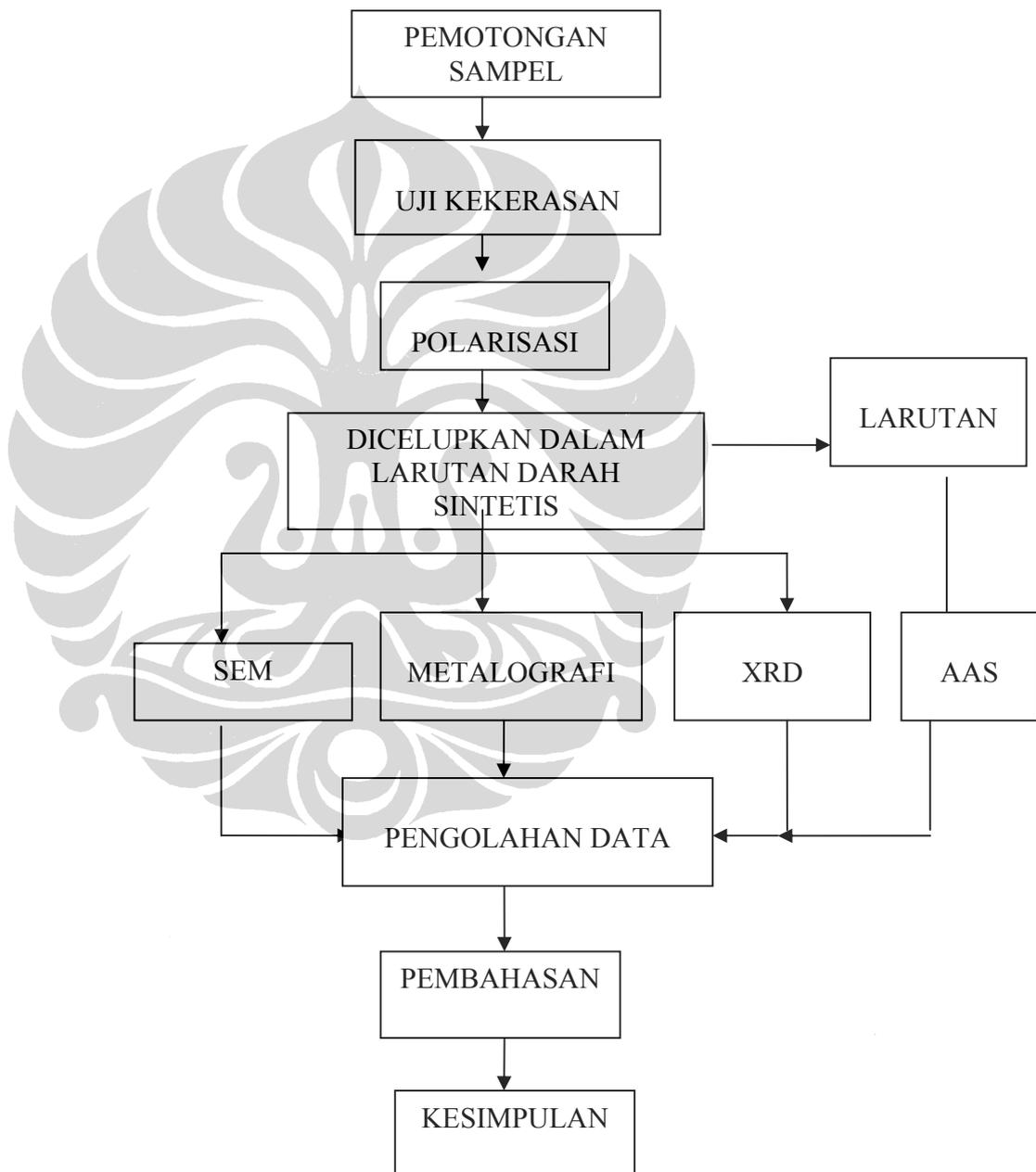


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metodologi penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan diagram alir seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.2. Pembuatan sampel ²³⁾

Penelitian ini dilakukan melalui pengaturan komposisi, pengerjaan peleburan hingga pengamatan struktur mikro dan uji kekerasan (Vickers). Dalam pengaturan komposisi menggunakan Ti-6%Al sebagai logam dasarnya. Kemudian masing-masing kandungan Mo dan Nb divariasikan. Kandungan Mo pada batas antara 2%-6% dan kandungan Nb pada batas antara 1%-7%. Dalam pengerjaan peleburan berat dibuat sama, yaitu masing-masing 6 gram. Pengaturan berat yang disesuaikan dengan komposisi target ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Pengaturan Komposisi Berat

Berat Sampel gram	Al (6%) gram	Mo gram	Nb gram	Ti gram	Jumlah	Keterangan
6	0.36	0	0	5.64	3	
6	0.36	0.12	0	5.52	3	2% Mo
6	0.36	0.24	0	5.40	3	4% Mo
6	0.36	0.36	0	5.28	3	6% Mo
6	0.36	0	0.06	5.58	3	1% Nb
6	0.36	0	0.24	5.40	3	4% Nb
6	0.36	0	0.42	5.22	3	7% Nb

3.3. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah Titanium sebagai logam dasar, dan logam Aluminium, Molibdenum dan Niobium sebagai unsur logam padu. Tingkat kemurnian masing-masing unsur adalah logam Ti (99%), Al (98%), Mo (99,9%), Nb (99,9%). Bahan baku percobaan ditunjukkan pada Gambar 3.2



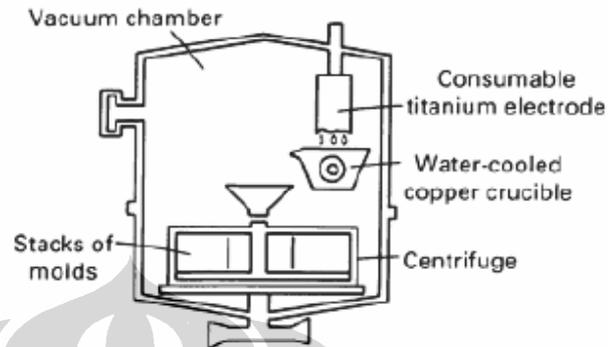
Gambar 3.2. Bahan baku percobaan

3.4. Pengerjaan Peleburan

Proses peleburan Titanium memerlukan metode yang berbeda dengan logam yang lain seperti Aluminium, Besi dan Tembaga. Titanium mempunyai titik lebur yang tinggi 1812°C, unsur padamu Mo dan Nb yang digunakan sebagai logam padamu juga mempunyai titik lebur tinggi yaitu 2623°C dan 2477°C. Karena logam dasar dan logam padamunya mempunyai titik lebur yang relatif tinggi, maka dalam pengerjaan peleburan menggunakan tungku busur listrik (*electric arc furnace*). Logam dasar (Ti) dan unsur padamunya, terutama unsur Al mempunyai afinitas terhadap oksigen yang tinggi. Oleh karena itu pengerjaan peleburan tidak mungkin dilakukan dilingkungan udara terbuka. Kedua logam tersebut akan teroksidasi oleh oksigen yang berada didalam udara. Jadi pengerjaan peleburan hanya bisa dilakukan didalam ruang tertutup dilingkungan inert, dimana menggunakan gas Argon sebagai lingkungannya. Sebagai wadah logam cair menggunakan krusibel tembaga murni yang dialiri air, sebagai pendingin krusibel. Gas Argon, selain berfungsi sebagai gas pelindung juga dapat meningkatkan suhu peleburan

sehingga logam Ti beserta paduannya meleleh, kemudian terjadi proses pemaduan.

Gambar 3.3 adalah skematik tungku busur listrik yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 3.3. Tungku busur listrik

Prosedur peleburannya adalah sebagai berikut:

- Logam paduan (Ti, Al, Mo/Nb) diletakkan dalam krusibel tembaga yang didinginkan dengan air
- Alirkan gas inert (Argon) kedalam ruang peleburan
- Arahkan elektroda tungsten ke krusibel hingga terjadi pancaran busur listrik, hingga logam leleh

Hasil peleburan dapat ditunjukkan pada gambar 3.4



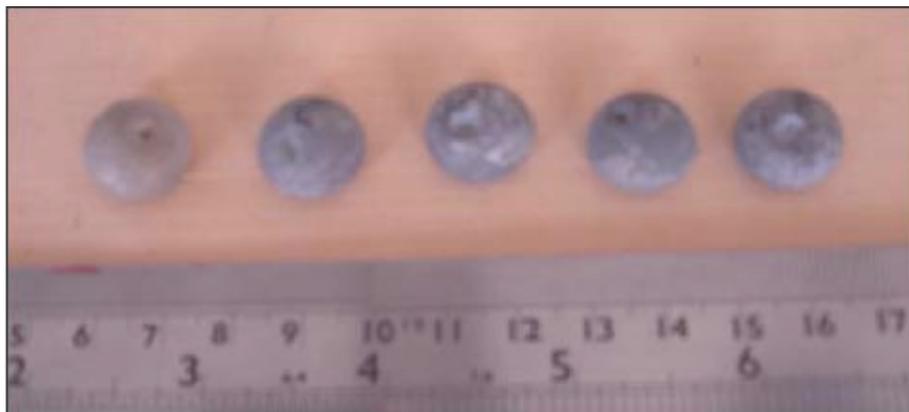
Gambar 3.4. Sampel hasil coran

3.5. Homogenisasi

Hasil coran pada umumnya, unsur padu yang berada didalamnya tidak larut padat homogen. Oleh karena itu perlu dilakukan homogenisasi, yaitu pemanasan pada suhu diatas $2/3$ dari titik lelehnya dalam waktu yang relatif lama. Selama pengerjaan homogenisasi, unsur padu yang konsentrasinya tinggi berdifusi ke segala arah sedemikian hingga menjadi larut padat homogen. Terhadap sampel hasil coran dilakukan pemanasan pada suhu 1150°C selama 12 jam. Dalam pengerjaan homogenisasi tetap menggunakan lingkungan inert (gas argon) di dalam tungku tabung (*tube furnace*), seperti yang ditunjukkan Gambar 3.5. Hasil pengerjaan homogenisasi ditunjukkan pada Gambar 3.6.



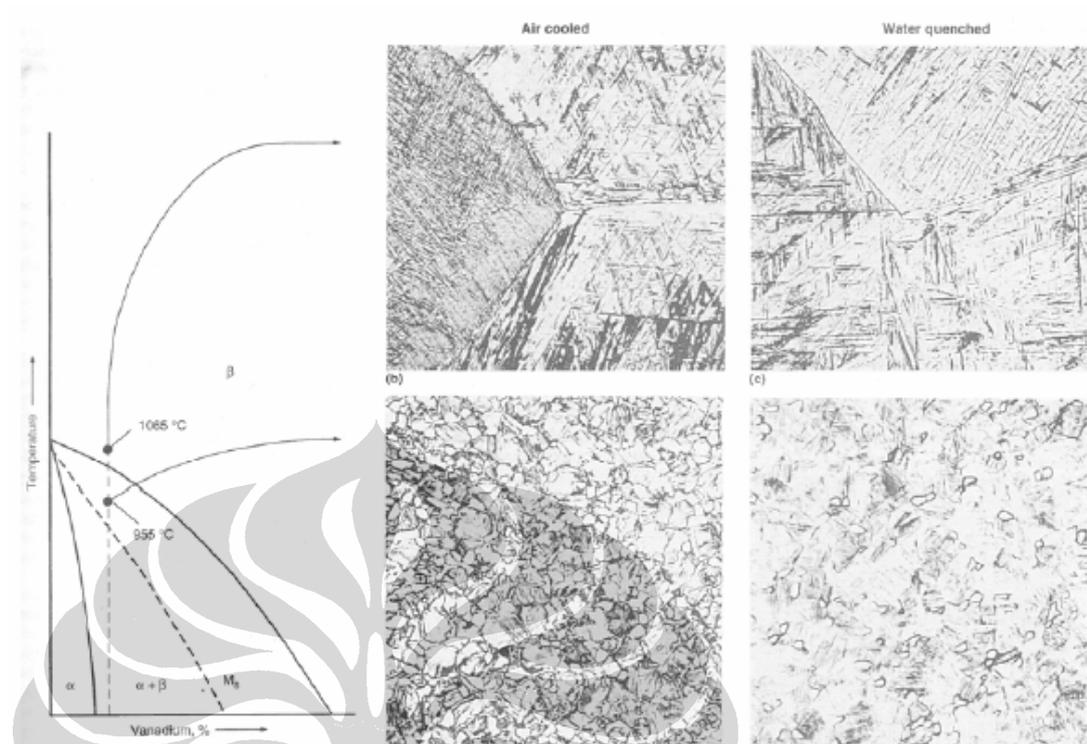
Gambar 3.5. Tungku Tube Furnace



Gambar 3.6. Sampel hasil homogenisasi

3.6. Pengerjaan Tempa

Pengerjaan proses tempa menggunakan mesin *forging* kapasitas gaya tekan 160 ton. Tujuan pengerjaan tempa pada penelitian ini adalah untuk menghilangkan mikro porositas akibat penyusutan, sedemikian hingga sampel hasil *forging*, kekerasannya dapat diuji untuk mendapatkan nilai yang tepat. Pengerjaan tempa merupakan pengerjaan panas (*hot work*), dengan pemanasan awal pada suhu 1100°C, selama 30 menit, kemudian ditempa (*open die forging*). Pemanasan awal perlu dilakukan karena pada Titanium paduan Ti-Al-Mo maupun Ti-Al-Nb terdapat fasa alfa (kisi kristal hexagonal) yang mampu bentuknya kurang baik, oleh karena itu material dibawa ke fasa beta (kisi kristal kubik) agar mudah untuk dibentuk^[3,4]. Gambar 3.7 merupakan gambaran pengaruh temperatur dan prosentase kandungan vanadium terhadap fasa yang terbentuk. Fasa yang terbentuk adalah fasa alfa (putih/terang) dan fasa beta (hitam/gelap)



Gambar 3.7. Pengaruh Prosentase Kandungan Unsur Paduan Dan Temperatur Terhadap Pembentukan Fasa¹⁹⁾

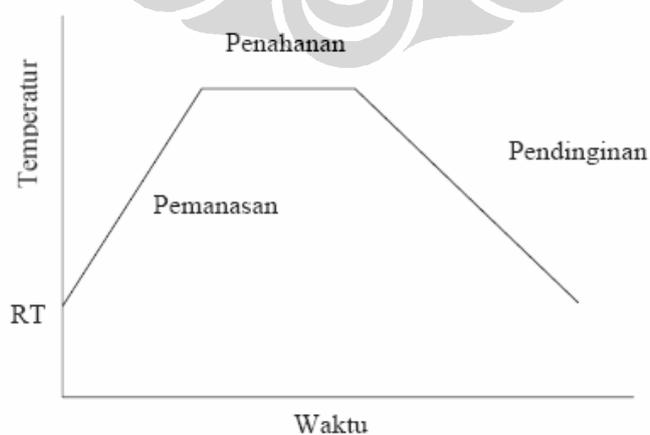
Gambar 3.7, selanjutnya akan digunakan sebagai acuan dalam proses perlakuan panas dalam penelitian, dikarenakan bahwa dalam penelitian ini dilakukan substitusi logam Vanadium pada paduan Ti-Al dengan logam Molibdenum dan Niobium sebagai pengganti penstabil fasa beta. Pada gambar 3.6 di atas tampak bahwa pada suhu 1100°C sudah terbentuk fasa beta, dan dengan pemanasan selama 30 menit diharapkan fasa alfa seluruhnya bertransformasi membentuk fasa beta. Kemudian sampel ditempa dengan mesin tempa dan sampel hasil tempa ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Sampel hasil tempa

3.7. Proses Perlakuan Panas

Perlakuan panas terhadap paduan Ti-Al-Mo dan Ti-Al-Nb dilakukan pada suhu 1000°C, selama 30 menit, dengan maksud seluruh fasa alfa bertransformasi menjadi fasa beta. Selanjutnya pendinginan sampel di udara terbuka (kecepatan pendinginan relatif lambat) diharapkan terjadi transformasi sebagian fasa beta menjadi alfa, dan merupakan paduan Ti (α - β) dimana fasa beta tetap terbentuk akibat kandungan masing-masing unsur Mo dan Nb. Gambar 3.9 adalah prosedur laku panas terhadap sampel



Gambar 3.9. Skematik proses laku panas

3.8. Persiapan Cairan Tubuh Sintetik

Untuk mendapatkan cairan tubuh sintetik dengan melarutkan senyawa kimia yang terdapat dalam tabel 3.2, kemudian dilarutkan dalam 1 liter aquades.

Tabel 3.2 Komposisi kimia (g/L) larutan darah sintetis, pH 7,4⁵⁾

	Komposisi Kimia (mg/L)						
larutan	NaCl	NaHCO ₃	KCl	Na ₂ HPO ₄ 3H ₂ O	MgCl ₂ .6H ₂ O	CaCl ₂	Na ₂ SO ₄
<i>Larutan darah sintetis</i>	8,036	0,352	0,225	0,238	0,311	0,293	0,072

3.9. Pengujian Polarisasi

Dalam penelitian ini digunakan metode pengujian elektrokimia dengan teknik polarisasi (ASTM 1994. vol 03.02.G5)²⁴⁾. Metode pengujian ini dilakukan dengan menggunakan komputer *controlled potentiostat*. Potensiostat yang telah dilengkapi dengan potensial scan (metode Potentiodinamik) sebagai alat pengujian di laboratorium ini adalah Gamry instrumental yang terdapat dalam komputer. Output dari pengujian ini adalah berupa kurva polarisasi tafel yang kemudian dilakukan pengamatan terhadap perubahan-perubahan yang terjadi pada kurva polarisasi tersebut.



Gambar 3.10. Pengujian polarisasi

Langkah – langkah yang dilakukan dalam pengujian polarisasi :

1. Pemasangan sampel pada specimen holder dengan satu sisi mengkilap yang siap kontak dengan larutan dan sisi lainnya harus ditutup.
2. Sel polarisasi disusun sesuai dengan standat pemasangan specimen holder, electrode standar, electrode pembantu dan kabel-kabel lain pada instrument pengukur polarisasi.
3. Larutan Hank dimasukkan ke dalam sel sampai seluruh permukaan sampel tercelup.
4. Sebagian larutan Hank yang sama dimasukkan ke dalam bagian pemegang electrode standar, yaitu electrode kalomel. Kemudian dimasukkan ke dalam sel dan diatur jarak dari ujung electrode ke permukaan sampel sedekat mungkin bersentuhan.
5. Pemanas di setting temperaturnya di posisi $37^{\circ}\text{C} \pm 2$
6. Gelas kimia di letakkan di atas pemanas yang telah di setting temperaturnya

7. Menyiapkan computer dengan program CMS – 100 (Corrosion Measurement System) dan dipilih folder eksperimen dengan pada instrumen (setting).
8. Setelah selesai, program scanning dapat dijalankan dan disimpan.
9. Mengulangi langkah-langkah diatas untuk sample yang berbeda konsetnrasi dan kandungan unsur modifikasi.

3.10. Pengujian Immersi ²⁵⁾

Pengujian ini dilakukan menurut standard ASTM G 31. Sistem peralatan dirancang secara sederhana tetapi tetap mendekati kondisi sebenarnya. Peralatan yang digunakan adalah *water bath*, *beaker glass*, termometer raksa. Sedangkan larutan yang digunakan adalah larutan Hanks (larutan darah sintetik) dengan temperatur $37^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Pada pH 7,4. Pengujian *exposure* dilakukan selama empat minggu. Penimbangan kehilangan berat (*weight loss*) dilakukan setiap akhir minggu. Dengan nilai reduksi berat dapat diketahui laju korosi titanium dalam mpy. Pada Gambar 3.11 dapat dilihat proses immersi yang dilakukan dalam larutan Hanks.



Gambar 3.11. Pengujian immersi dalam larutan Hanks