

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Rangkaian Penelitian

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh titanium dalam paduan aluminium AA3104 terhadap mampu bentuk dan kekuatan kemasan kaleng dengan proses penarikan dalam dan penipisan pada bagian dinding (*drawn wall ironing*). Untuk mengetahuinya dilakukan serangkaian percobaan dengan tiga komposisi kandungan Ti yang berbeda (dalam % berat), yaitu Ti = 0,00%, Ti = 0,010% dan Ti = 0,013%. Pemilihan titanium tersebut didasari karena titanium adalah merupakan material yang keras dan bersifat memperhalus butiran (Morris, 1993). Dari ketiga komposisi paduan tersebut yang berbeda hanyalah kandungan titaniumnya, sedangkan komposisi elemen-elemen lainnya adalah sama. Adapun untuk mendapatkan sampel percobaan adalah dengan cara bekerja sama dengan perusahaan pengolahan aluminium (*rolling mill*) dan perusahaan yang memproduksi kemasan kaleng. Seluruh rangkaian proses diawasi mulai dari peleburan, penambahan bahan-bahan kimia, penuangan ke dalam cetakan (*casting*) sampai menjadi balok aluminium (*slab*). Selanjutnya pembersihan permukaan (*scalping*), pemanasan (*preheating*), pengerolan panas (*hot rolling*) sampai pada ketebalan 2,3 mm (*hot band*), pengerolan dingin (*cold rolling*) sampai pada ketebalan 0,270 mm. Dilanjutkan dengan pemotongan bagian sisi-sisinya (*slitting*) dan pengepakan (*packing*). Sampel yang sudah berbentuk lembaran lalu dianalisis komposisi kimianya menggunakan spark-OES (*optical emission spectroscopy*), kekasaran permukaan dengan Mitutoyo SJ-301, senyawa yang terbentuk dengan XRD, struktur mikro dengan SEM. Dilakukan pula pengujian tekstur dengan neutron scattering, pengujian tarik dengan servopulser shimadzu, LDR dengan mesin *cupper minster* 160-84 dan dilanjutkan dengan pengujian *drawn wall ironing* dengan mesin *body maker* ragsdel 175 SPM. Setelah menjadi bentuk badan kaleng dilakukan pengujian *dome growth* dan *dome reversal pressure* menggunakan *buckle tester* khunke MK 500, *axial load* dengan *axial load tester* khunke. Untuk mengetahui sifat material setelah perlakuan

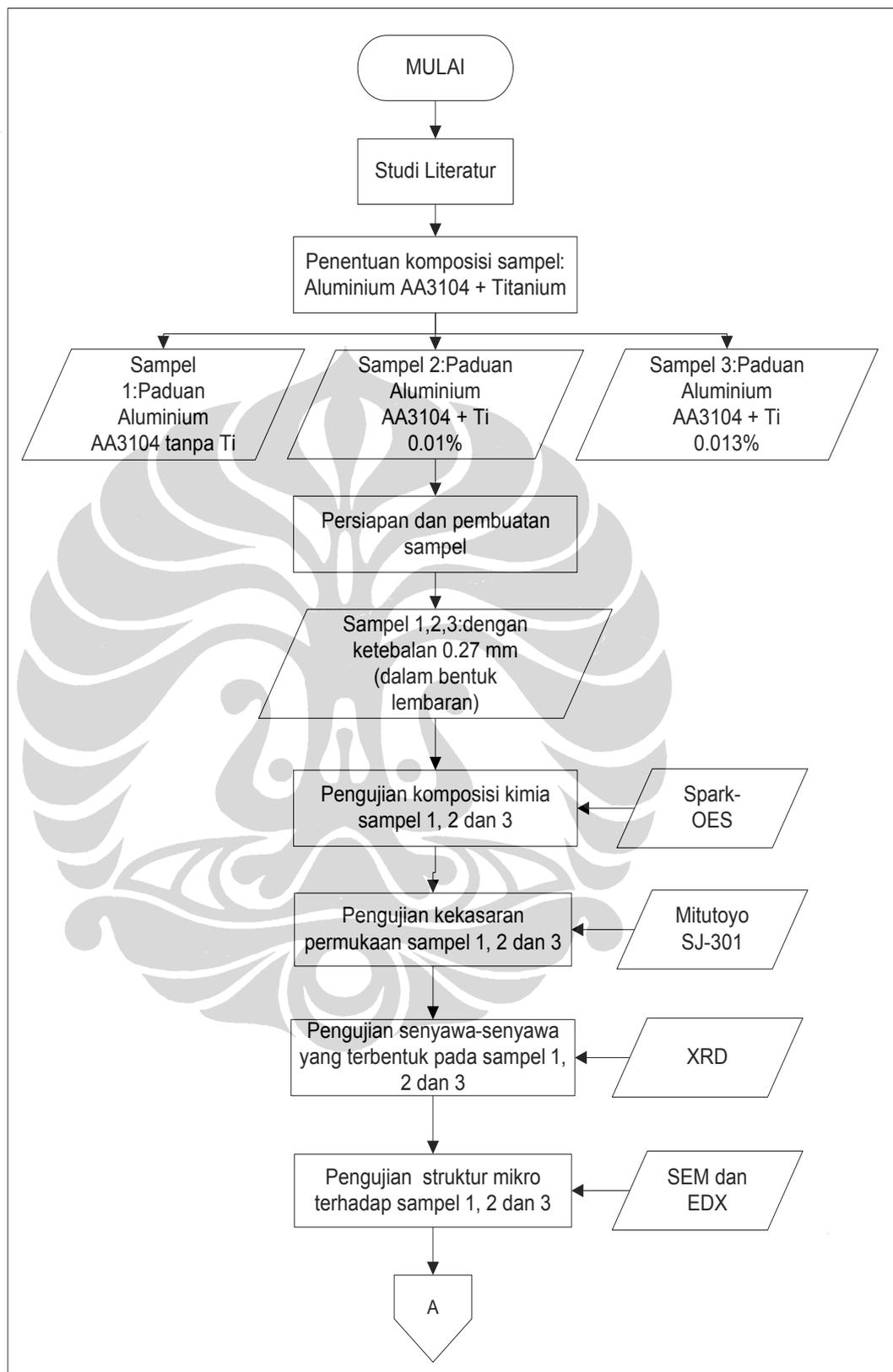
panas, dilakukan simulasi sesuai dengan proses produksi kemasan kaleng. Pemanasan dilakukan pada temperatur 210° C selama 10 menit, lalu dilakukan uji tarik untuk material lembaran dan dilakukan uji kekuatan untuk bentuk kaleng.

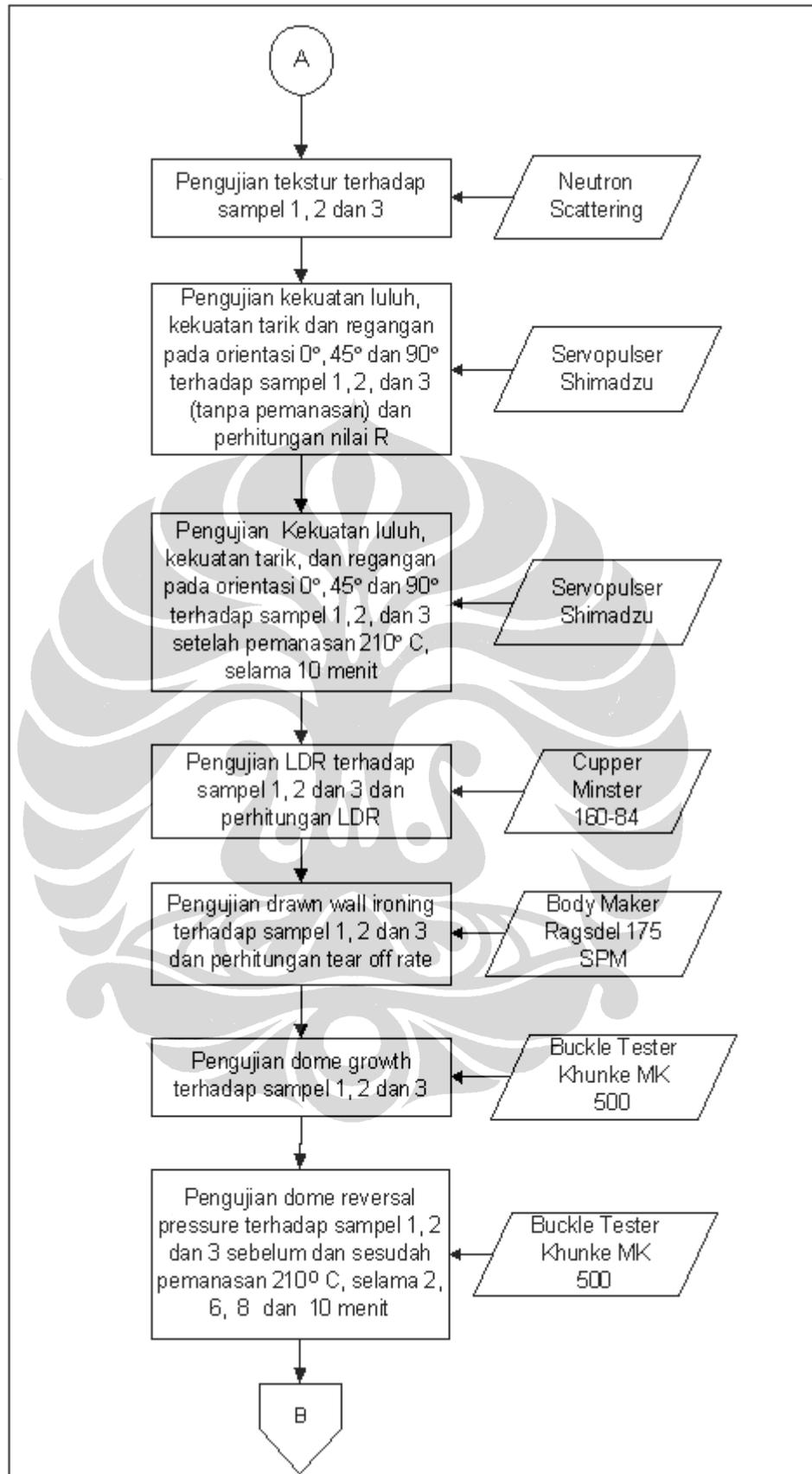
Pengujian dengan perlakuan panas ini selain untuk mengetahui sifat material setelah dipanaskan pada proses normal produksi kaleng, untuk mengeringkan lapisan bagian luar dan dalam, juga untuk mengetahui apabila kaleng tersebut harus dipanaskan ulang karena satu dan lain hal (*rebaking*). Pemanasan dilakukan menggunakan mesin *oven* IBO (*internal bake oven*).

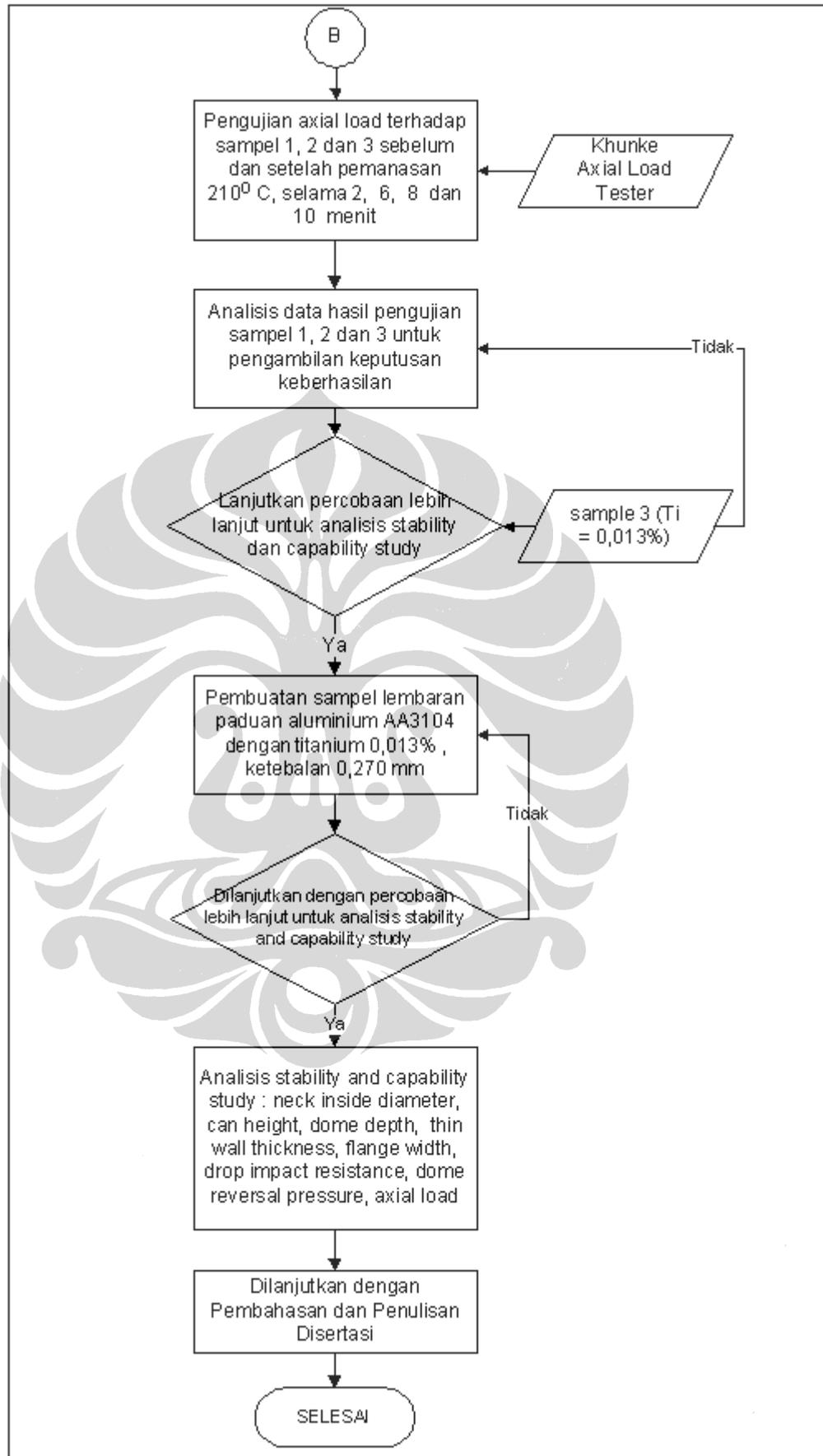
Adapun jalannya penelitian dijabarkan dalam diagram alur seperti yang terdapat pada Tabel 3.1 berikut ini.



Tabel 3.1 Diagram Alir Penelitian







3.2 Pengujian Yang Dilakukan

3.2.1 Analisis Komposisi Kimia

Analisis komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan Spark-OES (*Optical Emission Spectrometer*) di Laboratorium Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Pusat Penelitian Metalurgi. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia dari ketiga jenis sampel yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil analisis dari ketiga sampel dibandingkan dengan komposisi kimia yang ditambahkan pada waktu penyiapan sampel.

3.2.2 Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan di Laboratorium Puspipstek Serpong, menggunakan *Surface Roughness Meter* Mitutoyo SJ-301. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekasaran dari ketiga sampel dalam penelitian ini. Hasil dari ketiga sampel dibandingkan, untuk selanjutnya dianalisis lebih lanjut pengaruhnya terhadap kekuatan dan mampu bentuk. Parameter kekasaran yang dipakai dalam pengujian ini adalah nilai Ra (rata-rata semua nilai absolut puncak dan lembah) dan nilai Rz (nilai rata-rata dari 5 titik puncak tertinggi dan 5 lembah terendah).

3.2.3 Analisis Senyawa Yang Terbentuk Dengan XRD

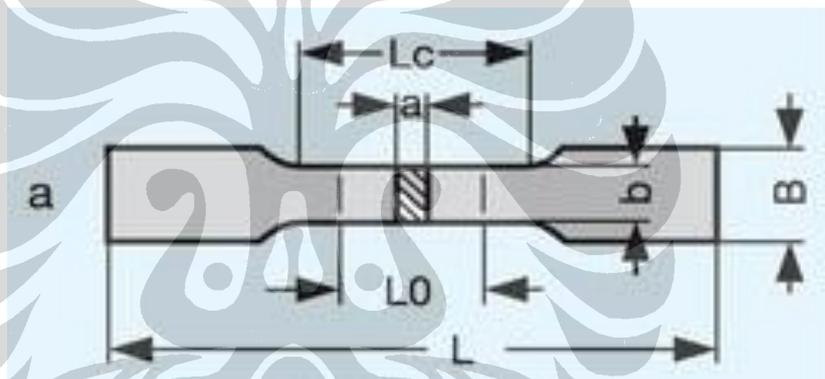
Pengujian dilakukan menggunakan Phillips Analytical X-Ray B.V dengan diffractometer type PW1710 dan *tube anode* Cu. Hasil peak yang timbul di konversikan dengan *software* PCDFWIN untuk menentukan nilai hkl.

3.2.4 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan JSM 6510 LA (*Jeol Scanning Microscope*) yang memiliki resolusi sampai 3 nanometer dan kemampuan pembesaran maksimum 300.000 kali, sehingga memungkinkan untuk melihat presipitasi. Persiapan sampel untuk pengujian struktur mikro dilakukan dengan etsa menggunakan *tucker's reagent* selama 30 detik. Untuk mengetahui senyawa dari presipitasi yang terbentuk dilakukan dengan EDX.

3.2.5 Pengujian Tarik dan Nilai R

Lembaran aluminium yang telah disiapkan berdasarkan 3 sampel tersebut diatas dilakukan pengujian tarik di Laboratorium Fakultas Teknik Metalurgi Universitas Indonesia dengan standar JIS Z 2201 (13B) *test piece*, seperti dapat dilihat pada Gambar 3.1. Untuk mendapatkan nilai R rata-rata dilakukan pengujian tarik regangan 15% terhadap sampel pada 0° , 45° , dan 90° arah *rolling*. Hasil yang didapatkan adalah nilai R rata-rata atau anisotropi normal, yaitu perbandingan antara regangan plastis searah lebar terhadap regangan plastis searah tebal lembaran sebagaimana diberikan pada persamaan 3.1. Nilai R yang besar menunjukkan ketahanan terhadap penipisan yang tinggi dalam arah tebal tegak lurus pada bidang lembaran.



Gambar 3.1 Standar JIS 2201 (13B) (Zwick, 2001)

Tabel 3.2 Standar Untuk Sampel Bentuk Pelat (Zwick, 2001)

Standard	Dimensions, mm						
	a	b	L_0	B	L_c	L	Δb
DIN EN 10002, type 1		12,5	50		75	165	0,003
DIN EN 10002, type 2		20	80	30	120	≥ 250	0,052
DIN 50 114	≤ 3	20	80	30	120	≥ 250	
DIN 50 125	3	8	30	12	38	≥ 115	
	5	16	50	22	65	≥ 175	
	6	20	60	27	80	≥ 210	
	8	25	80	33	105	≥ 260	
JIS Z 2201 (13A)		20	80	30	120		
JIS Z 2201 (13B)		12,5	50	20	60		
JIS Z 2201/ 5)		25	50	30	60		
JIS Z 2201/1B)		25	200	30	220		
JIS Z 2201/1A)		40	200		220		
ASTM E8		12,5	50	20	60	≥ 200	0,05
		40	200	50	225	≥ 450	0,1

$$R = \frac{\varepsilon_w}{\varepsilon_h} = \frac{\ln\left(\frac{W_0}{W_{15\%}}\right)}{\ln\left(\frac{W_{15\%}L_{15\%}}{W_0L_0}\right)} \quad (\text{Persamaan 3.1})$$

Dimana : W_0 = lebar awal
 $W_{15\%}$ = lebar pada regangan 15%
 H_0 = tebal awal
 $H_{15\%}$ = tebal pada regangan 15%

Karena pengukuran tebal secara langsung akan memberikan kesalahan yang besar, maka pengukuran dilakukan menggunakan lebar dan panjang, sehingga persamaan 3.1 dapat ditulis kembali seperti pada persamaan 3.2 menggunakan volume konstan.

$$R = \frac{\varepsilon_w}{\varepsilon_h} = \frac{\ln\left(\frac{W_0}{W_{15\%}}\right)}{\ln\left(\frac{h_0}{h_{15\%}}\right)} \quad (\text{Persamaan 3.2})$$

Dimana : L_0 = panjang awal
 $L_{15\%}$ = panjang setelah regangan 15%

Pengukuran lebar dilakukan sebanyak sepuluh kali pada daerah yang berbeda tiap sampel, sedangkan pengukuran panjang hanya satu kali, pengukuran tersebut dilakukan sebelum dan sesudah sampel dilepas dari beban. Karena sebagian besar lembaran aluminium hasil pengerolan memperlihatkan variasi sifat elastis dan sifat plastis terhadap orientasi bidang lembaran, maka biasanya bagi anisotropi normal digunakan parameter R yang merupakan hasil rata-rata R pengukuran terhadap arah pengerolan dengan sudut yang berbeda-beda.

$$\text{Nilai R rata-rata} = (R_0 + 2R_{45} + R_{90})/4$$

Bila nilai $R = 1$, material bersifat isotropi yaitu regangan material dalam berbagai arah adalah sama. Untuk material dengan penggunaan proses penarikan

dalam (*deep drawing*) maka material yang sesuai adalah regangan dalam arah lebar harus lebih besar dari arah tebal sehingga nilai R nya > 1 .

3.2.6 Pengujian *Limiting Drawing Ratio (LDR)*

Pengujian *limiting drawing ratio* dilakukan menggunakan mesin Cupper Minster 160 – 84, dengan satu ukuran *blank* yang sama dan 3 macam diameter *punch* yang berbeda seperti dapat dilihat pada Tabel 3.3 tersebut dibawah ini.

Tabel 3.3 Data *Blank Diameter* dan *Punch Diameter*

Blank Dia (mm)	Punch Dia (mm)
139,57	86,28
	90,00
	93,00
	96,00

LDR dihitung dengan membandingkan antara *blank diameter* dengan *punch diameter* dan untuk mengetahui hubungannya dengan *tear off rate* maka pengujian dilanjutkan dengan pembentukan pada mesin *body maker*.

3.2.7 Pengujian Kegagalan Proses (*Tear Off Rate*) Dengan *Drawn Wall Ironing*

Untuk mengetahui sifat mampu bentuk material (*formability*) maka dilakukan pengujian *drawn wall ironing* menggunakan mesin *body maker* ragsdel dengan kecepatan 175 *sroke/menit*. Lalu dihitung jumlah kegagalan yang terjadi pada proses tersebut dan dikonversikan dalam per sejuta.

Jalannya proses percobaan adalah sebagai berikut, gulungan aluminium diletakkan pada mesin pembuka gulungan coil (*uncoiler*) yang ditarik oleh *feed roll* menuju ke mesin pembuat *cup* (*cupper*). Pembentukan pada mesin *cupper* disimulasikan dengan menggunakan 3 macam diameter *punch* yang berbeda, lalu dihitung LDR nya pada masing-masing ukuran *punch* tersebut. Hasil proses yang sudah dalam bentuk *cup* lalu diteruskan dengan proses selanjutnya yaitu pembentukan badan kaleng dengan proses *drawn wall ironing* pada mesin *body maker*. Pada pengujian ini digunakan pelumas dan cairan pendingin (*coolant*)

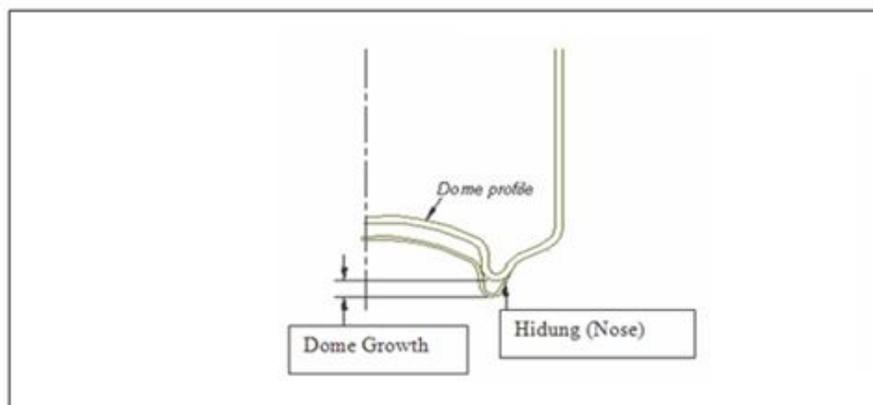
yang sama pada ketiga sampel. *Coolant* yang digunakan adalah DTI 361 produk dari Henkel dengan konsentrasi 3%, dan temperatur 45° C. Hasil pembentukan lalu diamati dan dihitung jumlah kegagalannya dan dibandingkan dari ketiga sampel tersebut untuk mengetahui yang terbaik. Pengujian ini adalah sebagai perbandingan terhadap hasil pengujian tarik yang terdiri dari kekuatan luluh (*yield strength*), kekuatan tarik (*tensile strength*) dan regangan (*elongation*). Material dengan *yield strength* dan *tensile strength* yang tinggi biasanya mempunyai nilai kegagalan yang lebih tinggi, dan material dengan nilai *elongation* yang tinggi akan menghasilkan kegagalan yang lebih rendah. Dalam penelitian ini material yang ingin ditemukan adalah yang memiliki kekuatan tinggi akan tetapi *formability* nya juga baik.

3.2.8 Pengujian Kekuatan Kaleng

Ada tiga macam kekuatan kaleng yang harus diuji sehubungan dengan perubahan material yaitu: pertumbuhan permukaan bagian bawah kaleng (*dome growth*), deformasi secara total bagian bawah kaleng (*dome reversal pressure – DRP*) dan kekuatan badan kaleng menahan gaya vertikal (*axial load*).

3.2.8.1 Pengujian *Dome Growth*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan bagian bawah kaleng yang berbentuk cekung dengan kedalaman sesuai dengan standar yang telah ditentukan (*dome*), menahan tekanan dari dalam yang disebut *dome growth*. Pengujian ini adalah sebagai simulasi untuk mengetahui sejauh mana kekuatan bagian *dome* menahan tekanan dari dalam setelah diisi produk minuman berkarbonasi (CO₂). Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur *buckle tester* Khunke MK 500 buatan Khunke Jerman. Pada pengujian ini kaleng diberikan tekanan dari bagian dalam kaleng, lalu di ukur dengan *dial indicator* tingginya perubahan pada *dome* (*deformasi*) tersebut. Data hasil pengukuran di plot dalam sebuah grafik. Gambar 3.2 adalah merupakan sketsa *dome growth* yang terjadi setelah diberikan tekanan dari bagian dalam.



Gambar 3.2 Sketsa *Dome Growth*

Pertumbuhan *dome* (*dome growth*) ini adalah suatu proses deformasi plastis dari aluminium, dimana secara mikroskopik terjadi pergeseran struktur bidang kristal. Pergeseran ini terjadi karena adanya gaya yang mengakibatkan *tensile stress* sampai diatas batas kritis *yield stress* (Sanders, 2001).

Jalannya pengujian adalah, kaleng diletakkan pada posisi *mandrel* alat ukur yang bekerja secara otomatis apabila ditekan tombol “test”. Pertumbuhan atau pergerakan naiknya permukaan *dome* diamati dan diukur sejalan dengan diberikannya tekanan angin kedalam kaleng tersebut. Hasil dari ketiga sampel lalu dibandingkan, sedangkan kekuatan yang diinginkan adalah *dome reversal pressure* harus diatas 90 PSI (620,53 kilopascal). Semakin rendah *dome growth* terhadap besarnya tekanan yang diberikan menunjukkan semakin kuat material yang digunakan yang berarti semakin baik. *Dome growth* adalah gejala awal proses terjadinya *dome reversal pressure*.

3.2.8.2 Pengujian Kekuatan Total Bagian Bawah Kaleng (*Dome Reversal Pressure – DRP*)

Sebagaimana halnya *dome growth*, pengujian kekuatan total bagian bawah kaleng juga dilakukan dengan menggunakan *buckle tester* Khunke MK 500. Kekuatan bagian bawah kaleng secara total adalah terjadinya *deformasi* plastis setelah kaleng diberikan tekanan dari dalam. Pengujian dilakukan menggunakan *Buckle tester Khunke MK 500* yang dapat bekerja secara otomatis dan langsung berhenti setelah terjadinya *buckle*. Kekuatan ini sangat penting dalam

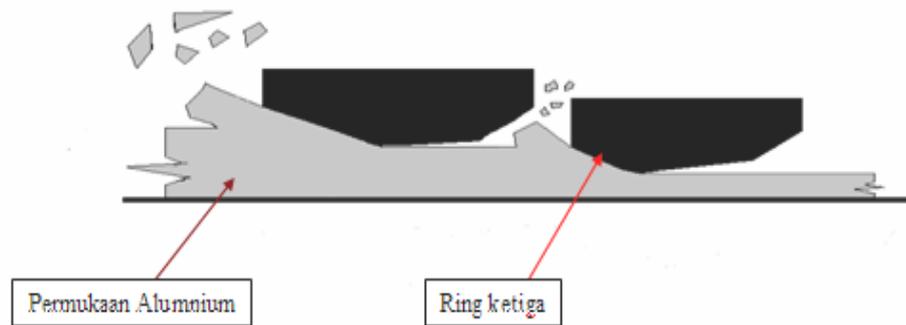
hubungannya dengan penurunan ketebalan material yang digunakan. Bentuk akhir dari hasil pengujian DRP adalah bentuk *dome* yang menonjol keluar akibat dari deformasi plastis. Hasil pengujian lalu dibandingkan dengan ke tiga macam sampel dan standar yang harus dicapai yaitu minimum 620,53 kilopascal. Seperti halnya *dome growth*, *buckle* juga diakibatkan terjadinya pergeseran bidang struktur kristal akibat terjadinya stress yang berlebihan.

3.2.8.3 Pengujian Kekuatan Badan Kaleng Menahan Gaya Vertikal (*Axial Load*)

Kerusakan *Axial load* terjadi karena adanya deformasi plastis akibat gaya vertikal yang diberikan. Pengujian ini dilakukan sebagai simulasi terhadap proses pemasangan tutup di pelanggan pada waktu kaleng diisi dengan produk minuman, dimana dilakukan penekanan secara vertikal agar terbentuknya lipatan antara badan kaleng dengan tutupnya, yang disebut lipatan ganda (*double seaming*). Adapun tekanan yang diberikan pada proses ini adalah 45 ~ 58 kg. Dengan demikian kekuatan badan kaleng menahan gaya vertikal sangat penting diperhatikan sehubungan dengan dilakukannya perubahan material yang digunakan. Pengukuran *axial load* dilakukan menggunakan *Khunke Axial Load Tester*. Badan kaleng dengan kekuatan menahan *axial load* yang rendah akan mengakibatkan kerusakan pada proses penutupan yang disebut *collapse*. Hasil pengukuran dari ketiga sample lalu dibandingkan satu sama lain dan diolah dengan metoda statistik *NWA Quality Analyst 5,1*.

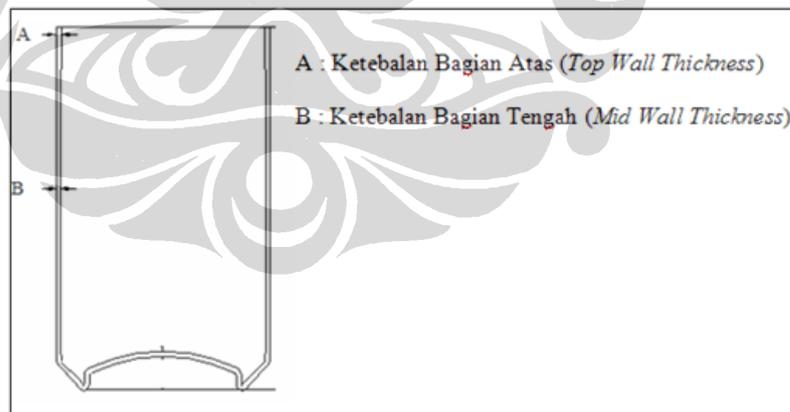
2.2.9 Pengujian Ketebalan Badan Kaleng

Sehubungan dengan perubahan material, pengujian ketebalan badan kaleng perlu dilakukan, walaupun ketebalan badan kaleng adalah dibentuk oleh besarnya perbedaan diameter *punch* dengan *ring* ketiga (*gap*). Akan tetapi aliran (*flow*) material pada waktu terjadinya proses penipisan badan kaleng (*wall ironing*) juga dipengaruhi oleh sifat-sifat material yang digunakan. Proses penipisan badan kaleng diperlihatkan pada sketsa Gambar 3.3, dimana terjadi gesekan antara *punch* dengan *ring* yang mengakibatkan terjadinya aliran (*flow*) material sepanjang badan kaleng tersebut.



Gambar 3.3 Sketsa Proses Penipisan Badan Kaleng

Sehubungan dengan proses dan kualitas yang ingin dicapai, ada dua titik penting pada badan kaleng yang perlu dikendalikan ketebalannya, yaitu pada bagian tengah antara jarak dari atas dan bawah dan pada jarak 7 mm dari ujung bagian atas kaleng. Ketebalan pada bagian tengah dinding kaleng perlu dikendalikan karena akan berhubungan dengan kekuatan kaleng menahan gaya vertikal (*axial load*) dan ketebalan dibagian atas berhubungan dengan proses penutupan di pelanggan (*double seaming*). Gambar 3.4 memperlihatkan konstruksi badan kaleng pada posisi ketebalan yang berbeda.

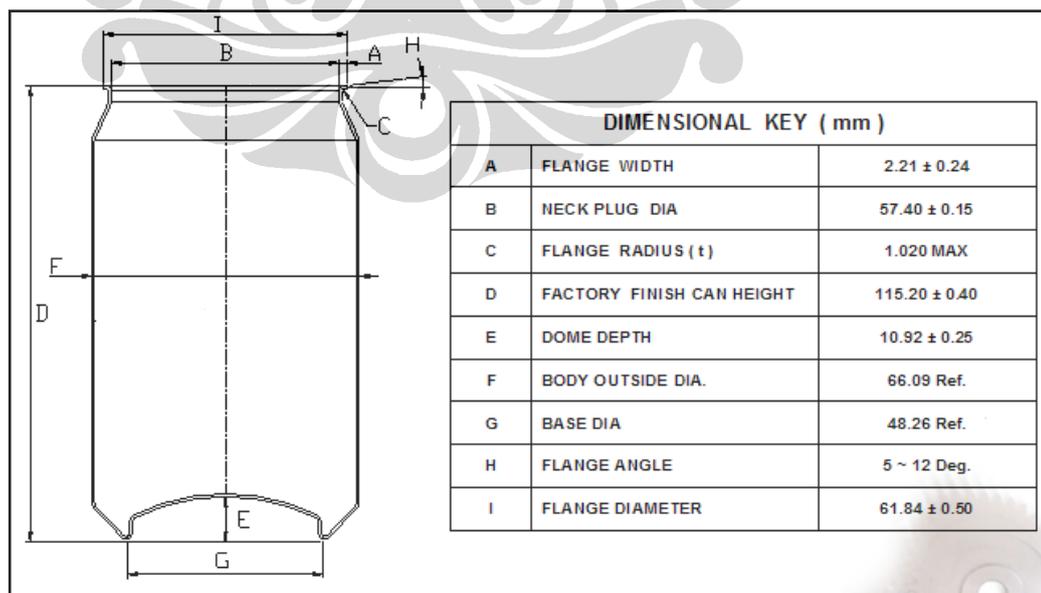


Gambar 3.4 Sketsa Ketebalan Badan Kaleng

Pengukuran ketebalan bagian atas dan tengah badan kaleng dilakukan menggunakan alat ukur *Versatile Front End* buatan *Versatile Australia* yang bekerja secara semi otomatis. Kaleng diletakkan pada *mandrel* yang telah tersedia lalu alat ukur bekerja setelah ditekan tombol test.

3.2.10 Pengujian Ketinggian Badan Kaleng (*Finish Can Height*)

Ketinggian badan kaleng mengikuti standar internasional agar antara satu perusahaan kaleng (*can manufacturing*) dengan perusahaan sejenis lainnya membuat kaleng dengan tinggi yang sama, dengan tujuan agar suatu pelanggan dapat melakukan proses penutupan kaleng tanpa melakukan perubahan pada mesin mereka. Mengingat proses pembentukannya maka ketinggian kaleng perlu dilakukan pengujian pada setiap dilakukan penggantian material aluminium. Tinggi badan kaleng berhubungan dengan proses *double seaming* pada waktu penutupan kaleng setelah pengisian, yaitu berpengaruh terhadap panjang pendeknya tekukan badan kaleng (*body hook*) pada *double seaming* yang pada akhirnya berpengaruh terhadap kebocoran. Pengujian tinggi kaleng dilakukan dengan menggunakan *Versatile Back End* buatan Versatile Australia yang bekerja secara semi otomatis. Badan kaleng diletakkan pada lokasi yang telah ditentukan, lalu pengukuran berlangsung setelah ditekan tombol test. Dimensi badan kaleng secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.5 dibawah ini, dimana memperlihatkan dimensi kunci yang harus dipenuhi agar bisa diterima oleh pelanggan.



Gambar 3.5 Sketsa Dimensi Kunci Badan Kaleng

3.2.11 Pengujian Diameter Dalam Leher Kaleng (*Neck Inside Diameter*)

Seperti halnya ketinggian badan kaleng, diameter leher kaleng bagian dalam juga mempunyai hubungan yang erat terhadap sifat-sifat material yang digunakan. Maka dari itu perlu dilakukan pengujian pada setiap perubahan material yang digunakan, dimensi ini juga berhubungan dengan proses penutupan, karena diameter tutup yang digunakan adalah mempunyai ukuran yang tetap. Dimensi yang berada diluar standar akan mengakibatkan kegagalan proses penutupan dan berpotensi ditolak oleh pelanggan. Pengujian diameter leher kaleng dilakukan menggunakan *Versatile Back End* yang bekerja secara semi otomatis. Dimensi *neck inside diameter* dapat dilihat pada gambar 3.5.

3.2.12 Pengujian Lebar Bibir Kaleng (*Flange Width*)

Pembentukan lebar bibir kaleng juga berhubungan dengan sifat-sifat mekanik material yang digunakan. Karena lebar bibir kaleng juga berpengaruh terhadap proses penutupan kaleng setelah diisi oleh pelanggan, maka perlu dilakukan pengujian agar tidak terjadi kegagalan. Dimensi *flange width* dapat dilihat pada Gambar 3.5 tersebut diatas.

3.3 Analisis Kelayakan Penggunaan Material Secara Komersial

Sebelum digunakan secara komersial material aluminium yang diperuntukkan sebagai bahan baku badan kaleng perlu dilakukan analisis secara statistik, untuk mendapatkan indeks yang telah ditentukan sebagai acuan. Data hasil pengujian seperti yang telah disebutkan sebelumnya, di olah menggunakan software NWA Quality Analyst 5.1 (*Statistical Process Control – SPC*), dimana hasilnya akan dijadikan untuk interpretasi kestabilan dan kemampuan proses (*stability and capability process*). Kestabilan proses ditentukan dengan cara menghitung dan membuat grafik rata-rata (*X-bar chart*) dan grafik range (*R-chart*), sedangkan kemampuan proses ditentukan dengan menghitung indeks Cpk. Adapun indeks Cpk adalah merupakan suatu nilai yang dipengaruhi oleh mesin, material, metode kerja, orang dan lingkungan.

Suatu material baru bisa digunakan secara komersial apabila dari hasil pengolahan secara statistik terhadap data hasil pengujian dimensinya dapat

memenuhi kriteria yang sesuai dengan permintaan pelanggan yaitu *stable and capable*.

3.3.1 Analisis Kestabilan Proses (*Process Stability*)

Analisis kestabilan proses dilakukan dengan menggunakan *software* NWA Quality Analyst 5.1, yaitu dengan memasukkan data hasil pengukuran ke dalam program tersebut, lalu didapat grafik rata-rata dan grafik range. Hasil tersebut lalu diinterpretasikan berdasarkan standar yang telah ditentukan untuk menentukan apakah proses tersebut stabil atau tidak. Grafik rata-rata diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 2.10, 2.11 dan 2.12. Grafik R diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 2.13, 2.14 dan 2.15. Hasil grafik rata-rata dan grafik *range* lalu diinterpretasikan dengan ketentuan yang berlaku.

3.3.2 Analisis Kemampuan Proses (*Process Capability*)

Analisis kemampuan proses dilakukan menggunakan *software* NWA Quality Analyst 5.1, dengan cara memasukkan data hasil pengukuran ke dalam program komputer tersebut lalu didapatkan indeks Cpk. Perhitungan indeks Cpk dilakukan menggunakan persamaan 2.16, 2.17, dan 2.18, selanjutnya dilakukan interpretasi terhadap standar yang diinginkan.