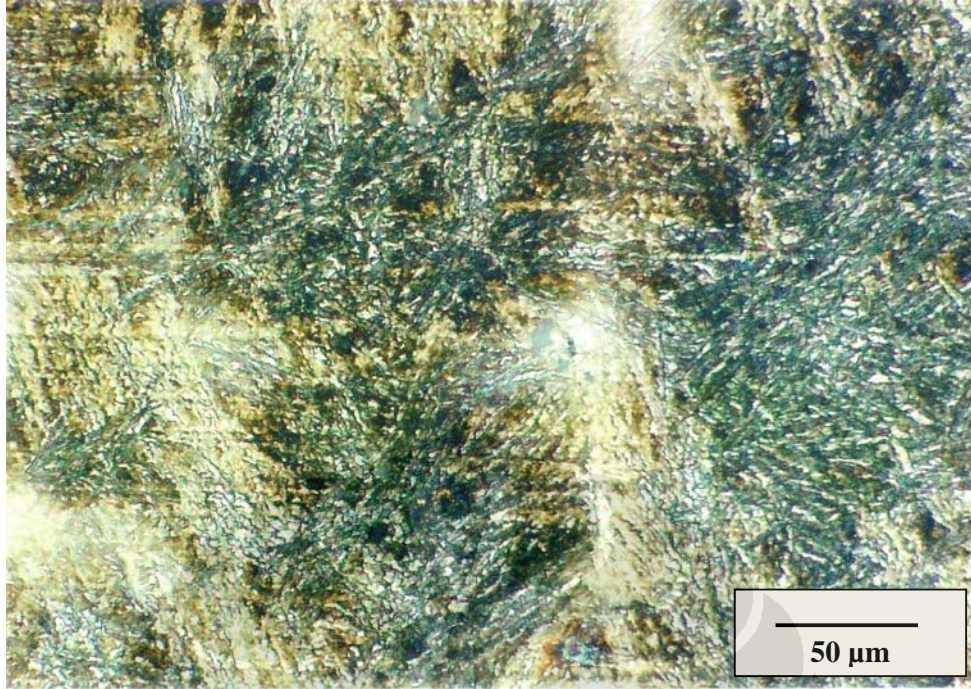
#### IV.5. PENGUJIAN FOTO MIKRO

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk sample paduan untuk setiap komposisi yang berbeda serta perlakuan panas yang berbeda yaitu dengan perlakuan quench/ temper dengan temperature tempering 600°C, 640°C, dan 690°C, serta perlakuan spheroidized anneal . Pengamatan dilakukan dengan Mikroskop Optik (MO). Pengamatan dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDS (*Energy Dispersion Spectroscopy*) dilakukan hanya pada paduan C dengan perlakuan panas quench temper 640°C. Pengamatan dengan EDS dilakukan untuk mengetahui karbida yang terbentuk.

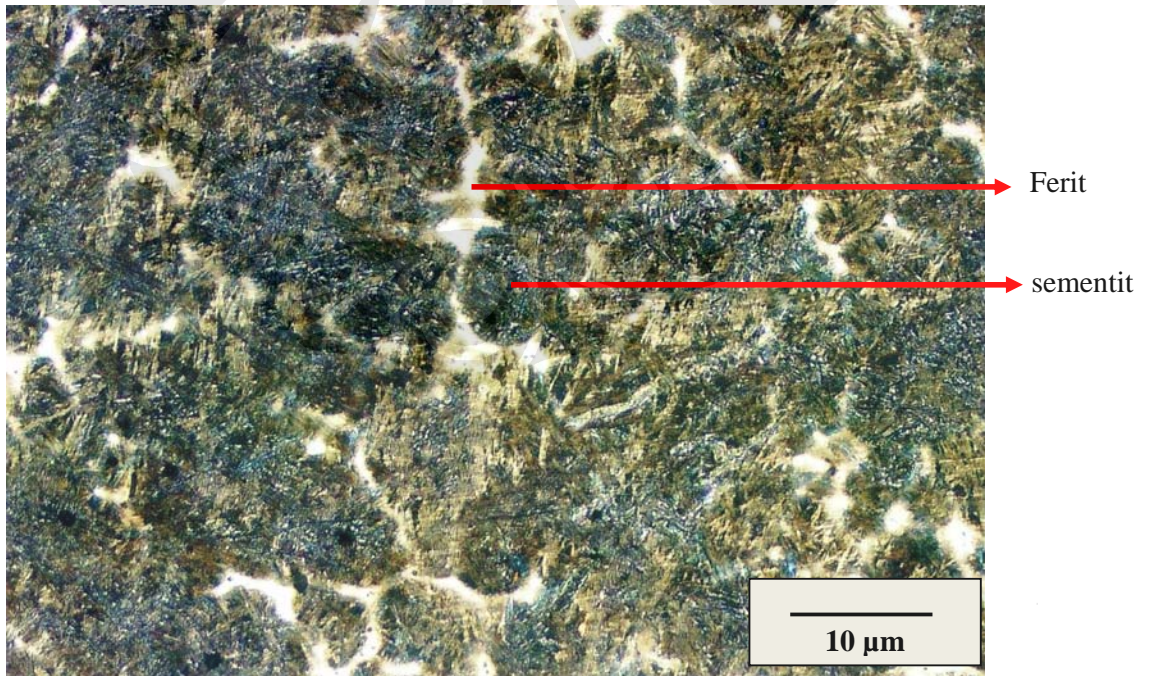
#### IV.3.1. Hasil Foto Struktur Mikro dengan Menggunakan Mikroskop Optik



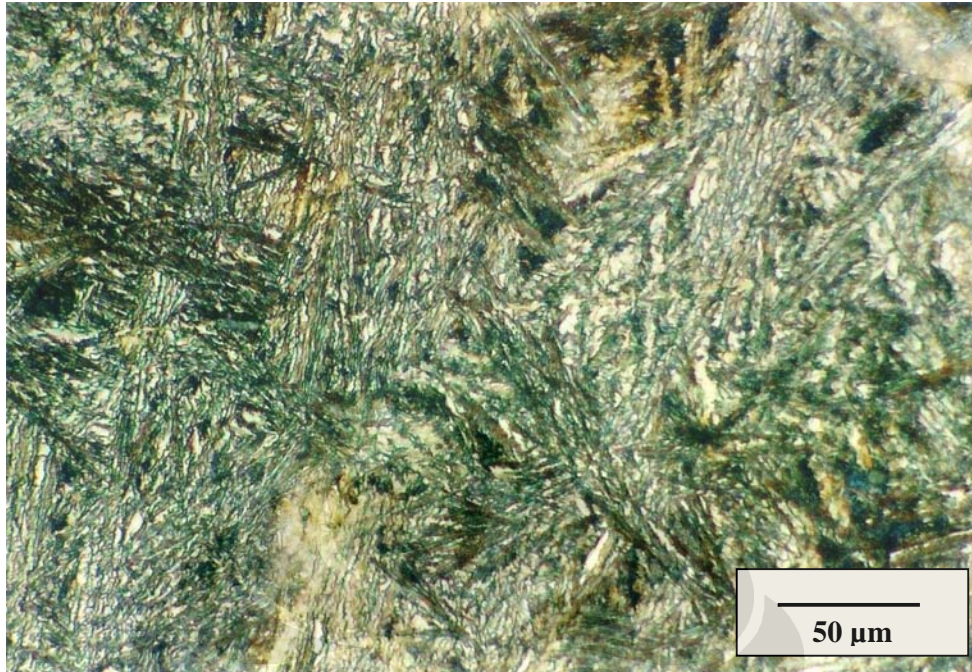
**Gambar 4.11.** Struktur Mikro Paduan A Sebelum Perlakuan (*As Cast*) Perbesaran 100X



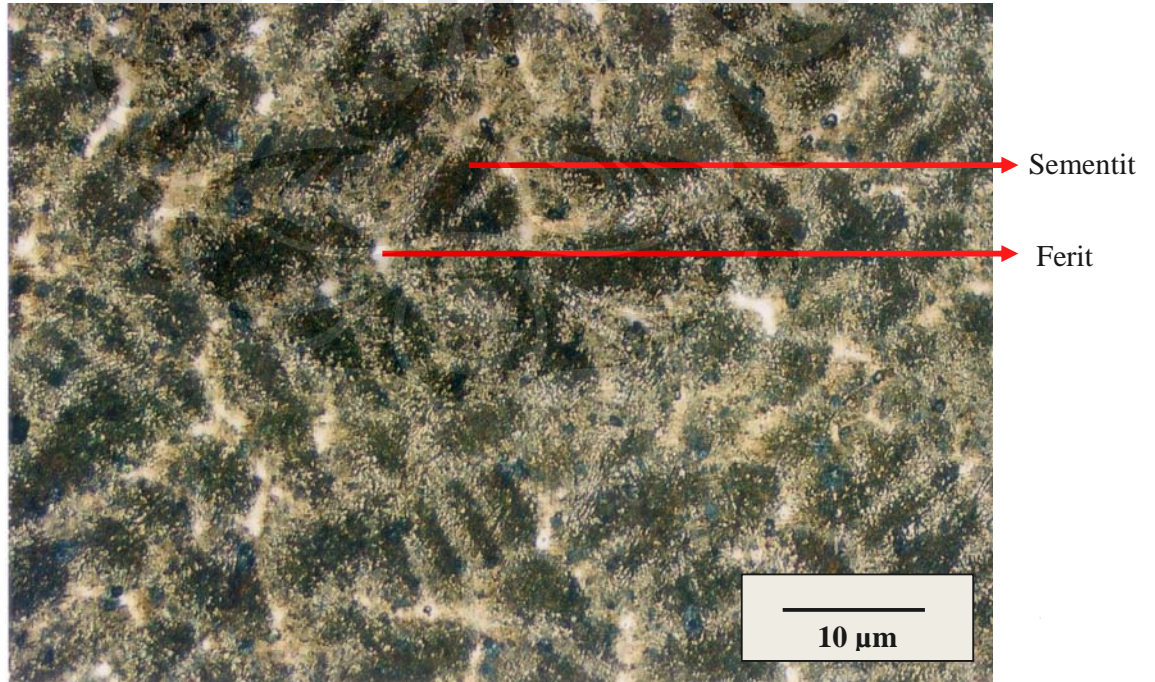
**Gambar 4.12.** Struktur Mikro Paduan A Sebelum Perlakuan (*As Cast*) Perbesaran 500X



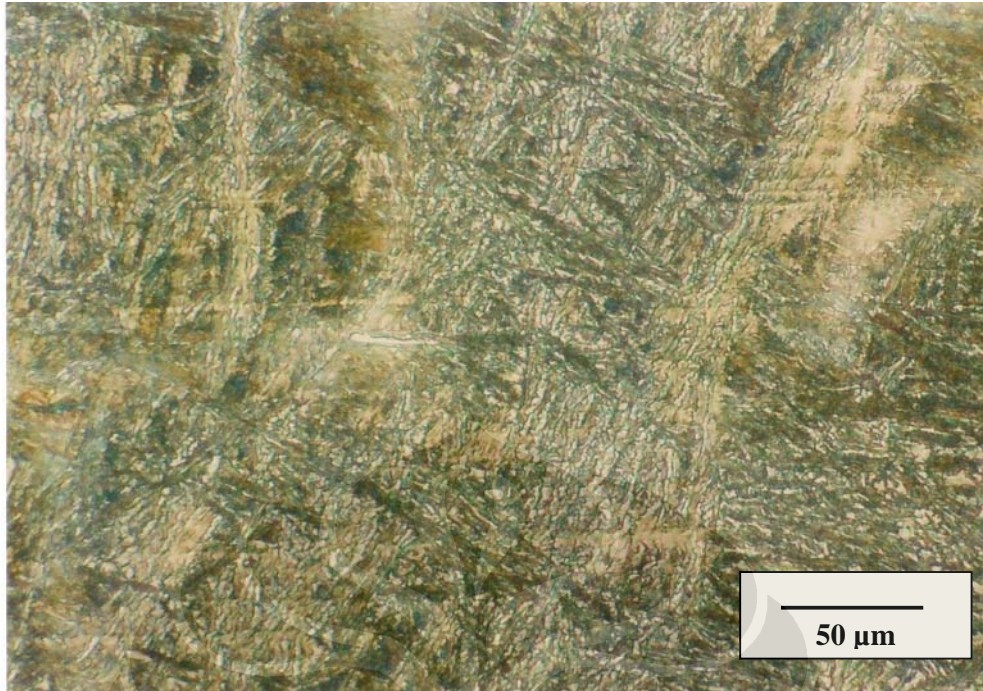
**Gambar 4.13.** Struktur Mikro Paduan B Sebelum Perlakuan (*As Cast*) Perbesaran 100X



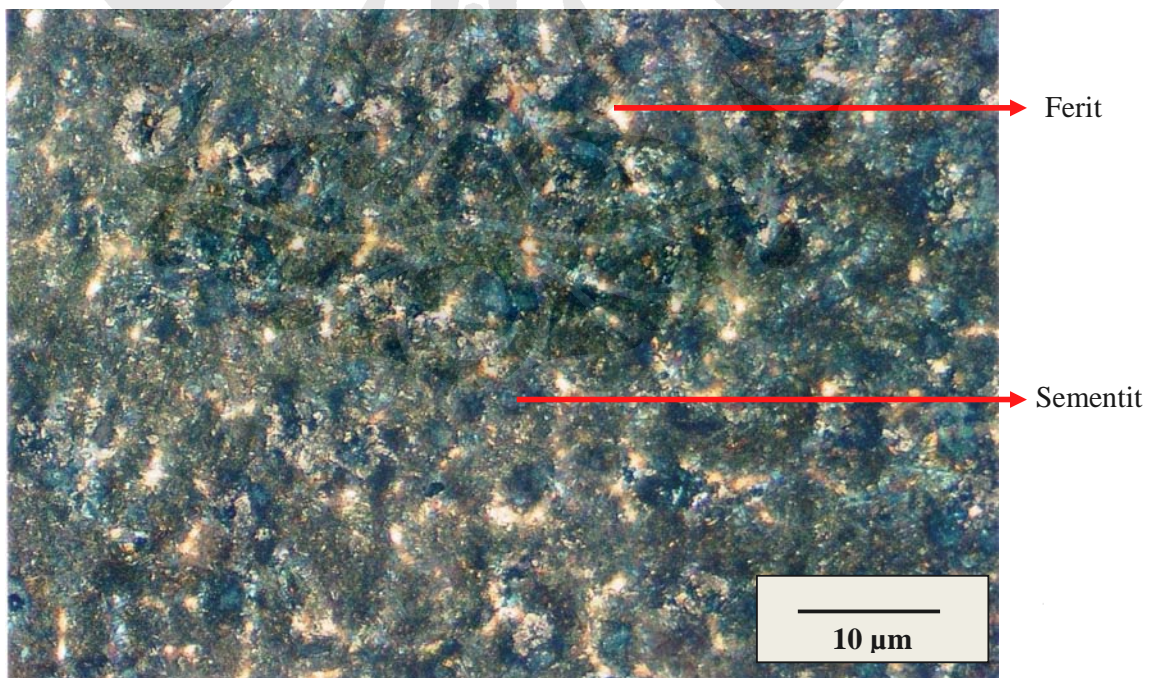
**Gambar 4.14.** Struktur Mikro Paduan B Sebelum Perlakuan (*As Cast*) Perbesaran 500X



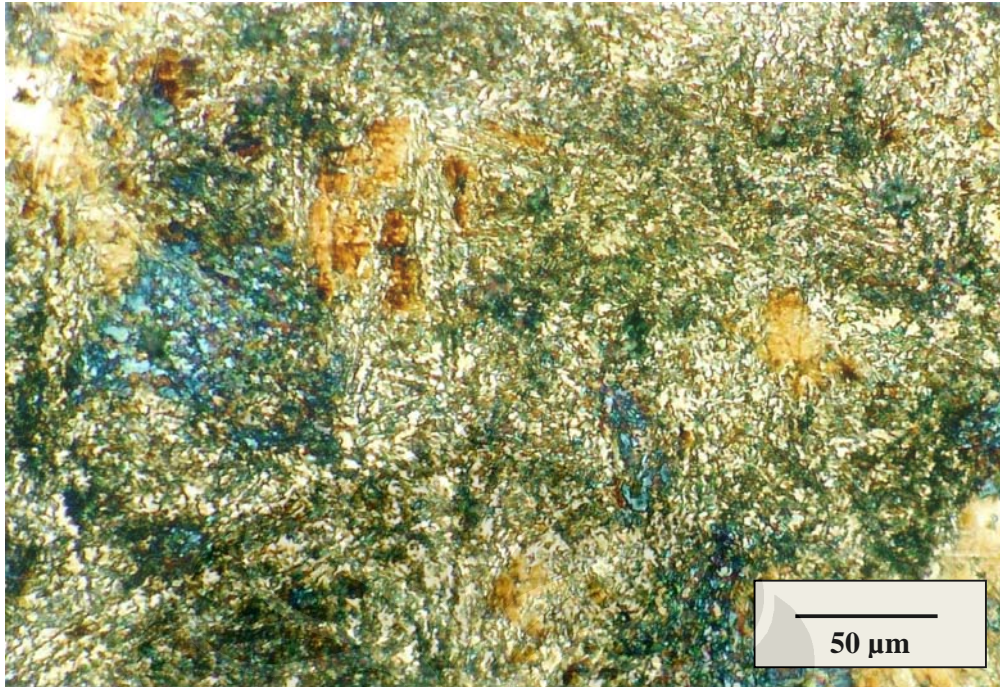
**Gambar 4.15.** Struktur Mikro Paduan C Sebelum Perlakuan (*As Cast*) Perbesaran 100X



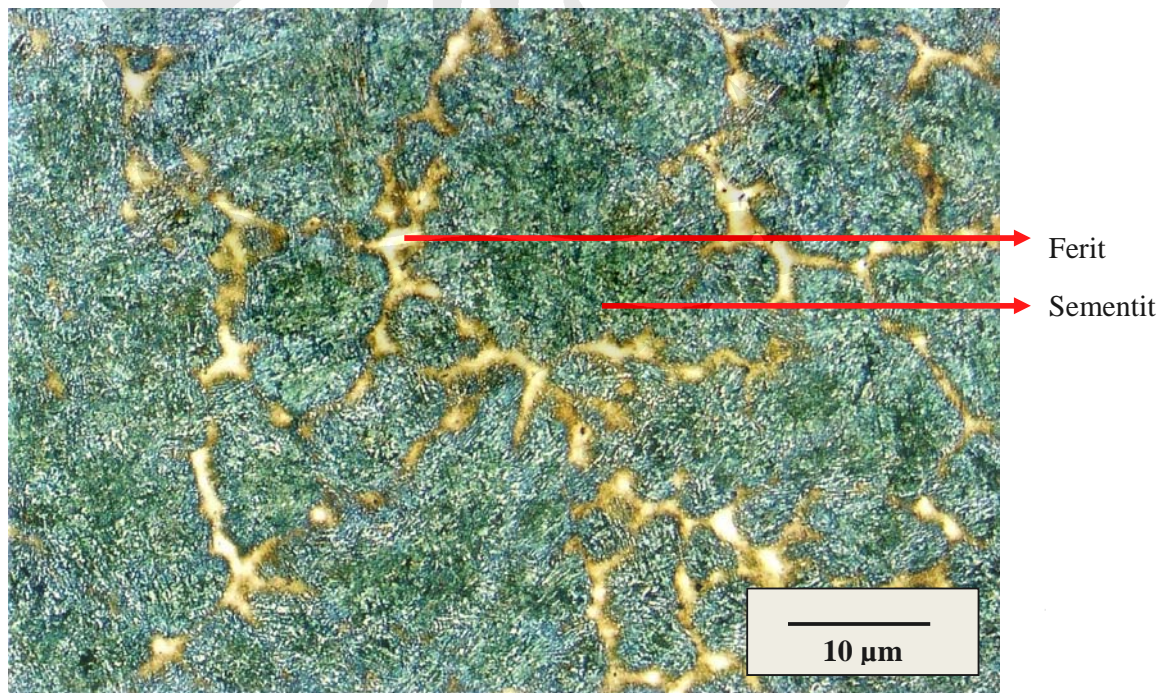
**Gambar 4.16.** Struktur Mikro Paduan C Sebelum Perlakuan (*As Cast*) Perbesaran 500X



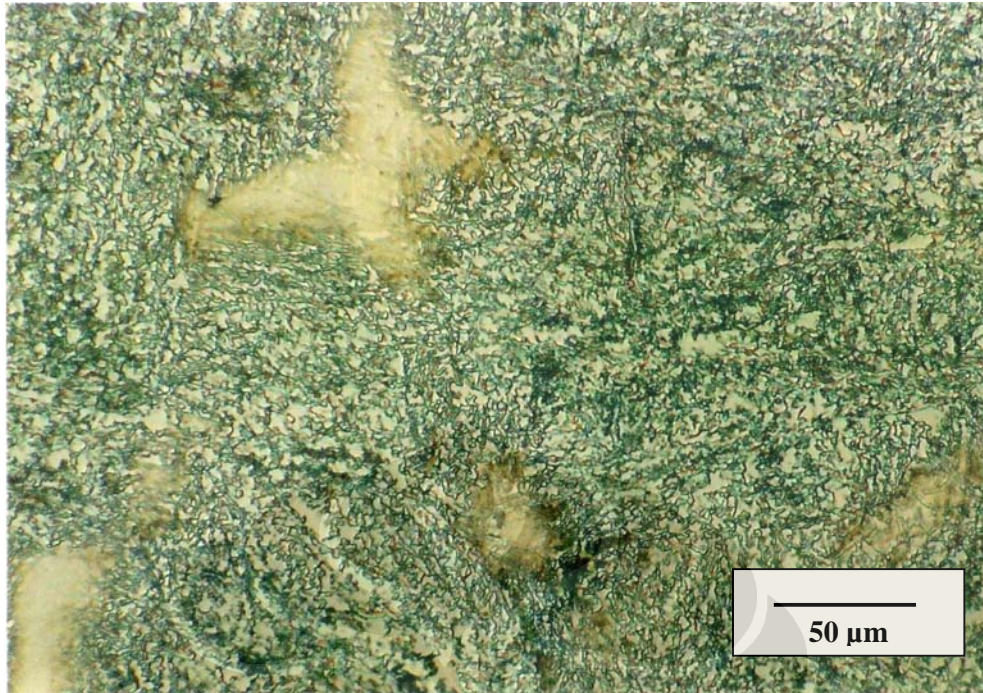
**Gambar 4.17.** Struktur Mikro Paduan D Sebelum Perlakuan (*As Cast*) Perbesaran 100X



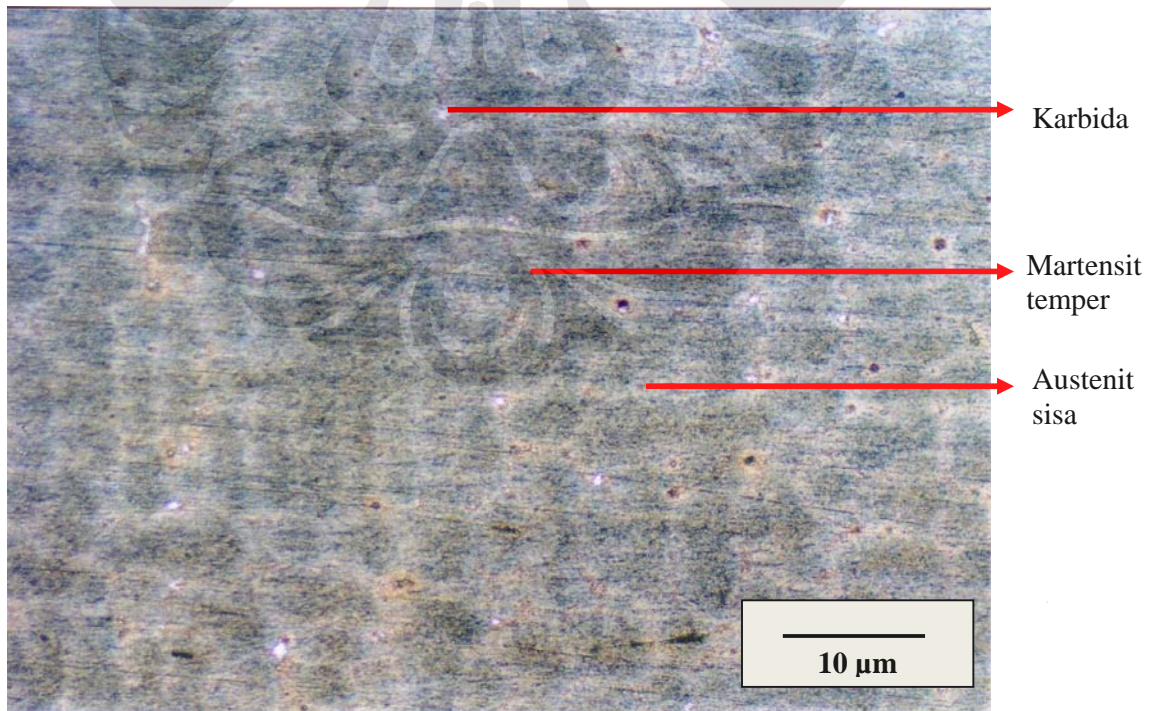
**Gambar 4.18.** Struktur Mikro Paduan D Sebelum Perlakuan (*As Cast*) Perbesaran 500X



**Gambar 4.19.** Struktur Mikro Paduan E Sebelum Perlakuan (*As Cast*) Perbesaran 100X

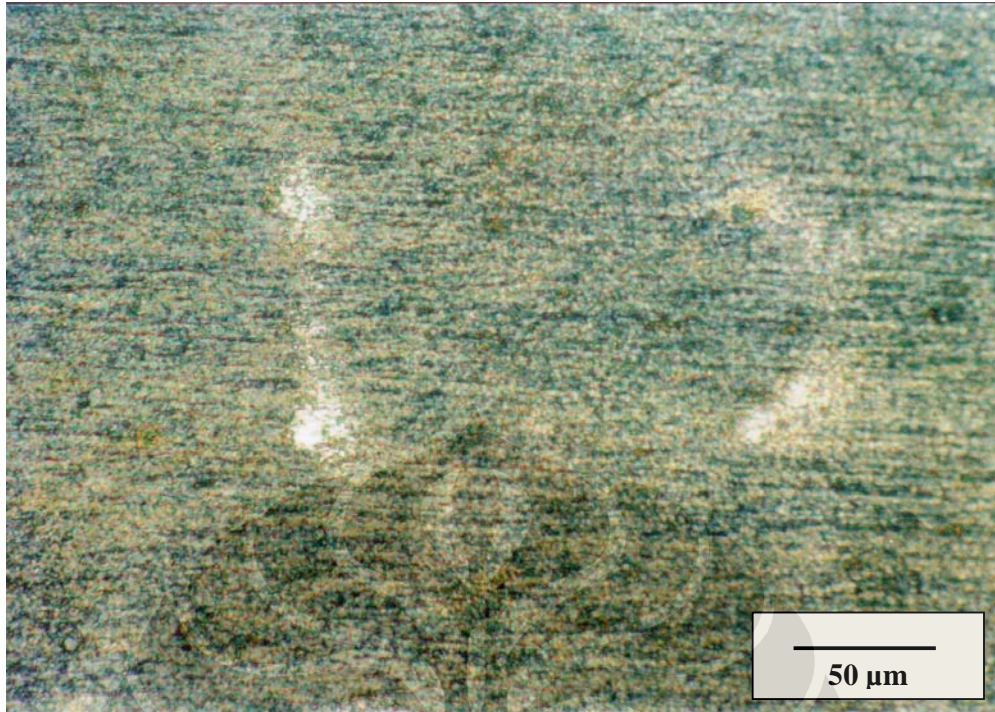


**Gambar 4.20.** Struktur Mikro Paduan E Sebelum Perlakuan (*As Cast*) Perbesaran 500X

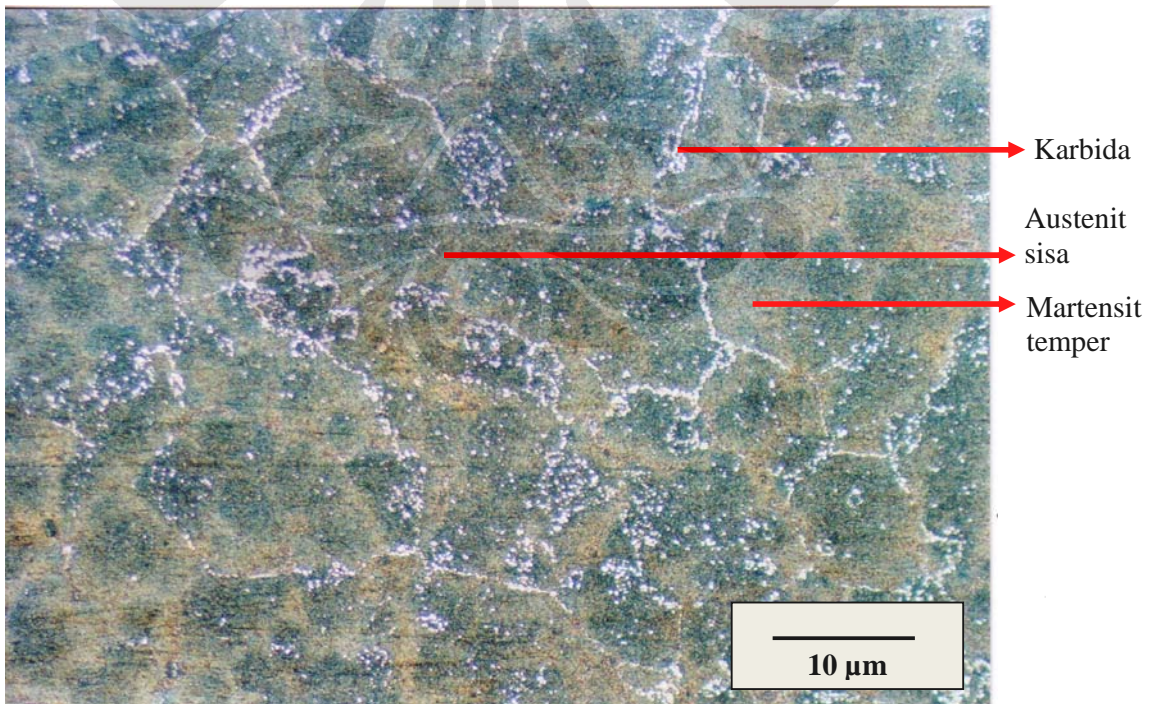


**Gambar 4.21.** Struktur mikro dari Paduan A dengan Tempering 600°C Perbesaran 100X

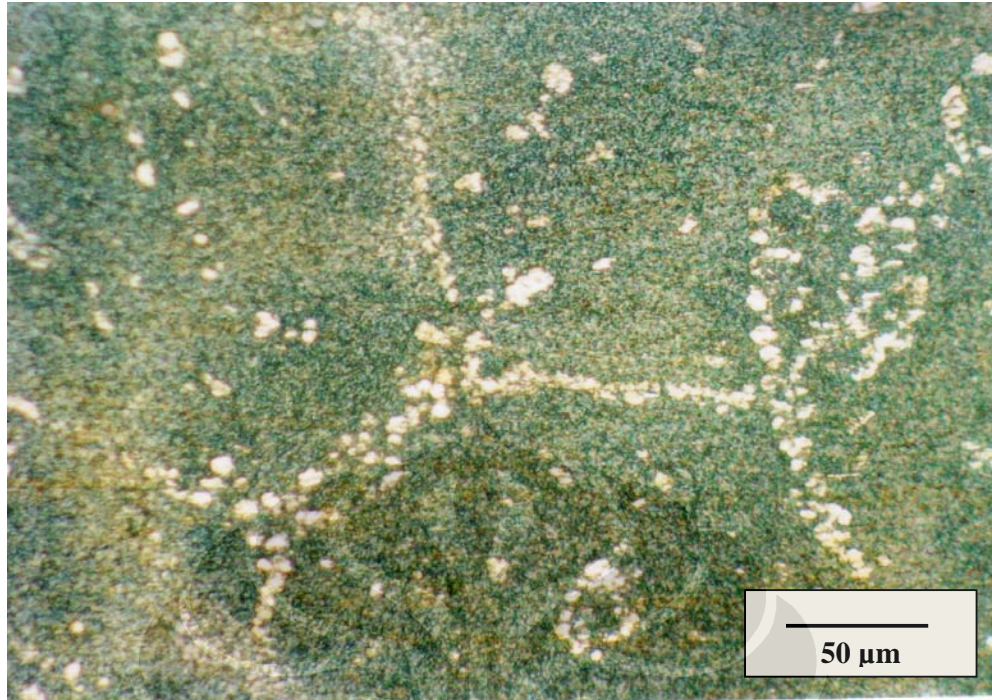




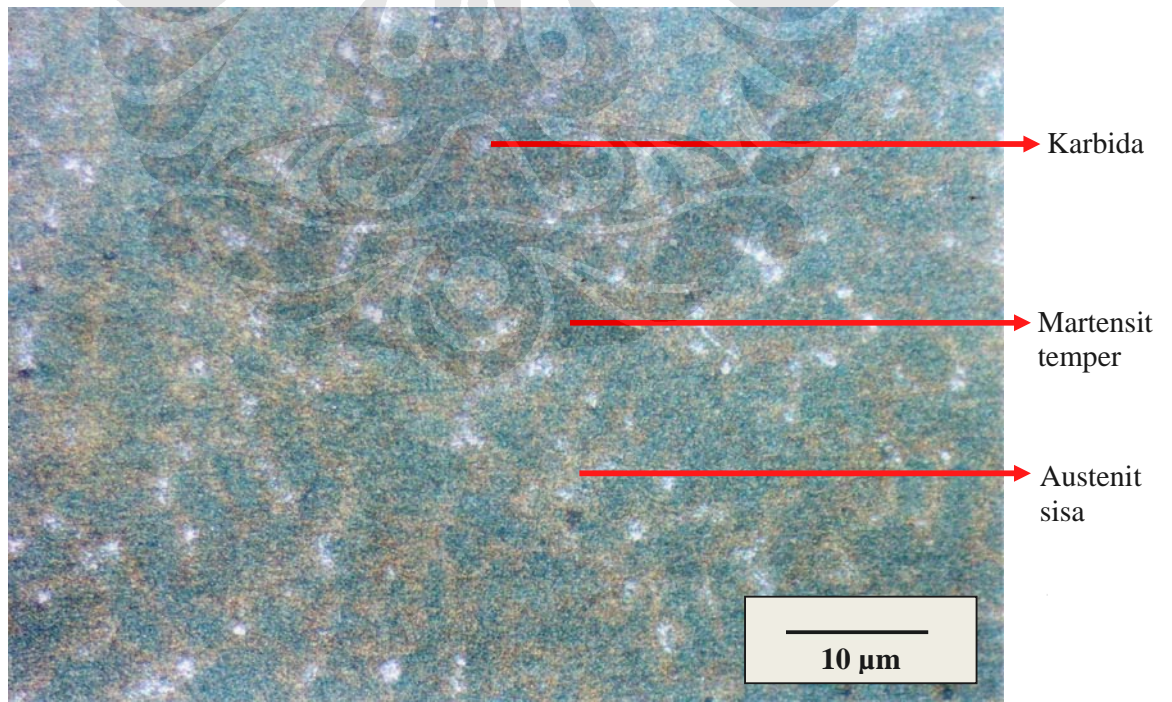
**Gambar 4.22.** Struktur mikro dari Paduan A dengan Tempering 600°C  
Perbesaran 500X



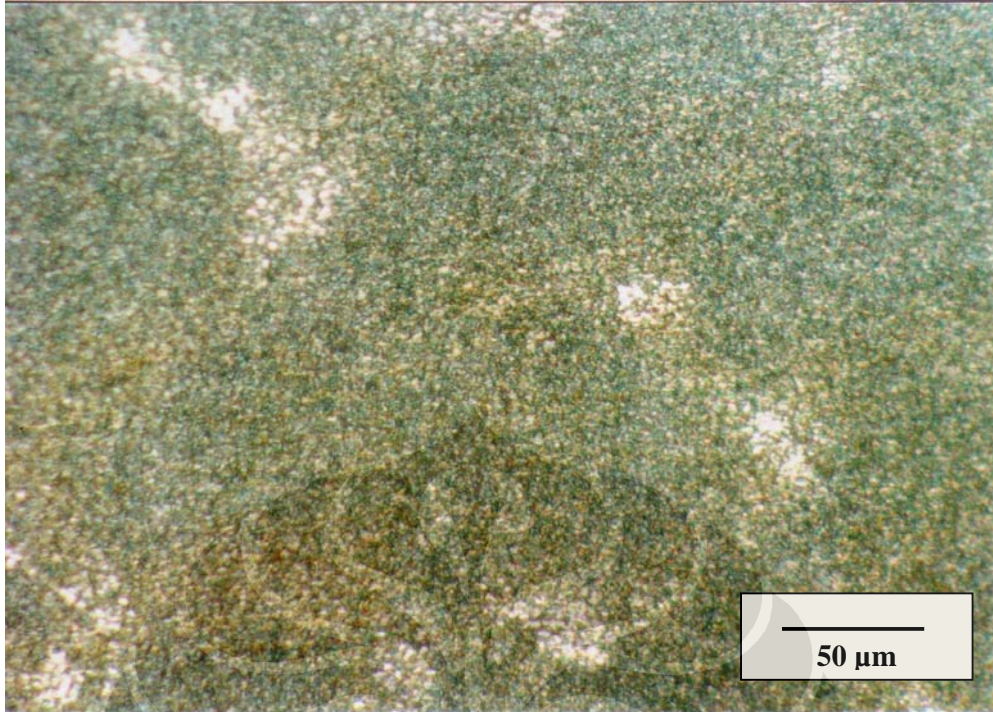
**Gambar 4.23.** Struktur mikro dari Paduan A dengan Tempering 640°C  
Perbesaran 100X



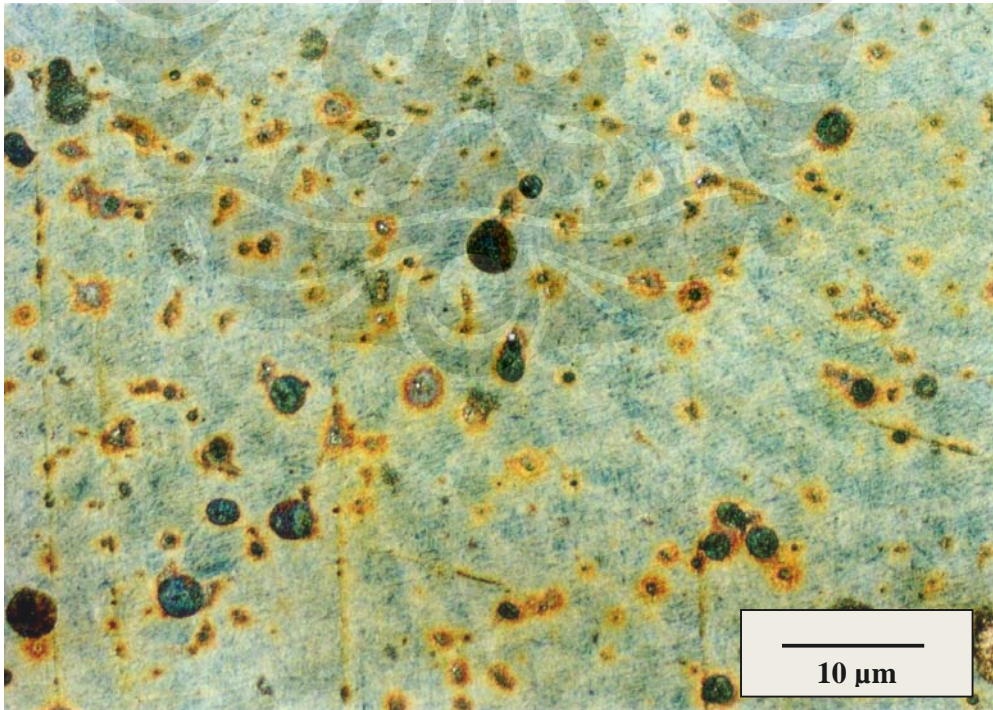
**Gambar 4.24.** Struktur mikro dari Paduan A dengan Tempering 640°C  
Perbesaran 500X



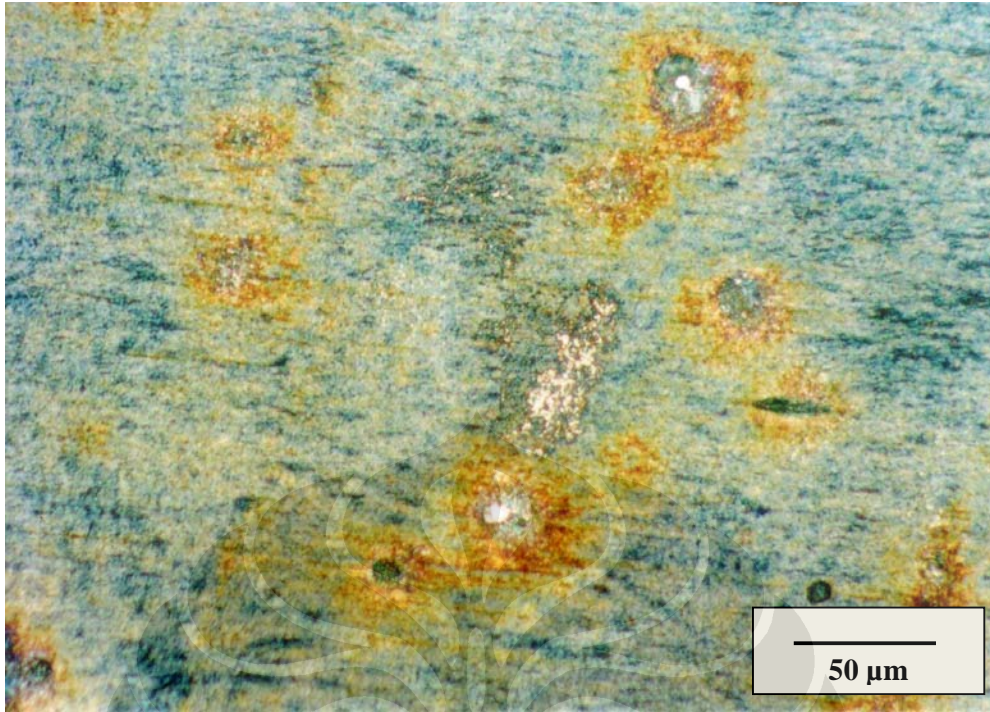
**Gambar 4.25.** Struktur mikro dari Paduan A dengan Tempering 690°C  
Perbesaran 100X



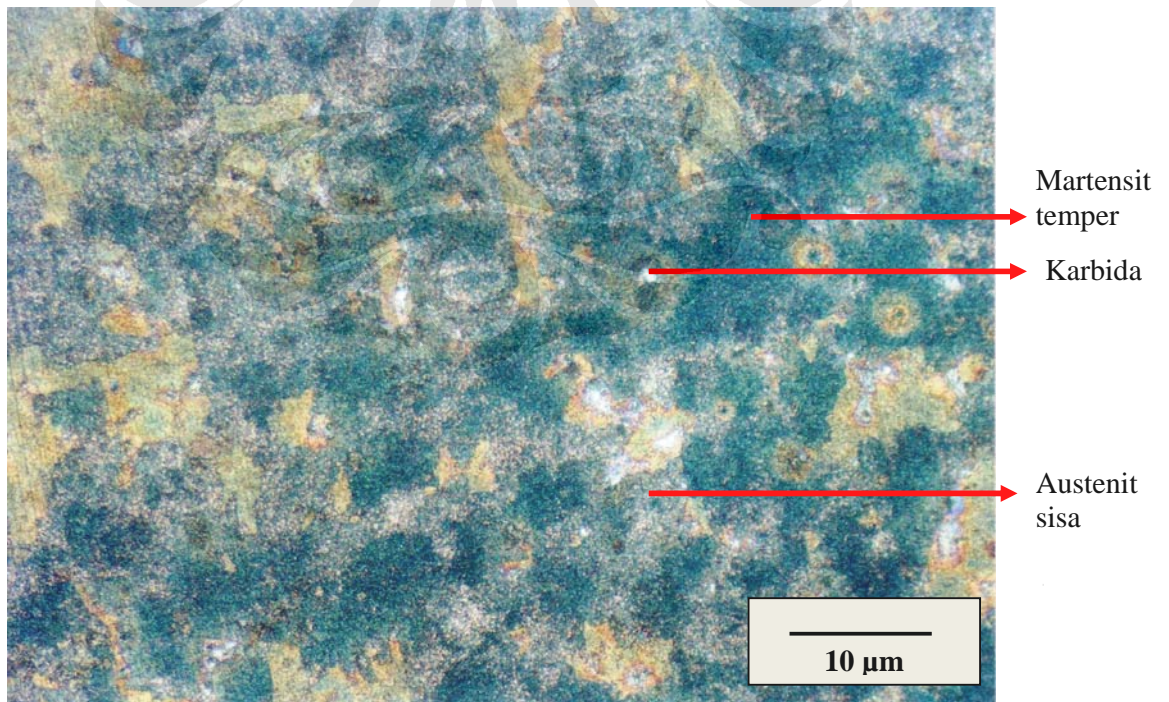
**Gambar 4.26.** Struktur mikro dari Paduan A dengan Tempering 690°C  
Perbesaran 500X



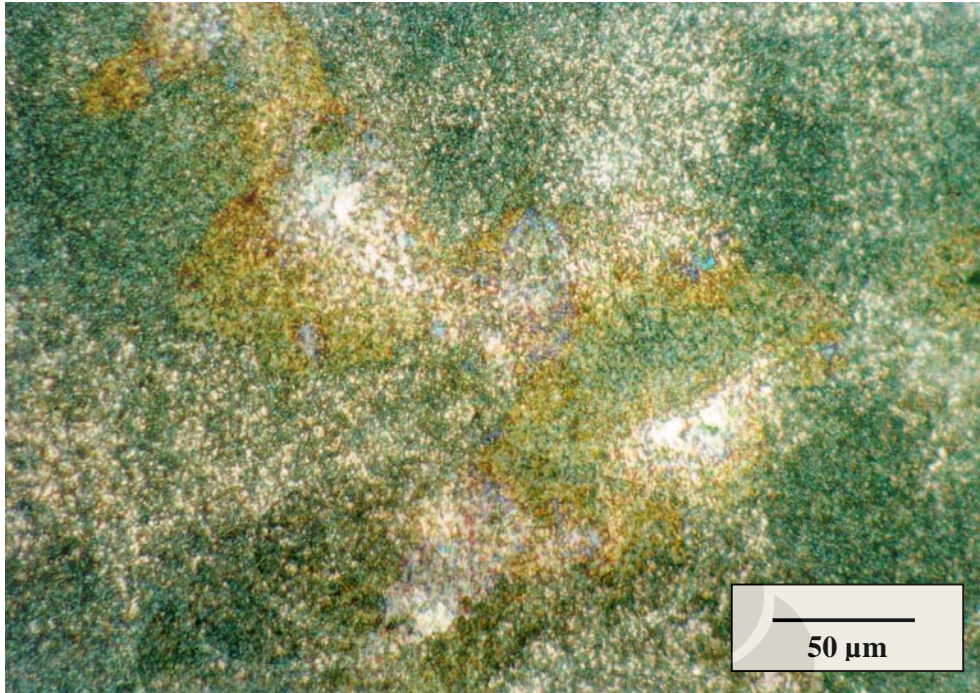
**Gambar 4.27.** Struktur mikro dari Paduan B dengan Tempering 600°C  
Perbesaran 100X



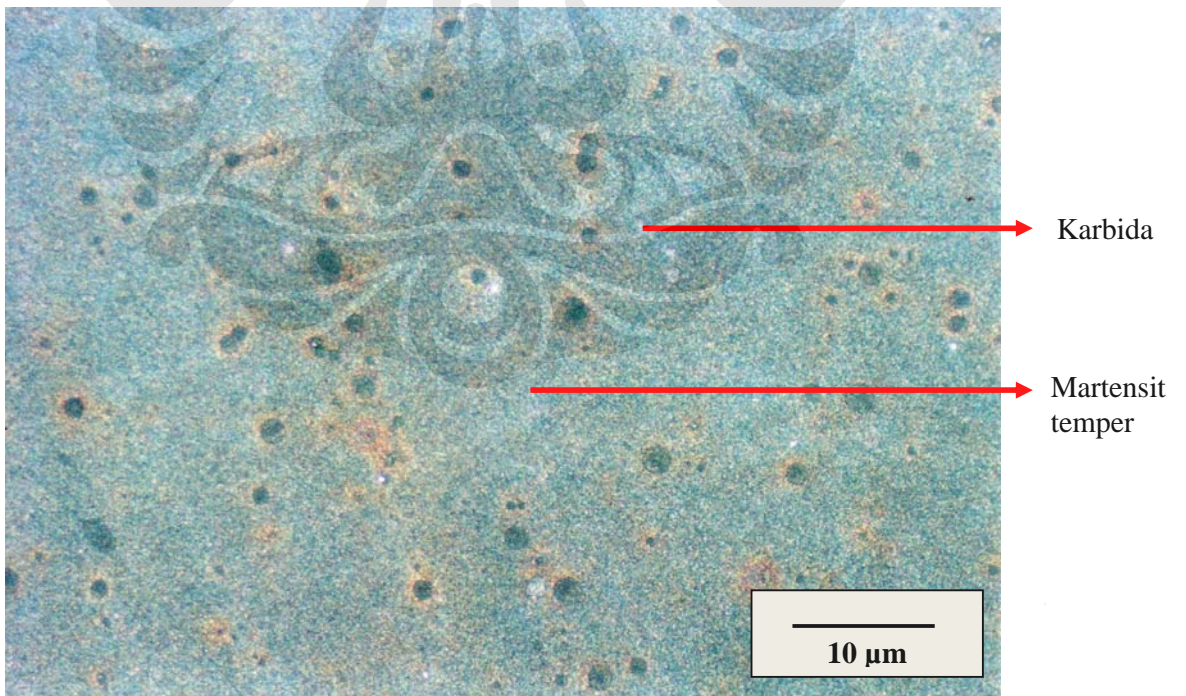
**Gambar 4.28.** Struktur mikro dari Paduan B dengan Tempering 600°C  
Perbesaran 500X



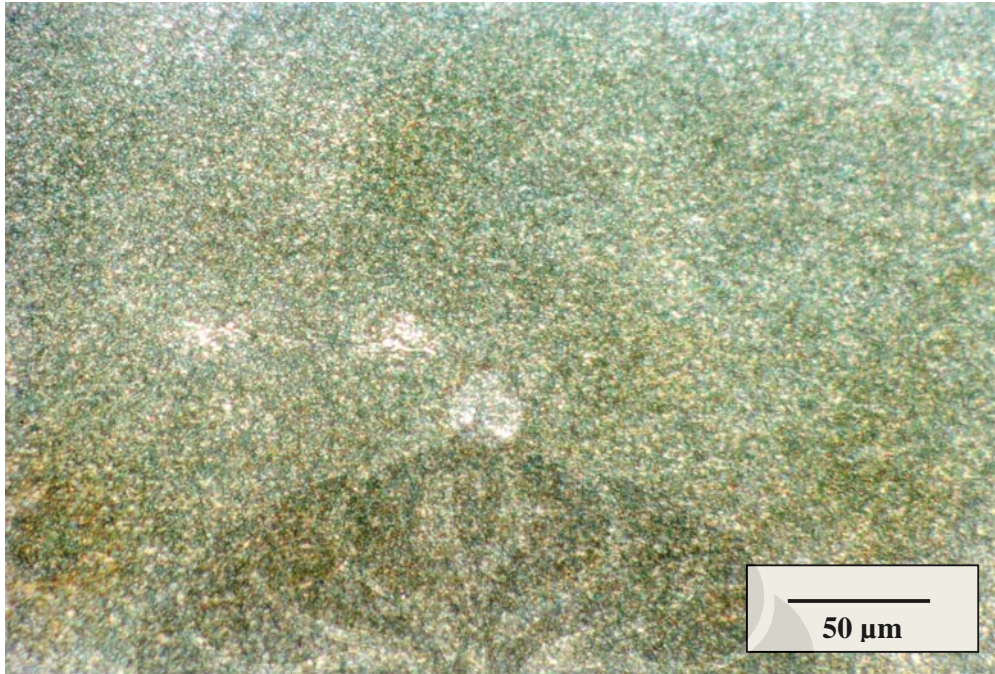
**Gambar 4.29.** Struktur mikro dari Paduan B dengan Tempering 640°C  
Perbesaran 100X



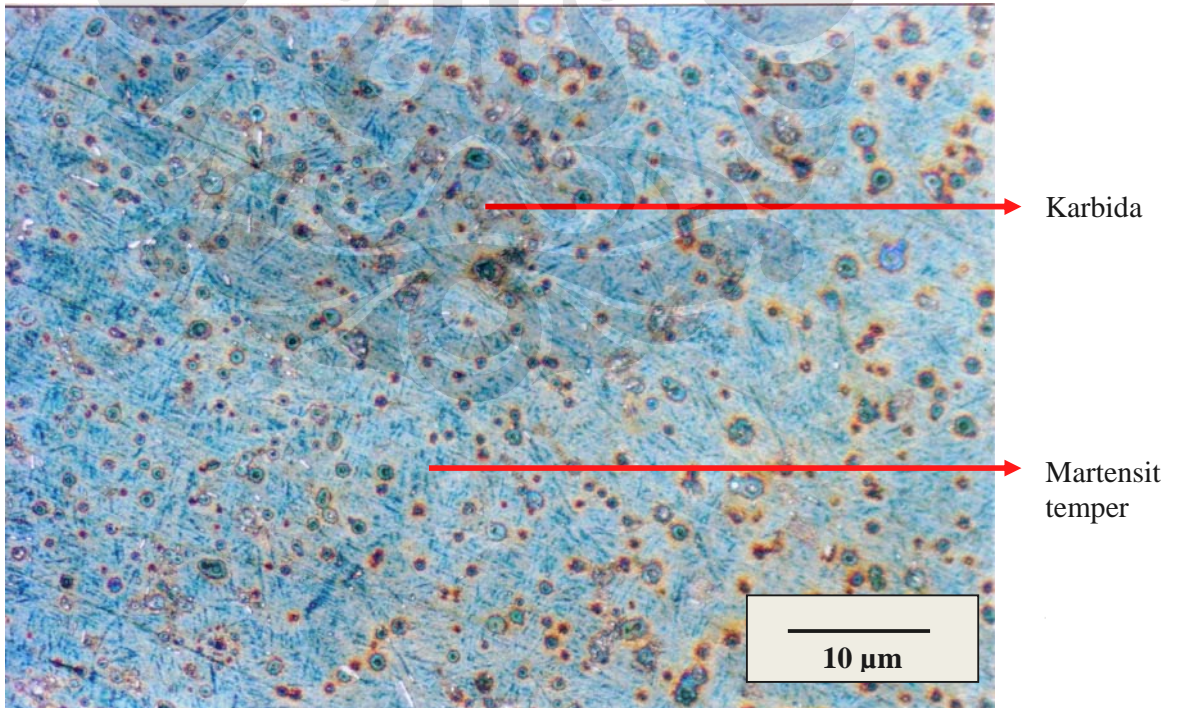
**Gambar 4.30.** Struktur mikro dari Paduan B dengan Tempering 640°C  
Perbesaran 500X



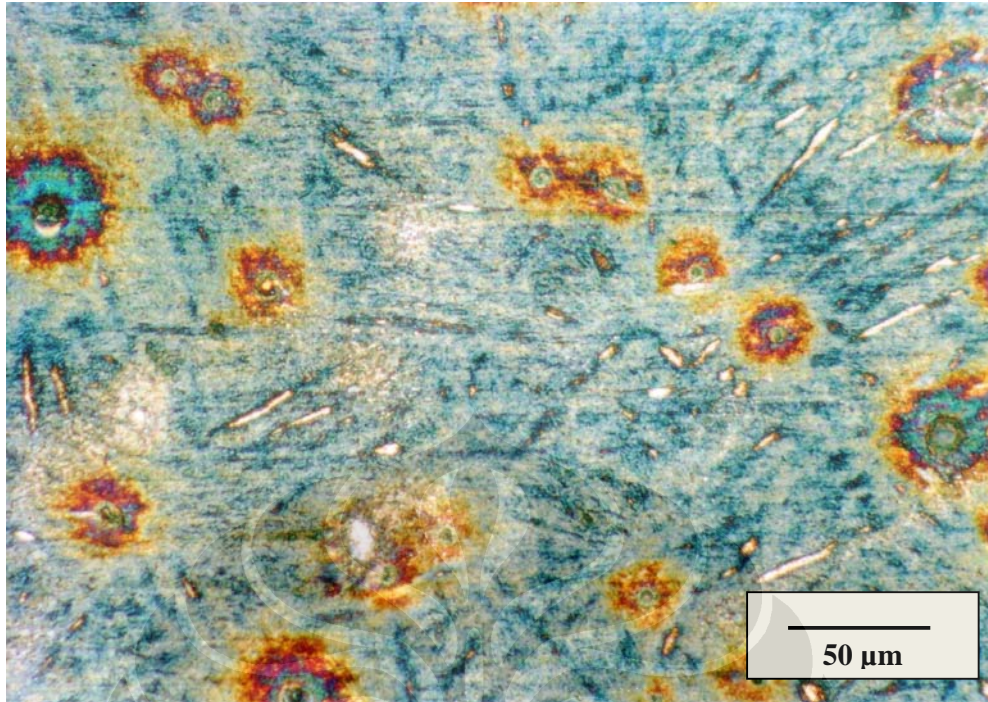
**Gambar 4.31.** Struktur mikro dari Paduan B dengan Tempering 690°C  
Perbesaran 100X



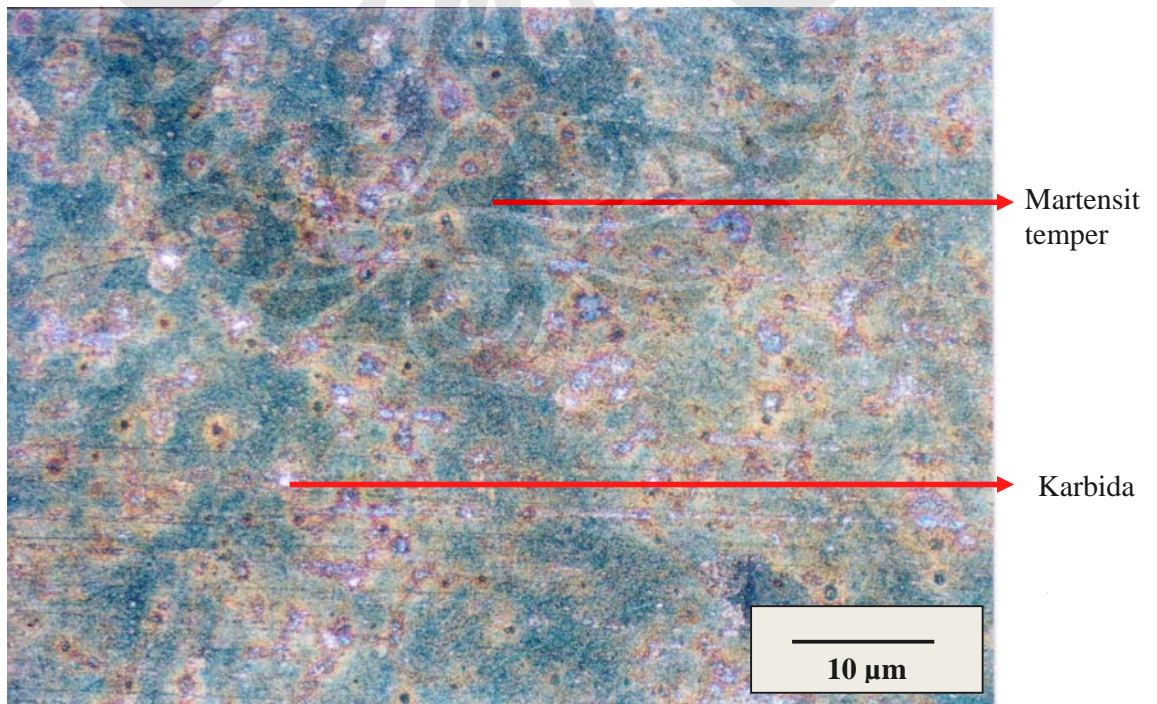
**Gambar 4.32.** Struktur mikro dari Paduan B dengan Tempering 690°C  
Perbesaran 500X



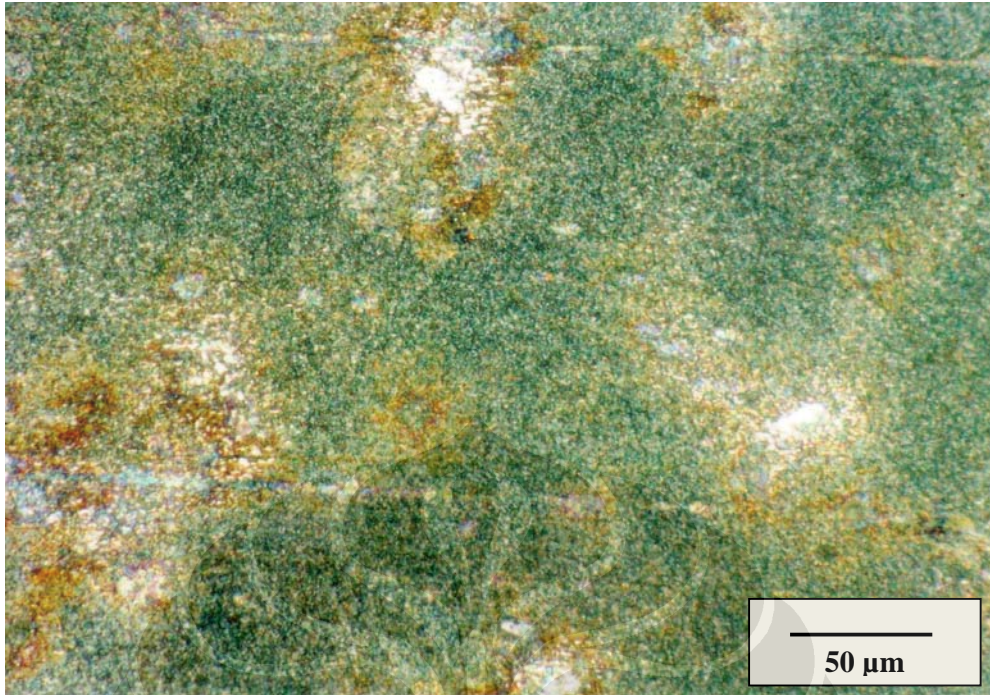
**Gambar 4.33.** Struktur mikro dari Paduan C dengan Tempering 600°C  
Perbesaran 100X



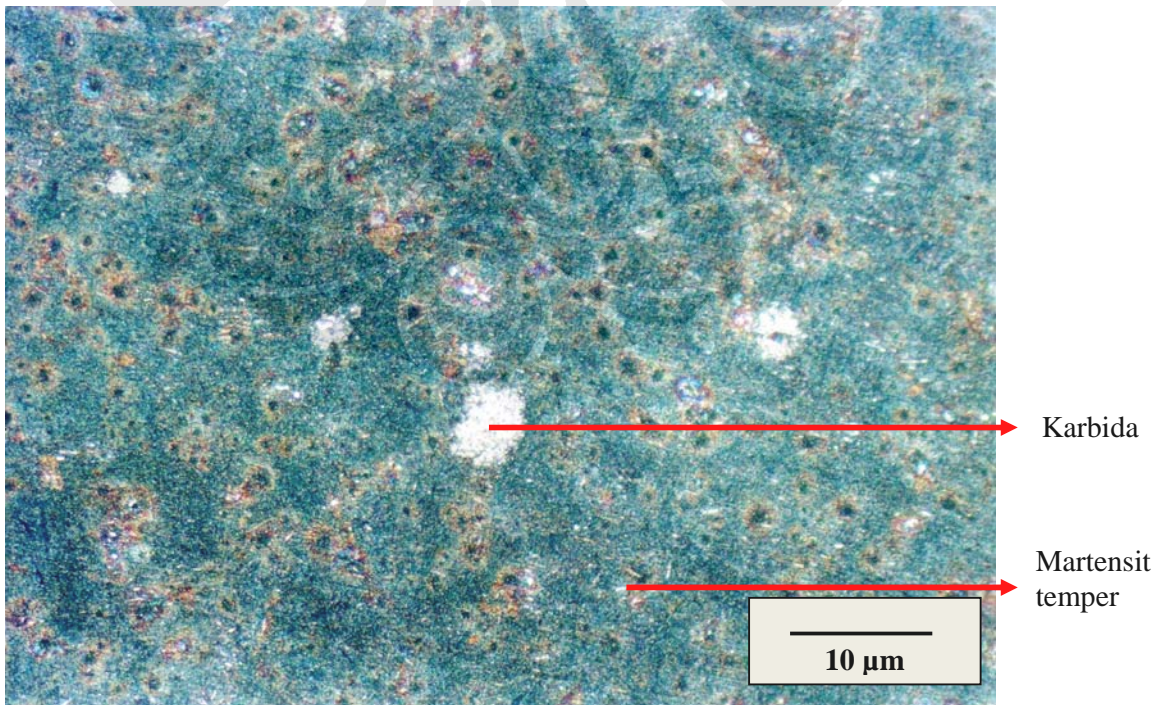
**Gambar 4.34.** Struktur mikro dari Paduan C dengan Tempering 600°C  
Perbesaran 500X



**Gambar 4.35.** Struktur mikro dari Paduan C dengan Tempering 640°C  
Perbesaran 100X

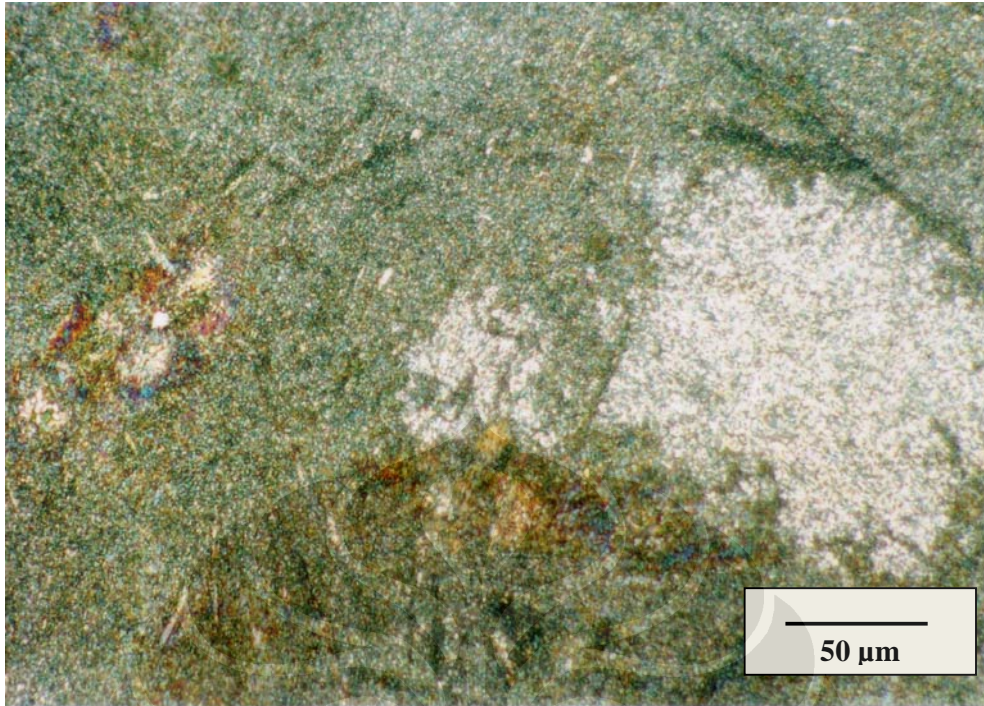


**Gambar 4.36.** Struktur mikro dari Paduan C dengan Tempering 640°C  
Perbesaran 500X

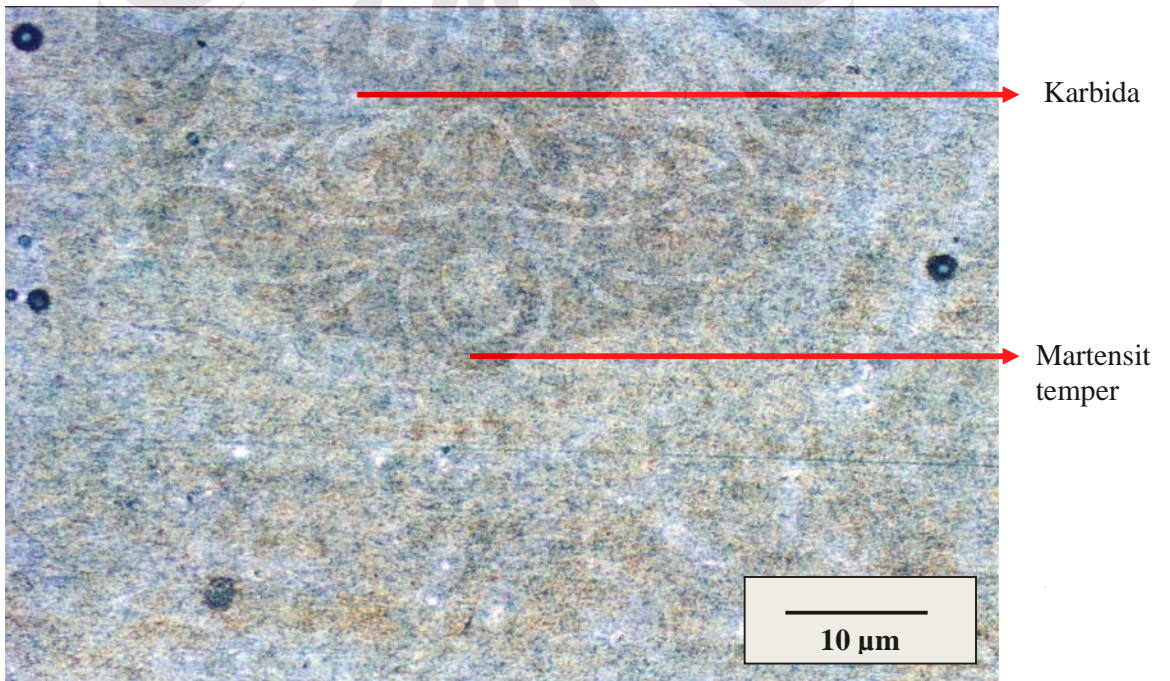


**Gambar 4.37.** Struktur mikro dari Paduan C dengan Tempering 690°C  
Perbesaran 100X

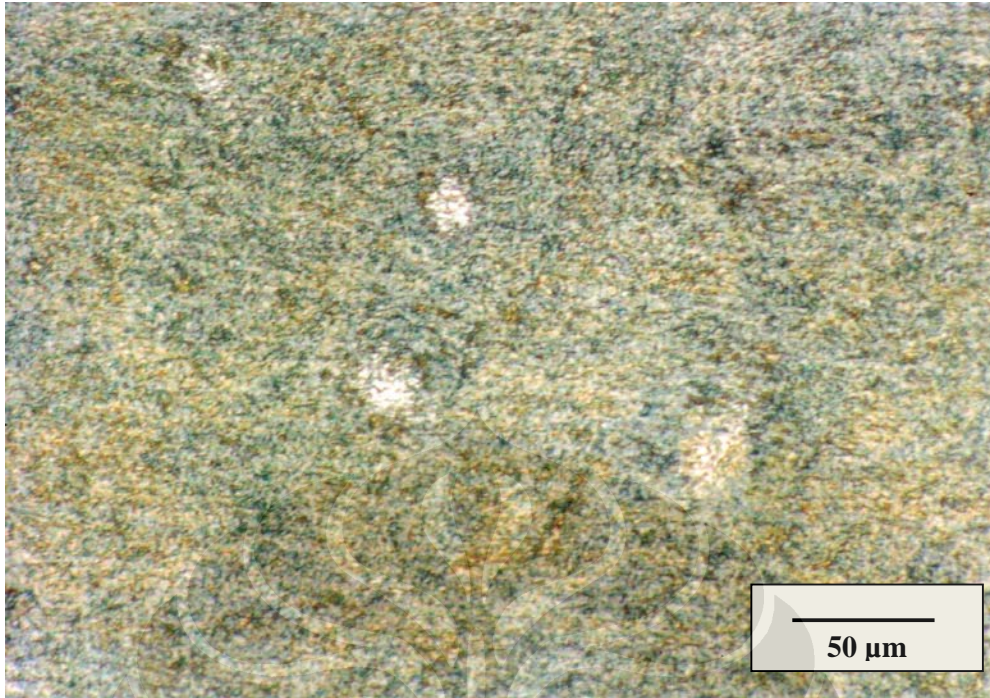




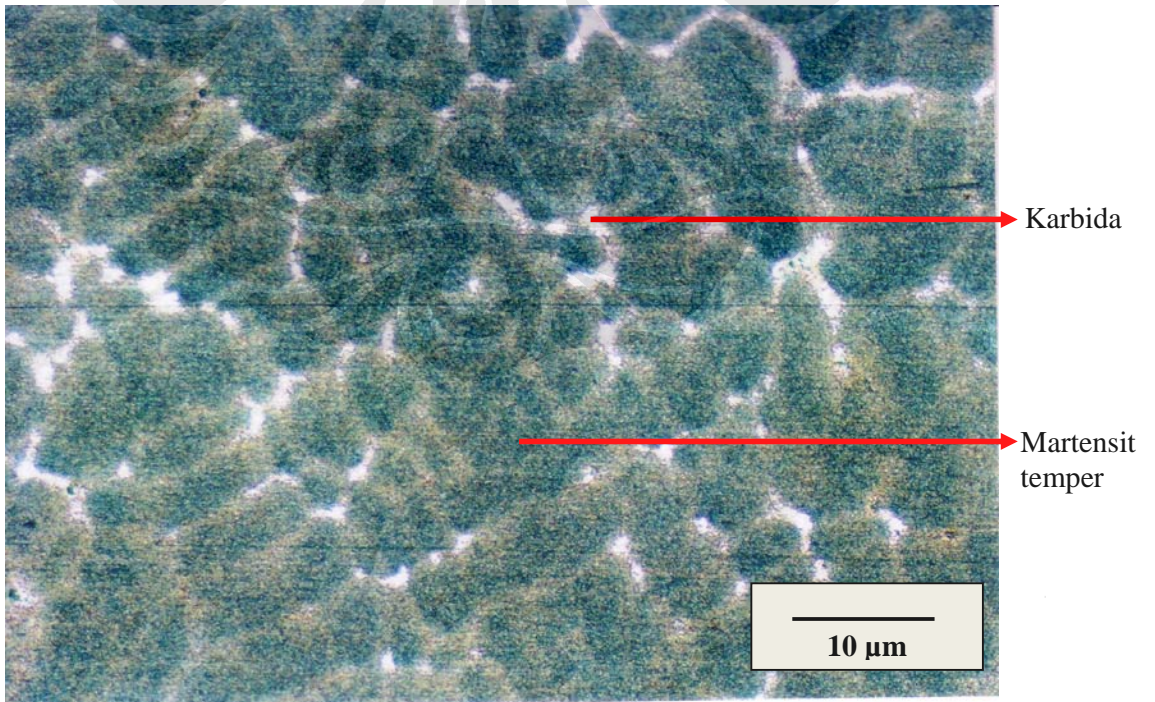
**Gambar 4.38.** Struktur mikro dari Paduan C dengan Tempering 690°C  
Perbesaran 500X



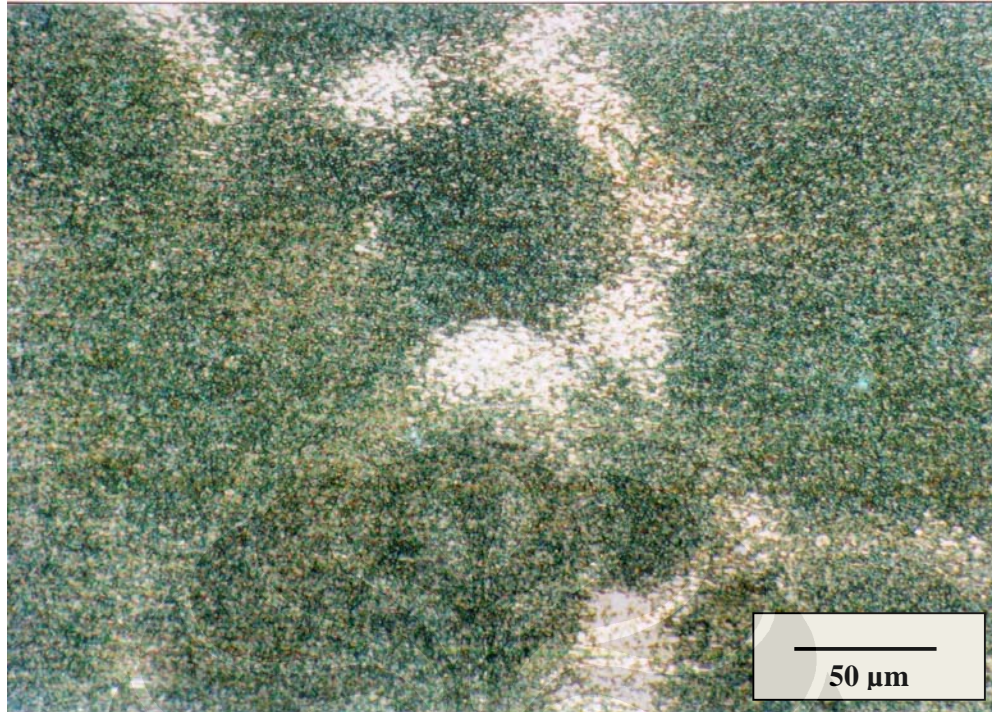
**Gambar 4.39.** Struktur mikro dari Paduan D dengan Tempering 600°C  
Perbesaran 100X



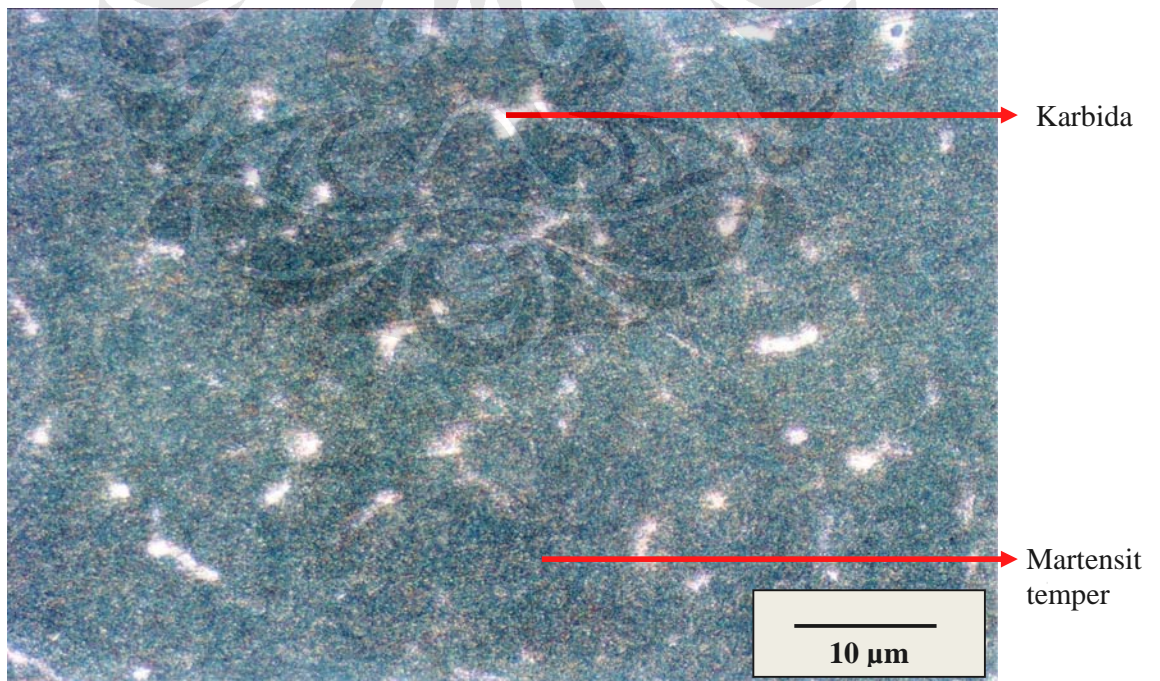
**Gambar 4.40.** Struktur mikro dari Paduan D dengan Tempering 600°C  
Perbesaran 500X



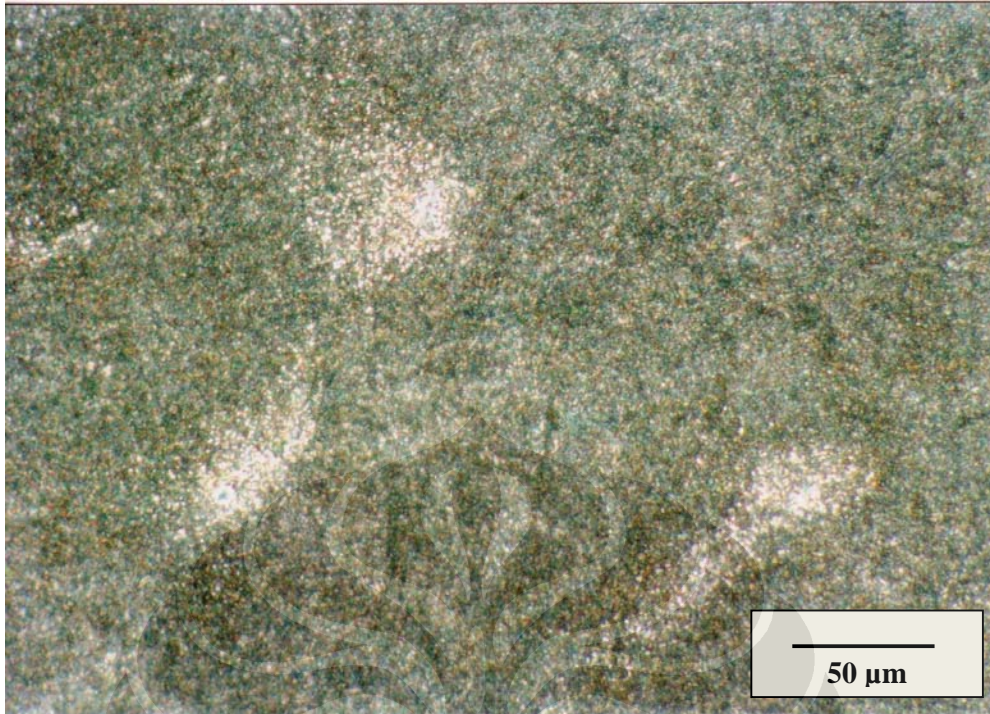
**Gambar 4.41.** Struktur mikro dari Paduan D dengan Tempering 640°C  
Perbesaran 100X



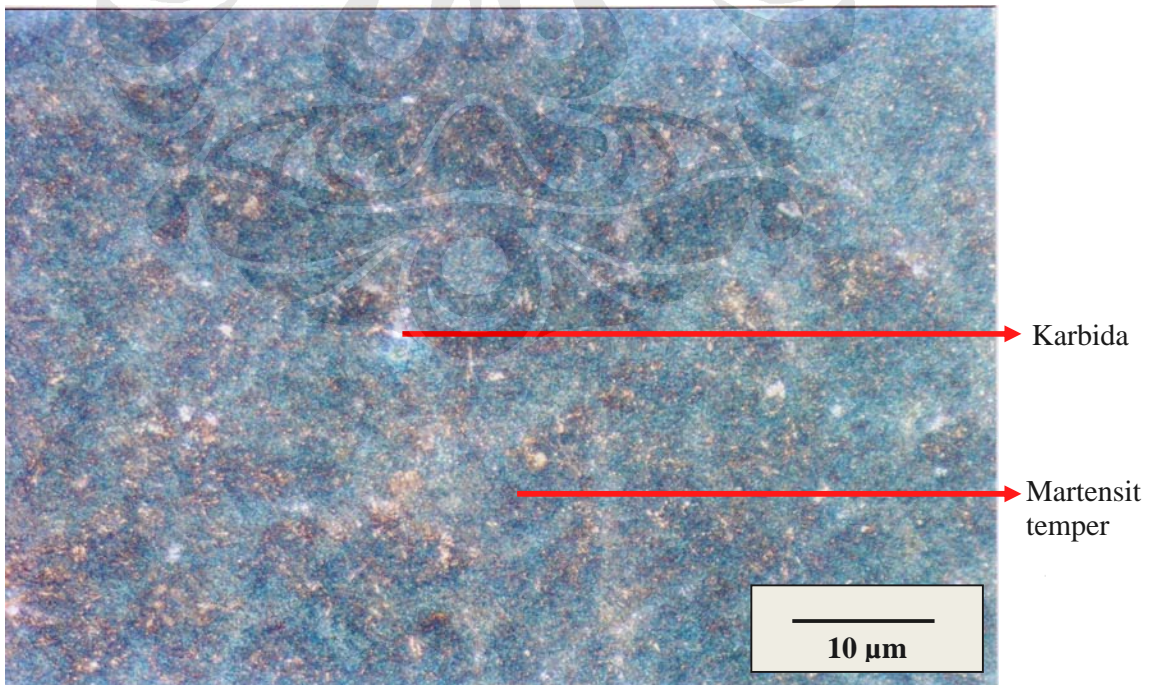
**Gambar 4.42.** Struktur mikro dari Paduan D dengan Tempering 640°C  
Perbesaran 500X



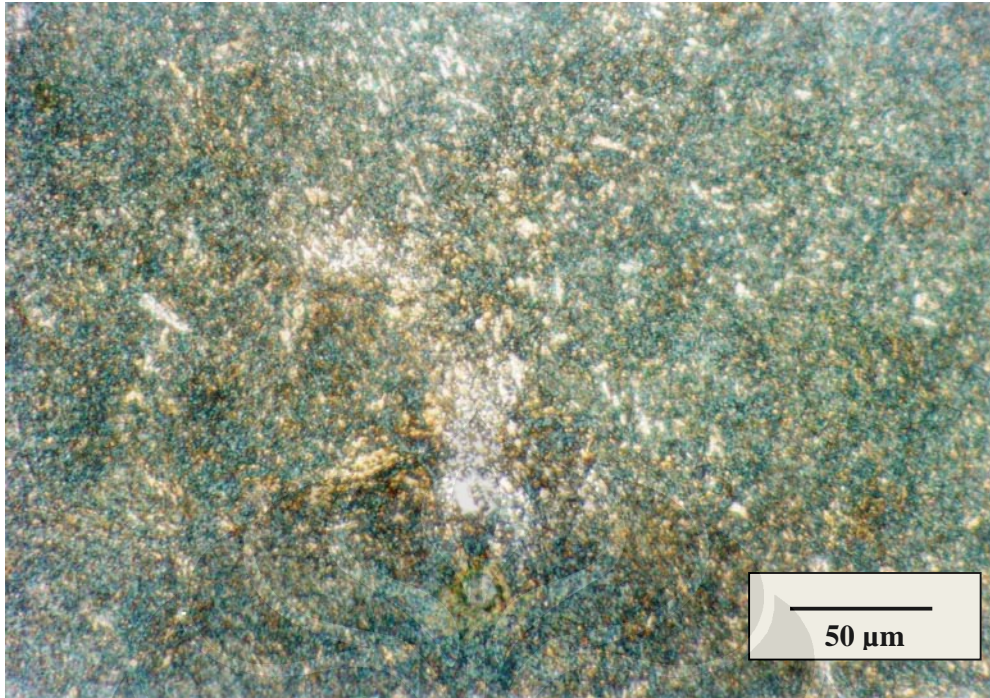
**Gambar 4.43.** Struktur mikro dari Paduan D dengan Tempering 690°C  
Perbesaran 100X



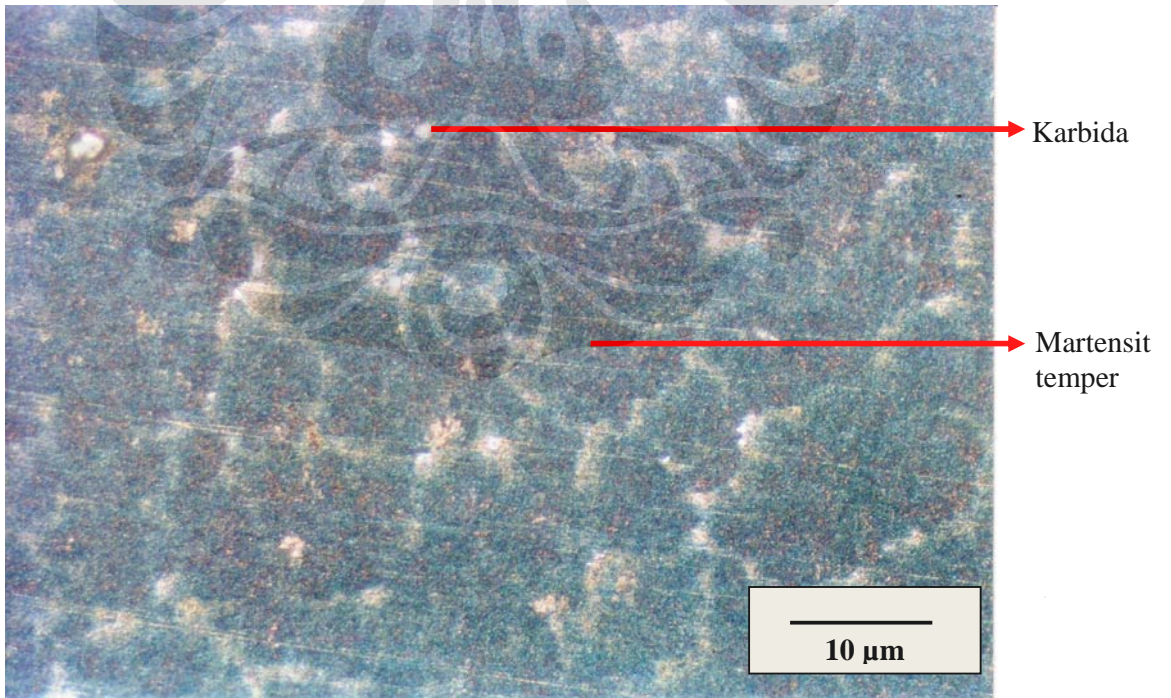
**Gambar 4.44.** Struktur mikro dari Paduan D dengan Tempering 690°C  
Perbesaran 500X



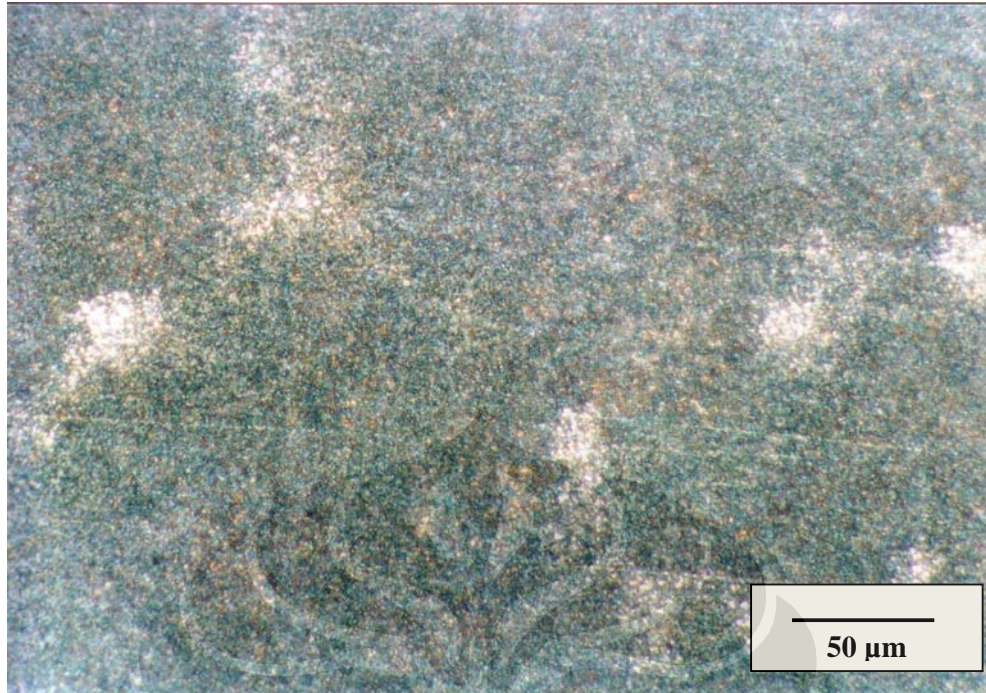
**Gambar 4.45.** Struktur mikro dari Paduan E dengan Tempering 600°C  
Perbesaran 100X



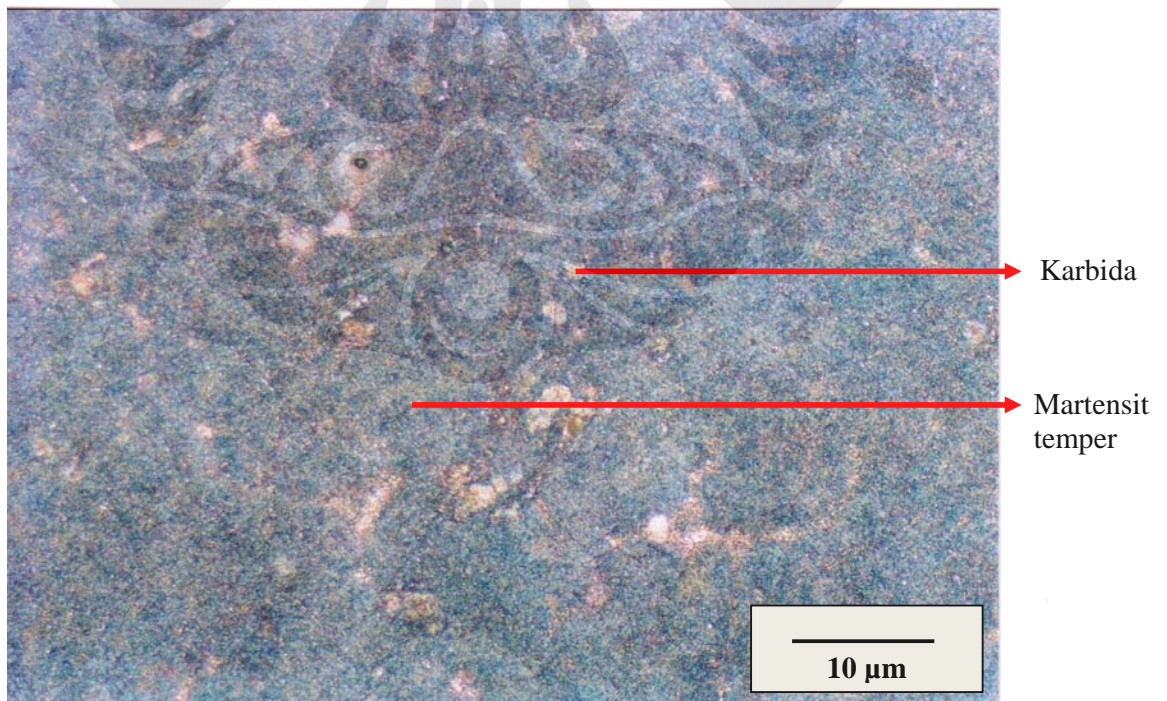
**Gambar 4.46.** Struktur mikro dari Paduan E dengan Tempering 600°C  
Perbesaran 500X



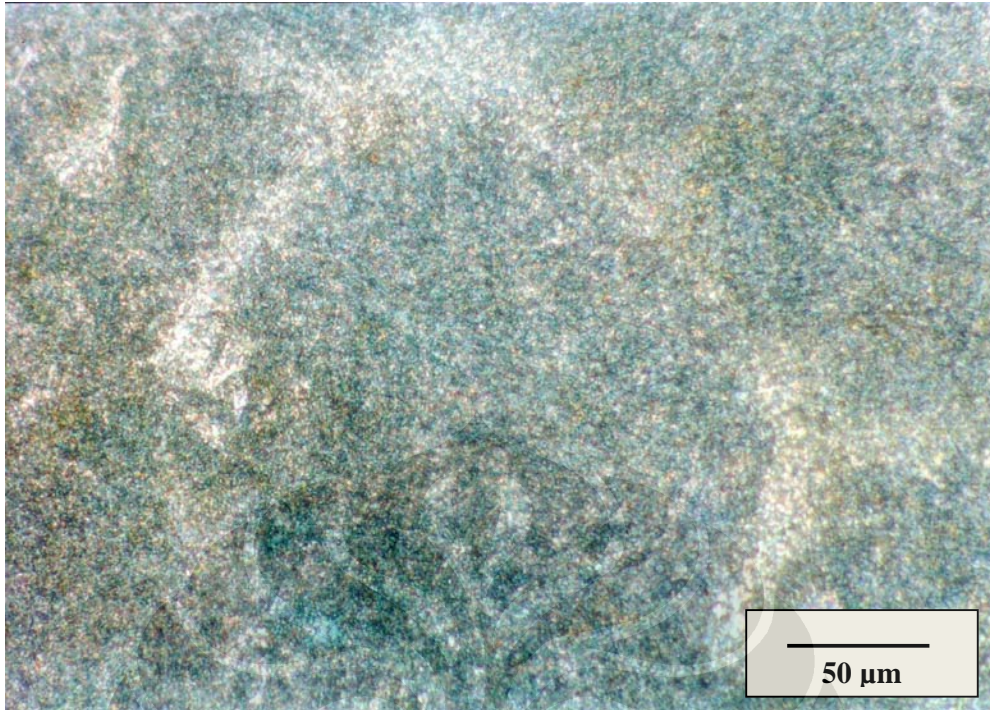
**Gambar 4.47.** Struktur mikro dari Paduan E dengan Tempering 640°C  
Perbesaran 100X



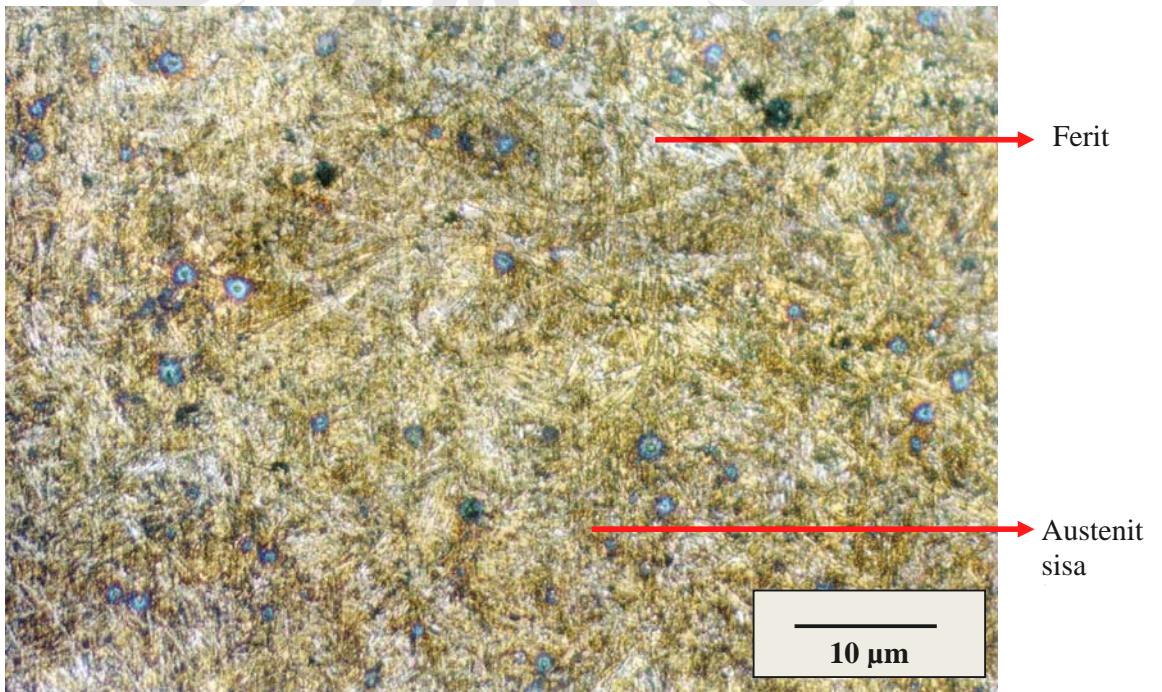
**Gambar 4.48.** Struktur mikro dari Paduan E dengan Tempering 640°C  
Perbesaran 500X



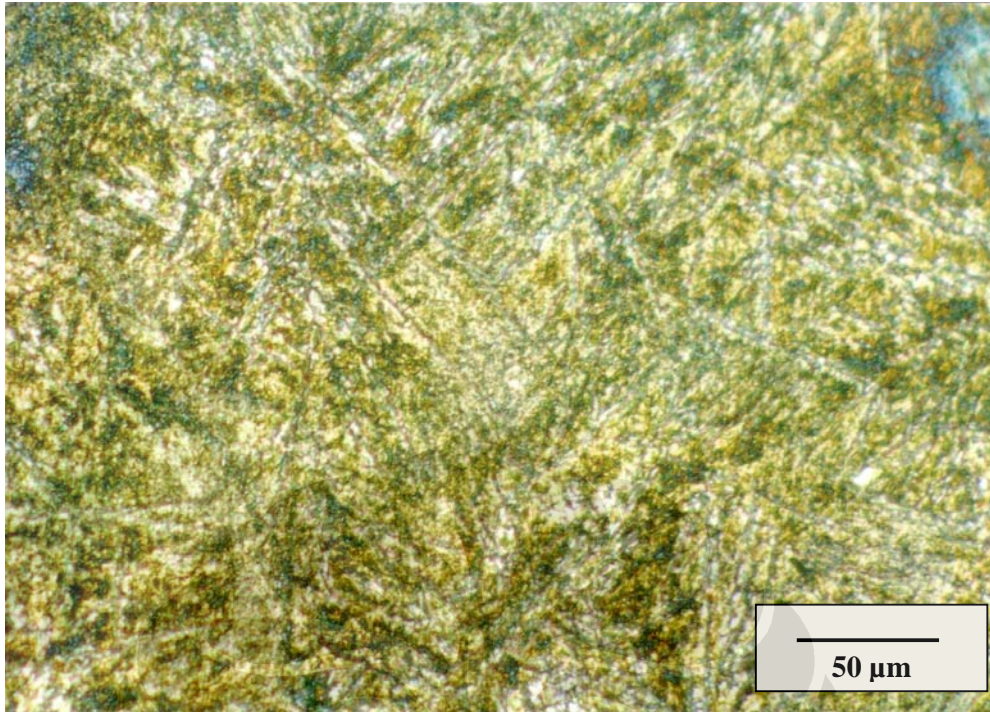
**Gambar 4.49.** Struktur mikro dari Paduan E dengan Tempering 690°C  
Perbesaran 100X



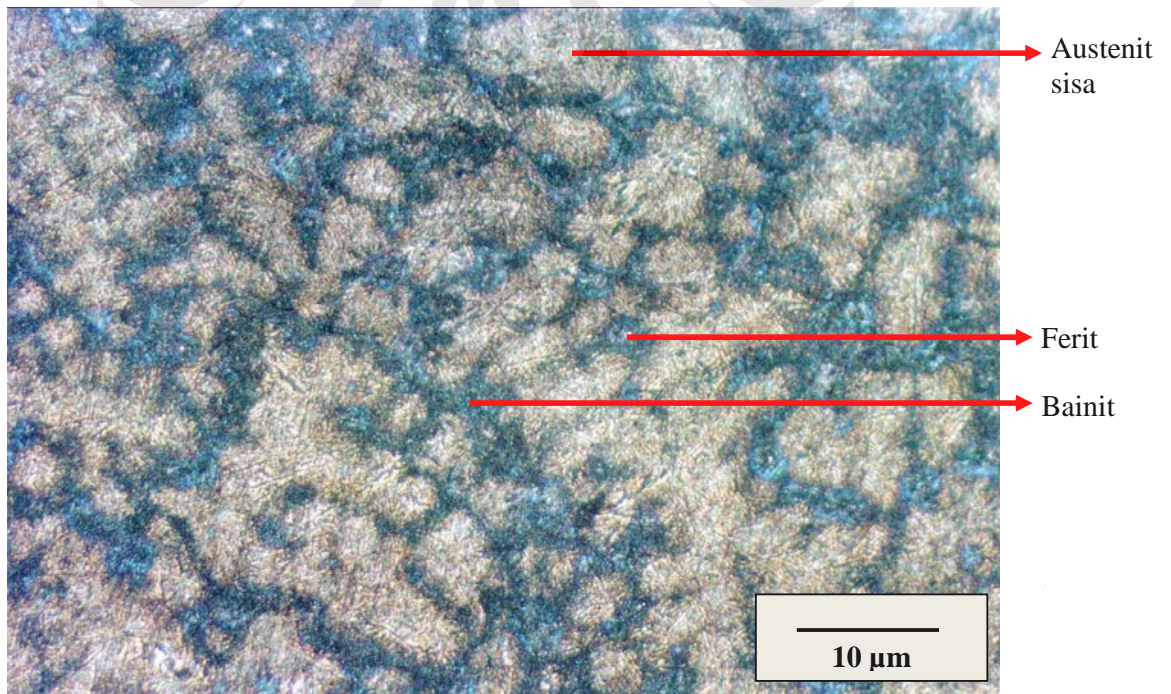
**Gambar 4.50.** Struktur mikro dari Paduan E dengan Tempering 690°C  
Perbesaran 500X



**Gambar 4.51.** Struktur mikro dari Paduan A dengan *Spheroidized Anneal* 810°C  
Perbesaran 100X

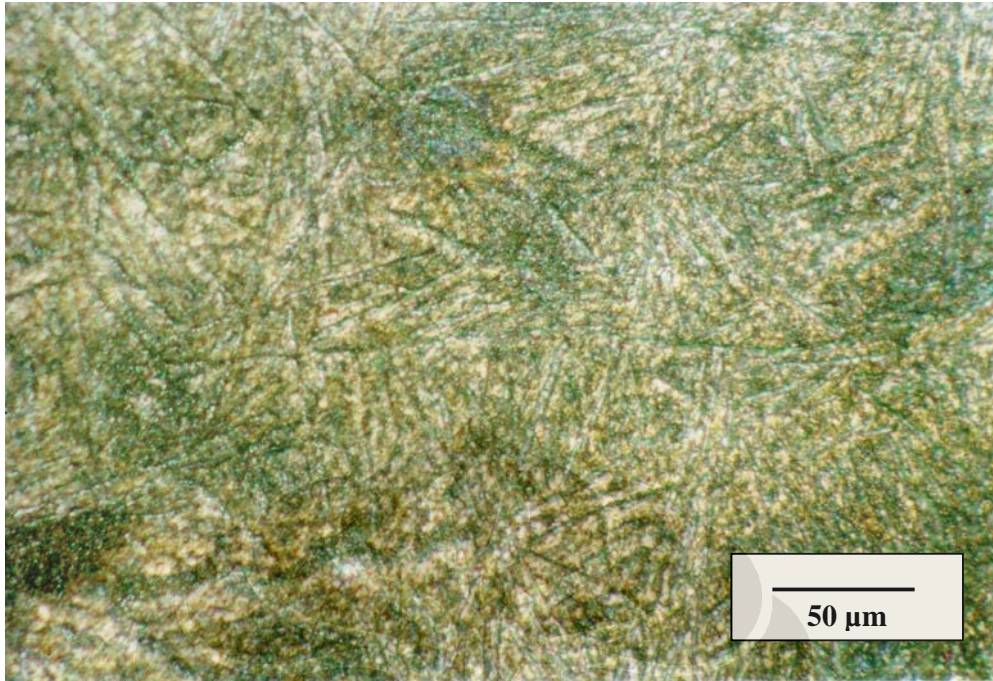


**Gambar 4.52.** Struktur mikro dari Paduan A dengan *Spherodized Anneal* 810°C  
Perbesaran 500X

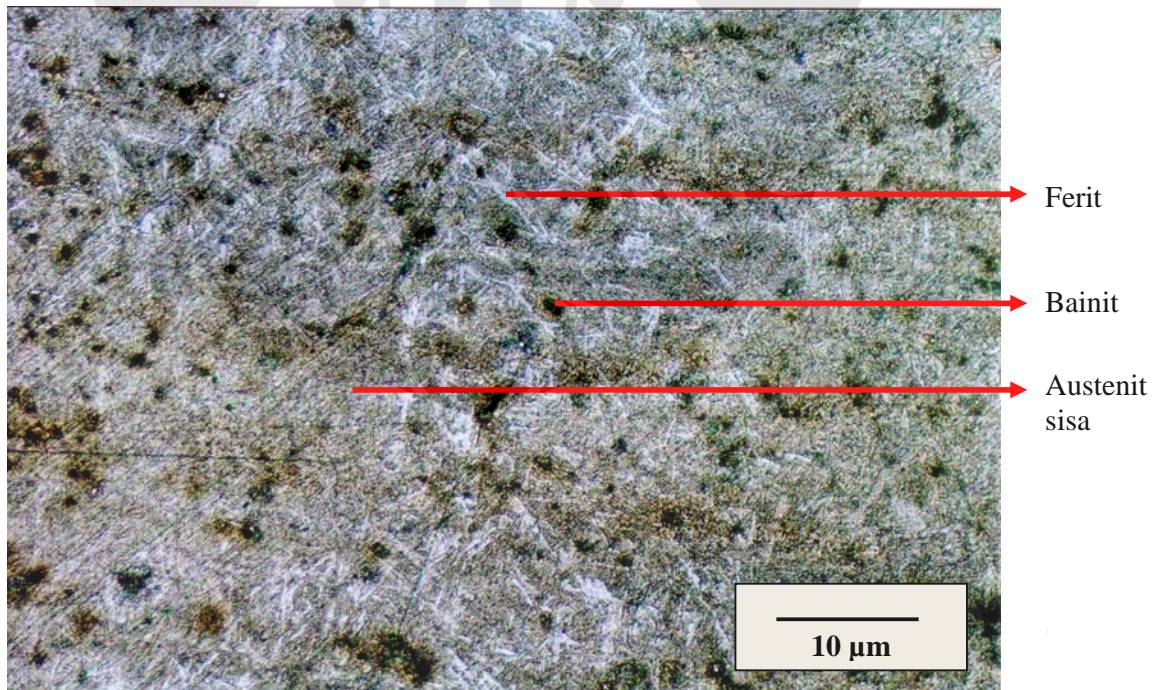


**Gambar 4.53.** Struktur mikro dari Paduan B dengan *Spherodized Anneal* 810°C  
Perbesaran 100X

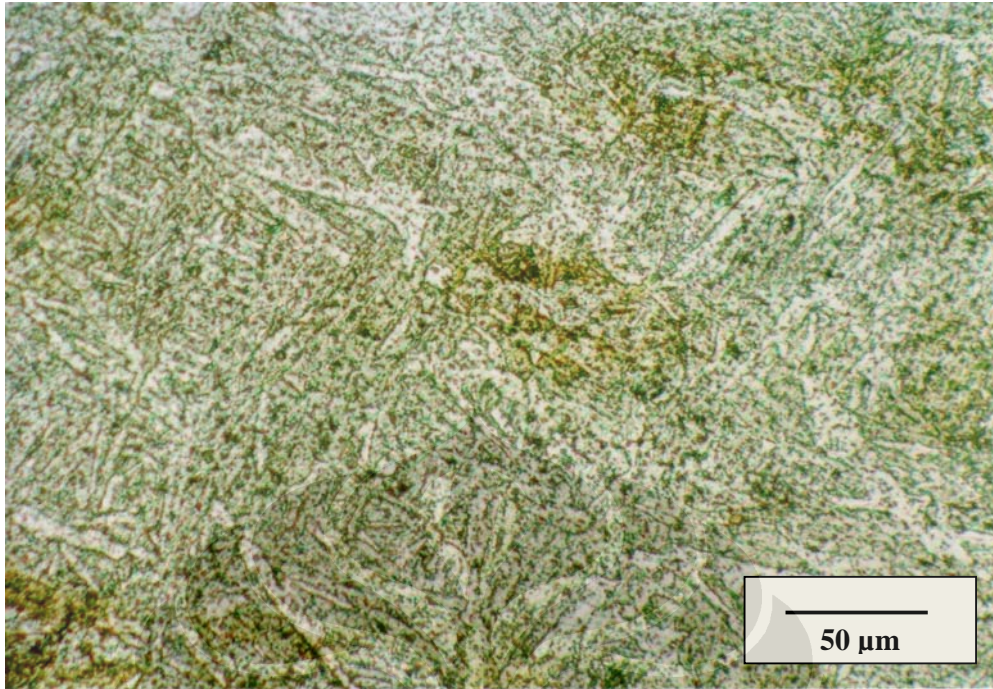




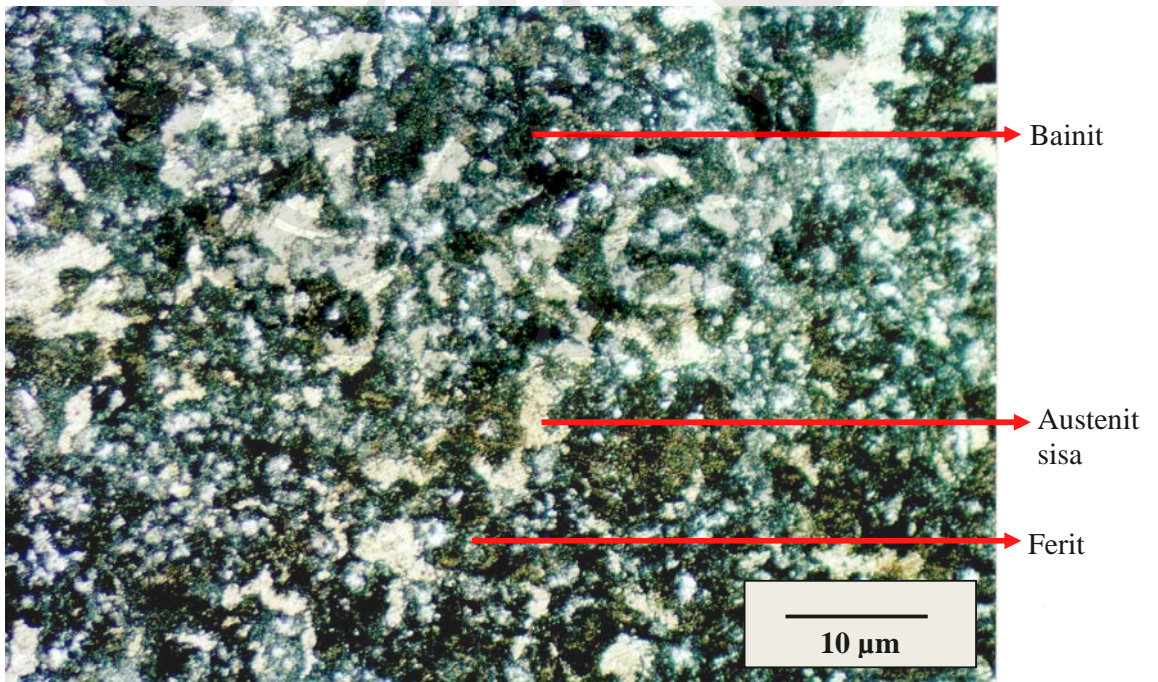
**Gambar 4.54.** Struktur mikro dari Paduan B dengan *Spherodized Anneal* 810°C  
Perbesaran 500X



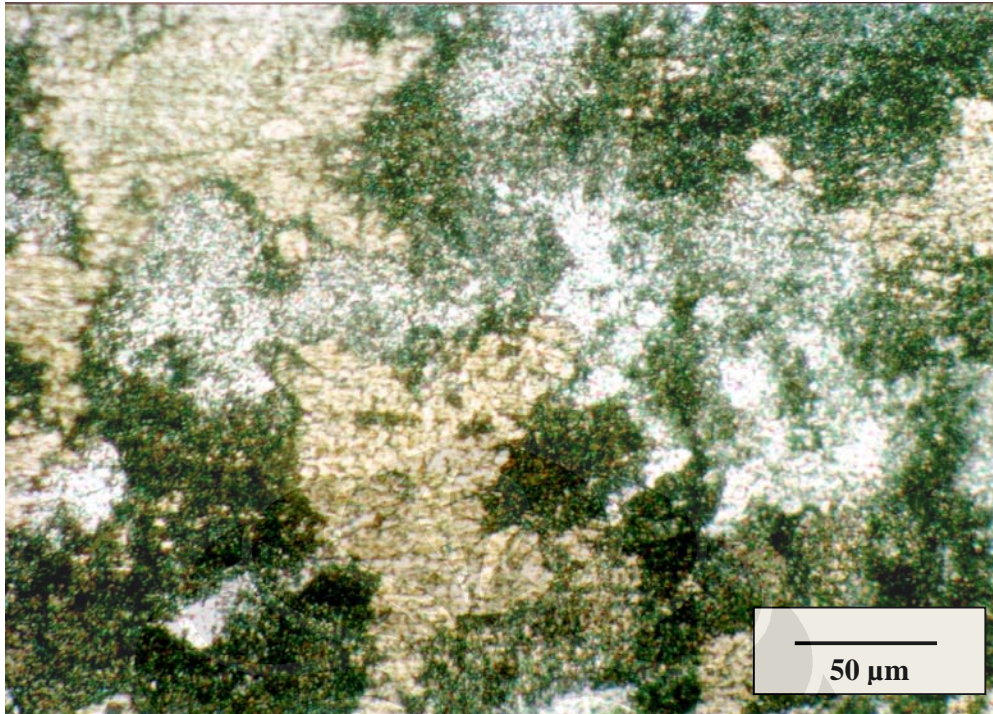
**Gambar 4.55.** Struktur mikro dari Paduan C dengan *Spherodized Anneal* 810°C  
Perbesaran 100X



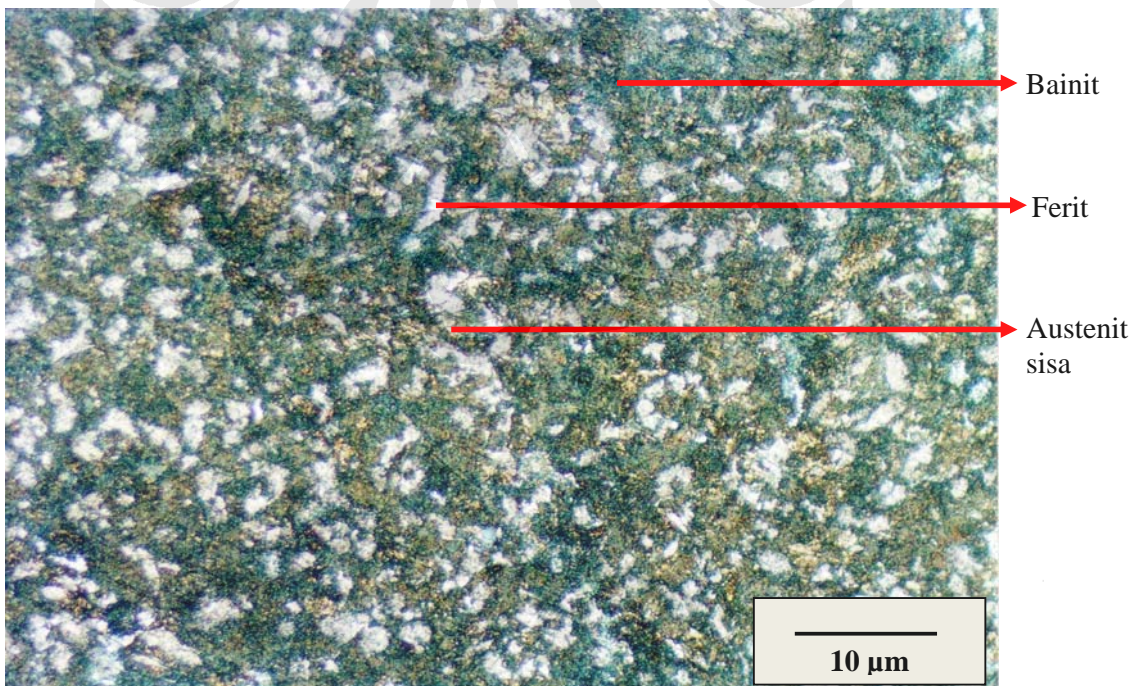
**Gambar 4.56.** Struktur mikro dari Paduan C dengan *Spherodized Anneal* 810<sup>o</sup>C  
Perbesaran 500X



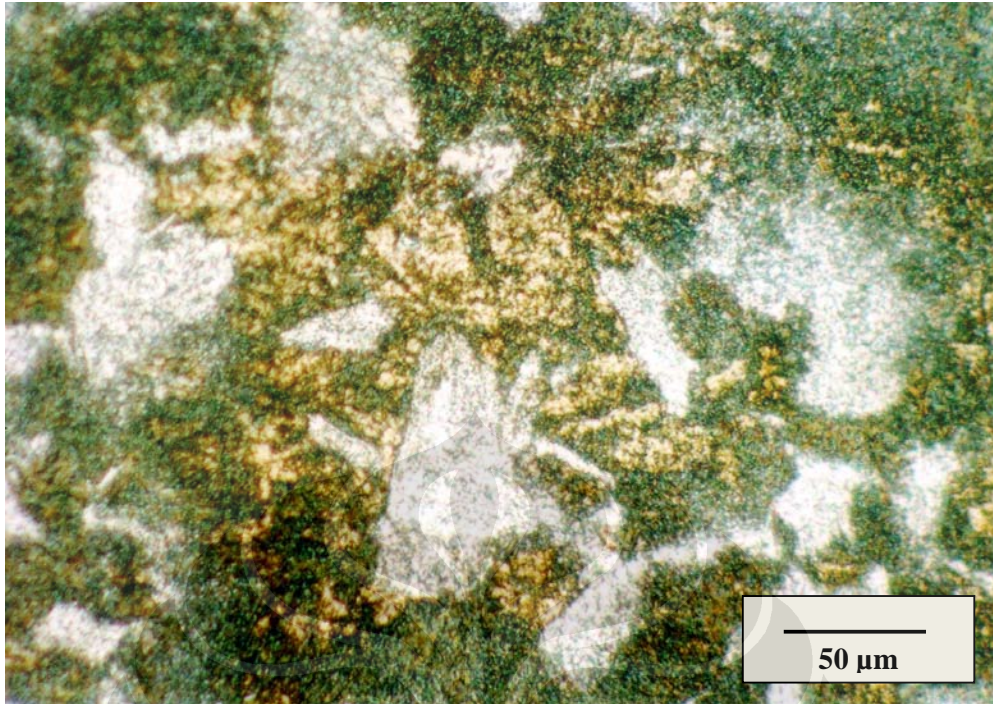
**Gambar 4.57.** Struktur mikro dari Paduan D dengan *Spherodized Anneal* 810<sup>o</sup>C  
Perbesaran 100X



**Gambar 4.58.** Struktur mikro dari Paduan D dengan *Spheroidized Anneal* 810°C  
Perbesaran 500X

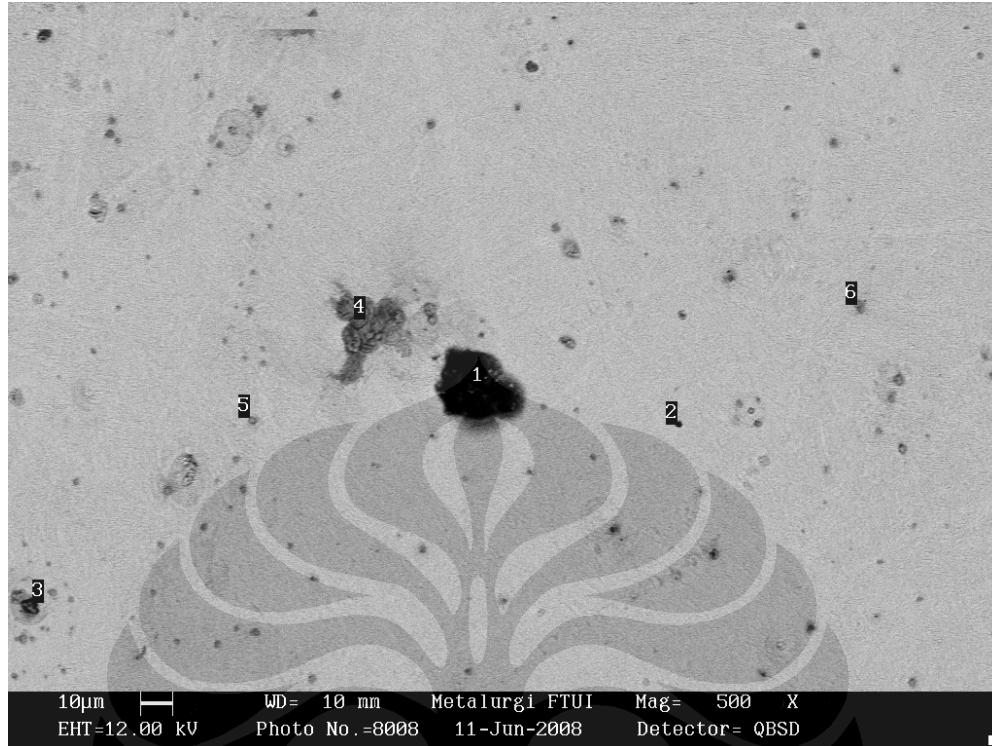


**Gambar 4.59.** Struktur mikro dari Paduan E dengan *Spheroidized Anneal* 810°C  
Perbesaran 100X



**Gambar 4.60.** Struktur mikro dari Paduan E dengan *Spherodized Anneal* 810°C  
Perbesaran 500X

### IV.3.2. Hasil Foto Struktur Mikro dengan Menggunakan SEM



**Gambar 4.61.** Foto SEM Paduan C dengan Perlakuan *Quench Temper* 640<sup>o</sup>C

### IV.3.3. Hasil Uji Komposisi Menggunakan EDS (*Energy Disperse Spectroscopy*) Sample Paduan C Q/T 640<sup>o</sup>C

**Tabel 4.10.** Hasil Uji Komposisi dengan Menggunakan EDS

komposisi (% unsur)	titik 1	titik 2	titik 3	titik 4	titik 5	titik 6
C	64,89	2,93	2,72	2,74	2,81	3,13
Mg	2,95	-	-	-	-	-
Al	2,72	-	-	-	-	-
Si	3,32	1,54	1,36	1,18	1,28	2,03
Fe	26,12	92,37	93,2	92,43	91,92	91,58
Cr	-	3,16	2,72	3,65	4	3,26
Total	100	100	100	100	100	100

# BAB V

## PEMBAHASAN

### V.1. UMUM

Setelah dilakukan penelitian tentang pengaruh dari paduan yang menyusun baja perkakas yang diatur dengan komposisi yang berbeda pada setiap sampel baja yang ingin diteliti terhadap proses perlakuan panas yang diberikan kepada setiap baja paduan dengan komposisi yang berbeda diantaranya dengan perlakuan *quench temper* (Q/T) dengan temperatur temper yang berbeda yaitu 600°C, 640°C, dan 690°C serta perlakuan *Spheroidized Anneal* pada temperatur 810°C. Material baja perkakas akan diuji untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan, terutama sifat kekerasan, sifat ketahanan aus, dan kekuatan tarik. Hal ini dikarenakan material baja perkakas yang diteliti dapat diaplikasikan pada bidang manufaktur sebagai material  *mold* dan *dies*.

Proses pembuatan baja perkakas ini dilakukan dengan metode pengecoran *sand casting* yang di PT TRIEKA AIMEX, Cibinong. Baja perkakas ini dibuat menjadi 5 (lima) macam sampel dengan komposisi yang berbeda dan diberi nama paduan A, B, C, D, dan E. Paduan A, B, dan C dengan pengaturan komposisi yaitu penambahan Si, paduan A 0,8 wt% Si, paduan B 2,0 wt% Si, dan C 3,0 wt% Si dengan perbandingan jumlah unsur paduan lainnya yang sama. Sedangkan pada paduan D dan E pengaturan komposisi dengan kadar Si yang sama 0,5 wt% Si tetapi pada sampel D tidak diberikan paduan pembentuk karbida yaitu *Vanadium*. Setelah sampel sudah siap dilakukan pengujian dengan membandingkan sifat mekanis kelima paduan baja perkakas tersebut terhadap pengaruh perlakuan panas yaitu *quench temper* dan *spheroidized anneal* dengan melakukan pengujian seperti : pengujian kekerasan, pengujian laju aus, pengujian tarik, pengujian mikrostruktur, dan pengujian komposisi karbida baja perkakas.

Penelitian yang kini dilakukan akan menitikberatkan pada dua fokus yaitu :

1. Pengaruh perlakuan panas *quench temper* pada temperatur temper 600°C, 640°C, dan 690°C terhadap sifat mekanis baja perkakas, dan

2. Pengaruh perlakuan *spheroidized anneal* terhadap sifat mekanis baja perkakas

Dengan pengaturan masing- masing komposisi dari baja perkakas yang berbeda.

## **V.2. PENGARUH PERLAKUAN *QUENCH TEMPER* TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA PERKAKAS**

Pengaruh perlakuan panas *quench temper* pada temperatur yang berbeda yaitu 600°C, 640°C, dan 690°C terhadap baja perkakas memberikan efek yang sangat signifikan terhadap sifat mekanis yang dimiliki baja perkakas. Seiring dengan dengan semakin tingginya temperatur temper yang digunakan maka nilai kekerasannya semakin turun[14] dari hasil penelitian didapatkan untuk setiap kenaikan temperatur temper maka nilai kekerasan yang dimiliki baja perkakas A, B, dan C cenderung untuk menurun hal ini diperlihatkan pada gambar 4.7. kekerasan yang menurun ini disebabkan karena perubahan struktur martensit menjadi martensit temper. Martensit merupakan larutan padat lewat jenuh dari karbon yang terjebak di dalam struktur BCT dan merupakan fasa yang metastabil yaitu jika diberikan energy berupa kenaikan temperatur temper, maka karbon akan mengendap menjadi karbida. Sedangkan pada paduan baja perkakas D dan E yang membedakannya adalah pemberian unsur pembentuk karbida yaitu *Vanadium* pada gambar 4.7 memperlihatkan adanya fenomena ketika tempertur temper 640°C pada baja perkakas D dan E terjadi titik maksimal pada E kemudian akan nilai kekerasannya akan turun kembali pada temperatur 690°C hal ini disebabkan pada temperatur 640°C pada penambahan unsur pembentuk karbida yaitu vanadium memiliki kemampuan untuk membentuk karbida yang dipengaruhi oleh temperatur untuk berubah menjadi karbida, karena dengan terbentuknya karbida yang sempurna dapat meningkatkan nilai optimum hal ini disebabkan oleh mekanisme *secondary hardening* adalah suatu fenomena yang merupakan bentuk reaksi pengerasan penuaan (*age hardening*), dimana disperse sementit yang relative kasar digantikan oleh disperse karbida yang lebih halus. Fenomena ini hanya terjadi pada baja paduan yang mengandung unsur paduan pembentuk karbida yang kuat, yaitu Cr, V, W, Mo, dan Ti. Dan jika temperatur temper

dinaikan maka kekerasan akan menurun dikarenakan energy yang diberikan akan membuat perkasaran karbida sehingga karbida akan semakin membesar.

Sifat mekanis dari baja perkakas yang termasuk penting adalah ketahanan aus gambar 4.6 menunjukkan semakin tinggi temperatur temper maka semakin turun nilai kekerasan permukaan dari baja perkakas sehingga akan mempengaruhi ketahanan aus dari baja perkakas itu sendiri terjadi penurunan nilai dibandingkan dengan nilai ketahanan aus sebelum perlakuan seperti pada gambar 4.5 gambar grafik tersebut menunjukkan nilai laju aus dari baja perkakas sebelum perlakuan  $2,164 (10^{-6} \text{ mm}^2/\text{mm})$  dengan mengalami perlakuan panas quench temper dengan menggunakan temperatur temper yang terus semakin tinggi maka laju aus dari baja perkakas B semakin besar yaitu semakin banyaknya volume baja perkakas B yang terkikis di perlihatkan pada gambar 4.6. baja perkakas B pada temperatur temper  $600^{\circ}\text{C}$  memiliki nilai laju aus  $3,088 (10^{-6} \text{ mm}^2/\text{mm})$ , kemudian pada temperatur temper  $640^{\circ}\text{C}$  memiliki nilai laju aus  $4,072 (10^{-6} \text{ mm}^2/\text{mm})$ , dan  $690^{\circ}\text{C}$  laju aus nya  $4,232 (10^{-6} \text{ mm}^2/\text{mm})$ . Untuk ketahanan tarik dari baja perkakas untuk mengetahui pengaruh perlakuan quench temper dibandingkan dengan sebelum perlakuan *As Cast* dengan membandingkan grafik yang terdapat pada gambar 4.8. dengan yang ada pada gambar 4.9 dengan diberlakukannya perlakuan panas quench temper maka nilai UTS yang dimiliki baja perkakas semakin tinggi hal ini mengakibatkan baja perkakas memiliki nilai ketahanan tariknya semakin tinggi dan akan turun kembali setelah melewati titik maksimum[15], titik maksimum dari UTS tersebut dikarenakan adanya hubungan dengan keberadaan karbida pada tempering temperatur rendah primary martensit terdekomposisi menjadi karbida dan berkelompok dengan atom karbon, persipitat karbida tidak akan efektif untuk menghambat pergerakan dislokasi selama terjadinya proses peregangan ini menyebabkan UTS sangat rendah. Walaupun demikian selama temperatur temper ditingkatkan persipitat karbida akan meningkatkan aktifitas kelarutan karbon dalam matrik dan secara simultan ruang antar partikel akan menurun dan akan meningkatkan nilai UTS pada titik optimum[15] pada baja perkakas yang di teliti kelima baja perkakas memiliki nilai optimum pada pada temperatur temper  $640^{\circ}\text{C}$  seperti yang dilihat pada gambar 4.9 setelah itu akan terjadi penurunan UTS dikarenakan ada pengaruh



*solid solution strengthening* akibat dari penambahan Si. Kekuatan tarik dipengaruhi oleh kehalusan karbida paduan dan penyebarannya yang merata pada matriks yang berhubungan dengan ruang pergerakan dislokasi. Semakin halus dan merata karbida yang tersebar maka kekuatan tariknya semakin tinggi pula (*dispersion strengthening*).

Dari hasil uji metalografi baja perkakas dengan perlakuan panas *quench temper* yang terlihat pengaruh dari penambahan unsur paduan pada baja perkakas dapat merubah kehalusan besar butir dengan dipengaruhi oleh temperatur yang berbeda terlihat pada foto hasil metalografi baja perkakas memiliki dua fasa yaitu fasa ferit dan fasa martensit temper. Dengan semakin tinginya temperatur temper maka ferit akan bergerak pada batas butir serta kemudian akan menyebar merata sama halnya dengan karbida semakin menyebar merata seiring dengan dinaikkan temperatur temper. Kemudian dari pengatan SEM (*Scanning Electron Microscope*) yang dilakukan pada baja perkakas C dengan perlakuan panas *quench temper* pada temperatur temper 640°C dapat diketahui penyebaran dari karbida yang terbentuk dapat dilihat pada gambar 4.61. kemudian untuk mendeteksi keberadaan komposisi dari karbida dianalisa dengan menggunakan EDS (*Electric Disperse Spectroscopy*) dengan menambakkan elektron ke enam titik yang berbeda dengan memanfaatkan prinsip *backscatter* didapati komposisi seperti pada tabel 4.10. dari keenam titik tersebut ada kemungkinan terbentuk senyawa AlFeSi, SiC, SiCr, FeCr, FeSi, MgO, Cr<sub>x</sub>C<sub>y</sub> dan SiO<sub>2</sub>

### **V.3. PENGARUH PERLAKUAN SPHERODIZED ANNEAL TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA PERKAKAS**

Pengaruh perlakuan *spheroidized anneal* terhadap sifat mekanis baja perkakas sama halnya dengan perlakuan *quench temper* baja diharapkan memiliki ketangguhan yang baik. Dengan perlakuan *spheroidized anneal* seperti pada proses anneal yang lainnya nilai kekerasan dari material baja perkakas akan menurun seperti terlihat pada gambar 4.1 untuk grafik kekerasan *As Cast* dibandingkan dengan gambar 4.4 grafik pada kekerasan perlakuan *spheroidized anneal* nilai dari kekerasan material baja perkakas sebelum perlakuan *As Cast* setelah mengalami perlakuan *spheroidized anneal* nilai kekerasa menurun antara

lain untuk material A kekerasan *As Cast* mencapai 46 HRC menjadi 22 HRC setelah mengalami perlakuan *spheroidized anneal* dan material lainnya seperti material baja perkakas B 51 HRC, C 59 HRC, D 40 HRC, dan E 36 HRC sesudah perlakuan *spheroidized anneal* material-material baja perkakas tersebut mengalami penurunan nilai kekerasan untuk B 18 HRC, C 25 HRC, D 26 HRC, dan E 14 HRC. Penurunan nilai kekerasan ini mungkin disebabkan karena perubahan struktur menjadi spheroid sehingga dengan bentuk seperti yang di tunjukkan pada gambar 2.6. menyebabkan mikrostruktur menjadi stabil dikarenakan fasa ferit bebas tegangan karena sementit yang berbentuk spherikal sehingga daerah interface minimum[7]. Di samping nilai kekerasan ketahanan aus dari baja perkakas setelah mengalami perlakuan *spheroidized anneal* laju aus nya semakin besar karena semakin banyak volume material yang terkikis akibat dari nilai kekerasan yang menurun karena pengaruh anneal sehingga material semakin lunak dan semakin mudah terkikis untuk lebih jelasnya bandingkan gambar 4.5 dengan gambar 4.7 pada gambar tersebut terlihat perbandingan nilai laju aus sebelum dan sesudah perlakuan *spheroidized anneal*. Sedangkan untuk ketahanan dari material untuk mendapatkan beban tarik hubungannya ditunjukkan pada gambar 4.8 untuk nilai UTS dari material baja perkakas sebelum perlakuan dengan gambar 4.10 untuk nilai UTS dari material baja perkakas setelah perlakuan baja perkakas mengalami penambahan nilai seperti ini menandakan material baja perkakas semakin tangguh.

Pada hasil uji metalografi terlihat bahwa tujuan dari penelitian mendapatkan struktur yang berbentuk spherikal tidak didapat, struktur yang didapat terdiri dari fasa bainit, ferit, dan austenit walaupun dari beberapa jenis baja perkakas ada yang mendekati bentuk spherikal yaitu pada paduan B pada gambar 4.53.

#### **V.4. PERBANDINGAN SIFAT MEKANIS BAJA PERKAKAS**

Perbandingan sifat mekanis baja pada setiap pengaruh penambahan unsur Si Mempengaruhi nilai kekerasan. Pada penelitian kali ini dengan menambahkan unsur Si dengan jumlah yang berbeda didapati nilai kekerasannya bertambah sesuai dengan literatur[9] ditunjukkan oleh gambar 2.5 pengaruh elemen paduan terhadap nilai kekerasan martensit temper. Unsur Si dapat meningkatkan nilai

kekerasan baja perkakas karena adanya mekanisme *solid solution hardening* seperti pada penelitian sebelumnya [16]. Sedangkan untuk perbandingan nilai kekerasan dengan penambahan unsur paduan *Vanadium* nilai kekerasan akan bertambah sesudah penambahan *vanadium*. *vanadium* termasuk pembentuk karbida lebih hebat dari *chromium* atau *molybdenum*. dengan perlakuan temper *vanadium* akan membentuk paduan karbida  $V_4C_3$  atau VC dengan menggantikan fasa martensit dan menyebar merata pada temperatur  $A_1$  seperti yang ditunjukkan pada hasil penelitian yang di dapat pada gambar 4.1 dengan penambahan unsur paduan vanadium maka nilai kekerasan bertambah dengan membandingkan baja perkakas D dan E, dari segi sifat mekanis yang lainnya seperti ketahanan laju aus semakin tinggi kadar Si yang ditambahkan pada baja perkakas maka laju ausnya semakin besar, dan material dengan penambahan V laju ausnya semakin kecil dibandingkan dengan tanpa penambahan V. terus untuk sifat kekuatan beban tarik sama halnya dengan sifat sebelumnya pengaruh dari penambahan unsur tambahan meningkatkan nilai kekuatan beban tarik.

Dari hasil pengujian metalografi dilihat semakin diberikannya unsur paduan seperti Si dan V memberikan pengaruh menghaluskan butir.