

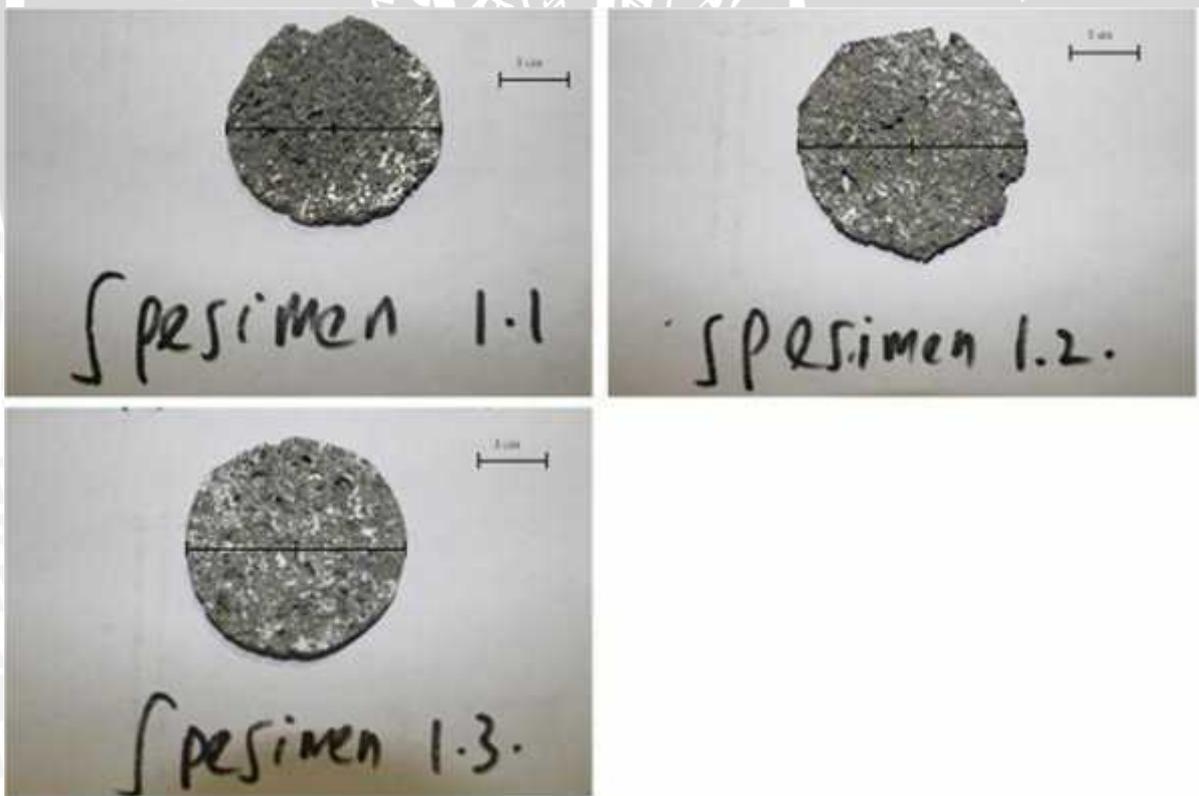
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

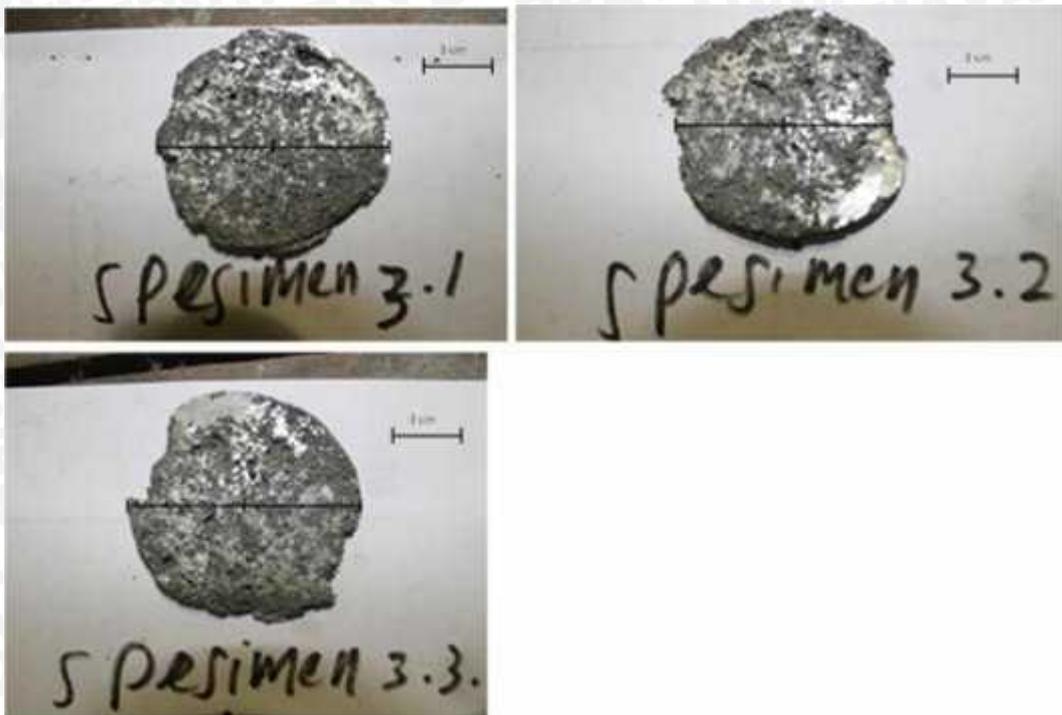
#### 4.1 Persiapan Pengambilan Data

##### 4.3.1 Perhitungan Nilai Porositas Elektroda

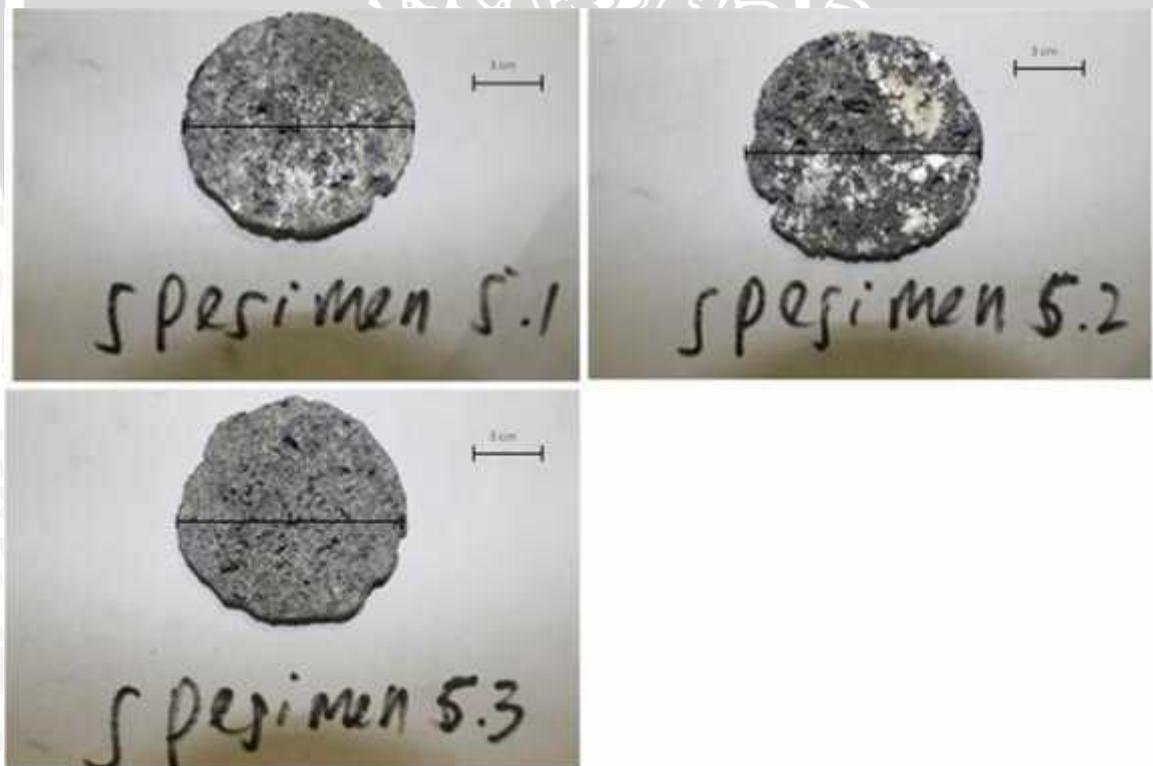
Hasil pengecoran elektoda dengan penambahan *blowing agent*  $\text{CaCO}_3$  didapatkan berbagai macam variasi kadar porositas, penambahan *blowing agent* dilakukan pada saat peleburan logam di suhu 750 derajat celcius, *blowing agent*  $\text{CaCO}_3$  mengalami reaksi penguraian yang menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  seperti yang dijelaskan pada subbab 2.7.4, gas  $\text{CO}_2$  yang terdapat pada proses pengecoran akan terjebak selama solidifikasi dan menghasilkan rongga dan menimbulkan porositas pada elektroda. Elektroda diambil dari 3 macam penambahan  $\text{CaCO}_3$  1%, 3%, dan 5% sama banyak (3 buah tiap penambahan). Dari 9 macam elektroda didapatkan 9 macam kadar porositas yang bervariasi sehingga perlu dilakukan pengukuran kadar porositas dari elektroda.



Gambar: 4.1 Spesimen 1.1; 1.2; 1.3 elektroda aluminium air battery



Gambar: 4.2 Spesimen 3.1; 3.2; 3.3 elektroda aluminium air battery



Gambar: 4.3 Spesimen 5.1; 5.2; 5.3 elektroda aluminium air battery

Porositas adalah perbandingan densitas dari sebuah perbandingan dari densitas *apparent* (aktual) dan densitas yang sebenarnya, densitas *apparent* didapatkan dari hasil

pengolahan data yang didapatkan dengan menimbang massa elektroda di udara (lingkungan) dan massa di dalam air, kemudian kedua massa itu dibandingkan lalu dikalikan dengan massa jenis air. Seperti yang ditunjukkan dengan rumus dibawah, hasil dari densitas *apparent* dapat dilihat di tabel 4.1. True *density* menunjukkan massa sebenarnya dari elektroda apabila pada elektroda tersebut tidak mengalami cacat rongga,

Tabel 4.1 Tabel Hasil Olahan Data Porositas Spesimen

| Spesimen no. | Ws (gr) | Wsb – Wb (gr) | $\frac{W_s}{\rho^s}$ | $\frac{W_b}{\rho^b}$ | Porositas (%) |
|--------------|---------|---------------|----------------------|----------------------|---------------|
| 1.1          | 6,90    | 2,32          | 1,51                 | 2,74                 | 44,99         |
| 1.2          | 7,03    | 2,46          | 1,54                 | 2,74                 | 43,81         |
| 1.3          | 8,85    | 3,88          | 1,78                 | 2,74                 | 34,96         |
| 3.1          | 14,68   | 7,76          | 2,12                 | 2,75                 | 22,88         |
| 3.2          | 15,58   | 8,33          | 2,15                 | 2,75                 | 21,90         |
| 3.3          | 11,54   | 4,64          | 1,67                 | 2,75                 | 39,23         |
| 5.1          | 11,25   | 4,92          | 1,78                 | 2,80                 | 36,52         |
| 5.2          | 7,56    | 4,45          | 2,43                 | 2,80                 | 13,25         |
| 5.3          | 10,47   | 6,06          | 2,37                 | 2,80                 | 15,28         |

Pada pengujian kali ini komposisi dari elektroda aluminium bergantung pada jenis aluminium alloy yang digunakan, serta pada proses penambahan *blowing agent*  $\text{CaCO}_3$ . Pada tabel 4.2 dijelaskan mengenai jumlah kadar aluminium dan kadar kalsium yang didapat dari pengujian XRF, kadar aluminium adalah sumber dari baterai ini. Semakin banyak kadar kalsium yang ada pada tiap-tiap spesimen akan mengurangi jumlah kadar aluminium yang dikandung sehingga dapat mempengaruhi hasil tegangan listrik akibat proses elektrokimianya

Tabel 4.2 Data Kadar Komposisi Aluminium Dan Kalsium Elektroda

| Spesimen No. | Kadar (%)           |                   |
|--------------|---------------------|-------------------|
|              | Komposisi Aluminium | komposisi Kalsium |
| 1.1          | 83,7                | 5,08              |
| 1.2          | 83,7                | 5,08              |
| 1.3          | 83,7                | 5,08              |
| 3.1          | 91,19               | 2,09              |
| 3.2          | 91,19               | 2,09              |
| 3.3          | 91,19               | 2,09              |
| 5.1          | 41,7                | 20                |
| 5.2          | 41,7                | 20                |
| 5.3          | 41,7                | 20                |

Dari data diatas terdapat data persentase porositas tiap-tiap spesimen, data tersebut didapatkan dari perhitungan rumus

$$\%P = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) * 100\%$$

Dengan:

$\%P$  = persentase porositas

$\rho_s$  = Apparent Density

$\rho_{th}$  = true density

Untuk mencari nilai *true density* digunakan rumus sebagai berikut

$$\rho_{th} = \frac{100}{\left\{ \left( \frac{\%U_1}{\rho_{U_1}} \right) + \left( \frac{\%U_2}{\rho_{U_2}} \right) + \left( \frac{\%U_3}{\rho_{U_3}} \right) + \dots \right\}}$$

Dengan:

$\rho_{th}$  = true density ( $gr/cm^3$ )

$\rho_{U_n}$  = densitas unsur ( $gr/cm^3$ )

$\%U_n$  = persentase berat unsur (%)

Dan nilai *apparent density* didapatkan dari rumus

$$\rho_s = \rho_w \frac{w_s}{w_s - (w_{sb} - w_b)}$$

Dengan:

$\rho_s$  = Apparent Density

$\rho_w$  = densitas air ( $gr/cm^3$ )

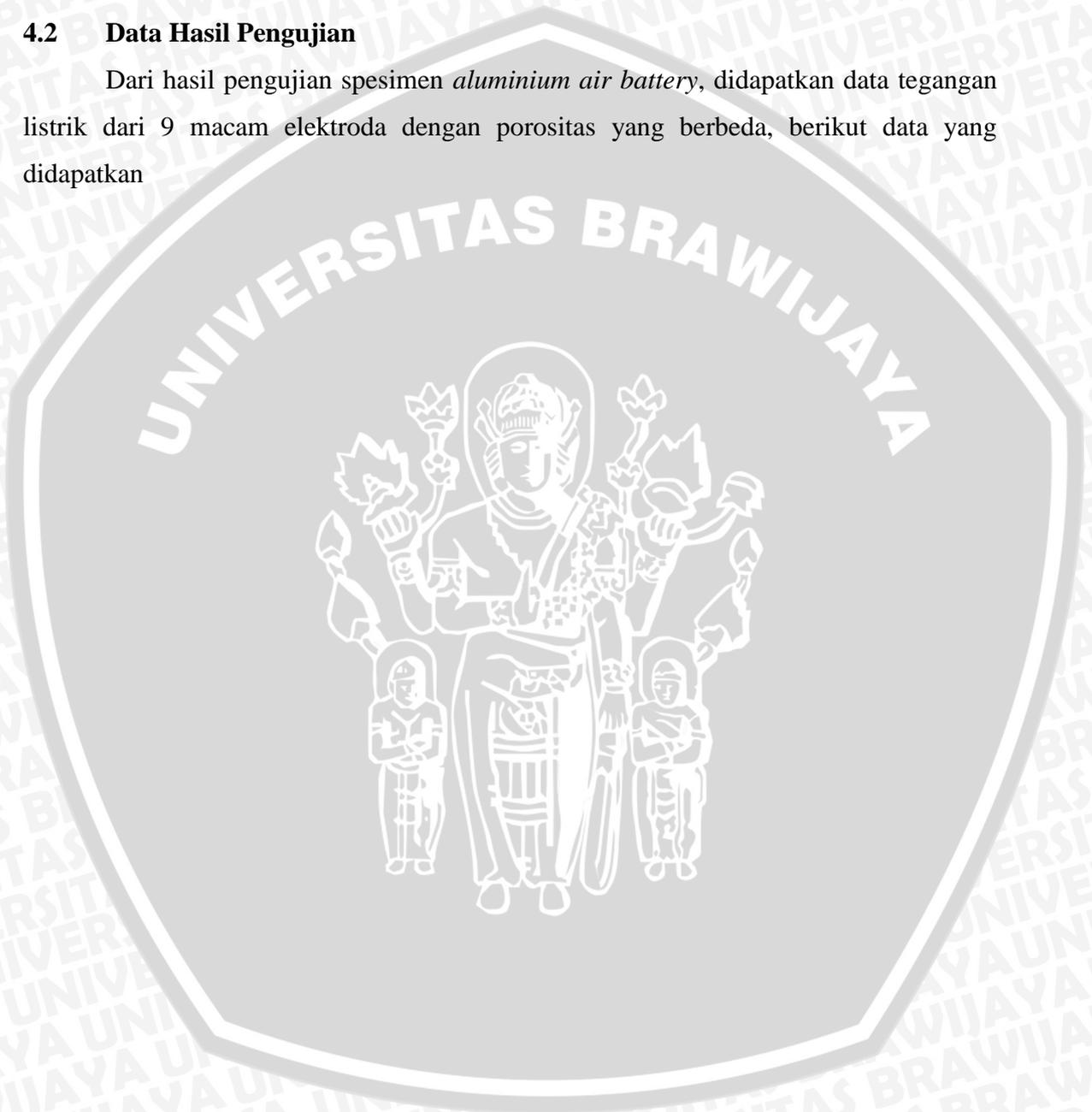
$w_s$  = berat sampel di udara (gr)

$w_b$  = berat keranjang dalam air (gr)

$w_{sb}$  = berat sampel dan keranjang dalam air (gr)

#### 4.2 Data Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian spesimen *aluminium air battery*, didapatkan data tegangan listrik dari 9 macam elektroda dengan porositas yang berbeda, berikut data yang didapatkan



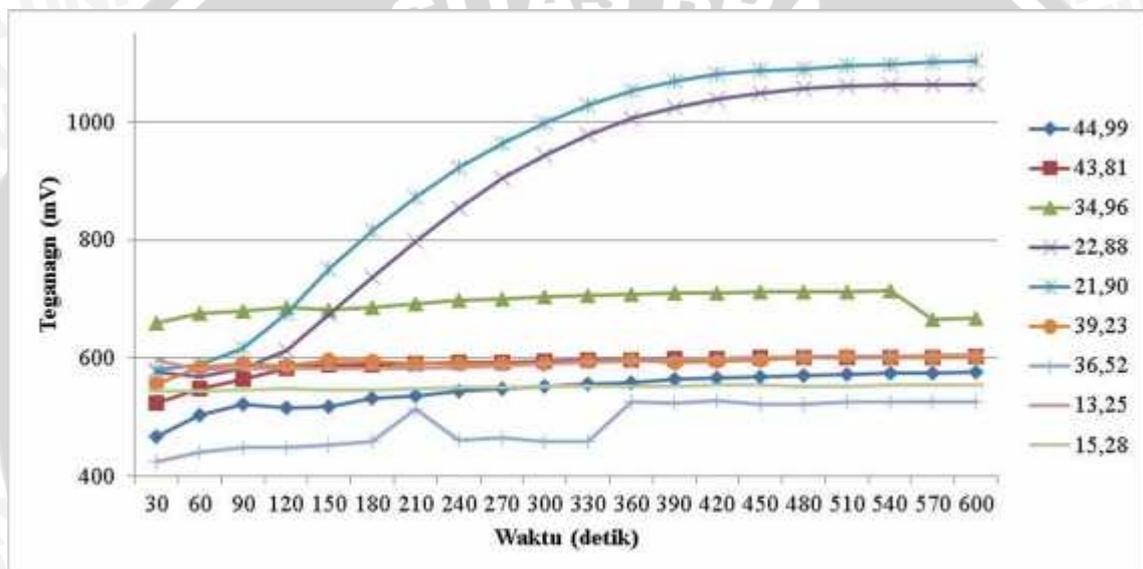
Tabel 4.3 Data pengujian *aluminium air battery*

| Spesimen No   | 1.1           | 1.2   | 1.3   | 3.1   | 3.2   | 3.3   | 5.1   | 5.2   | 5.3   |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Porositas (%) | 44,99         | 43,81 | 34,96 | 22,88 | 21,90 | 39,23 | 36,52 | 13,25 | 15,28 |
| Waktu (s)     | Tegangan (mV) |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 30            | 466           | 523   | 660   | 576   | 580   | 557   | 425   | 597   | 543   |
| 60            | 503           | 549   | 676   | 569   | 588   | 584   | 441   | 581   | 545   |
| 90            | 521           | 565   | 680   | 582   | 617   | 591   | 448   | 583   | 547   |
| 120           | 515           | 582   | 685   | 613   | 675   | 587   | 448   | 583   | 548   |
| 150           | 518           | 588   | 681   | 673   | 750   | 597   | 453   | 582   | 547   |
| 180           | 531           | 588   | 686   | 737   | 816   | 594   | 459   | 583   | 546   |
| 210           | 536           | 591   | 692   | 798   | 873   | 591   | 514   | 583   | 549   |
| 240           | 544           | 592   | 697   | 855   | 923   | 590   | 461   | 584   | 551   |
| 270           | 548           | 593   | 700   | 905   | 963   | 590   | 464   | 587   | 551   |
| 300           | 552           | 595   | 704   | 943   | 998   | 590   | 459   | 591   | 552   |
| 330           | 556           | 596   | 706   | 977   | 1029  | 595   | 459   | 593   | 552   |
| 360           | 558           | 597   | 708   | 1005  | 1052  | 597   | 525   | 595   | 553   |
| 390           | 564           | 598   | 710   | 1025  | 1068  | 592   | 524   | 598   | 553   |
| 420           | 566           | 598   | 711   | 1038  | 1080  | 594   | 527   | 599   | 554   |
| 450           | 568           | 600   | 712   | 1049  | 1088  | 597   | 522   | 601   | 554   |
| 480           | 571           | 600   | 713   | 1056  | 1090  | 600   | 522   | 602   | 553   |
| 510           | 572           | 600   | 713   | 1060  | 1095  | 602   | 525   | 602   | 553   |
| 540           | 574           | 601   | 714   | 1062  | 1098  | 600   | 526   | 603   | 554   |
| 570           | 575           | 601   | 665   | 1063  | 1102  | 601   | 526   | 604   | 554   |
| 600           | 577           | 602   | 668   | 1062  | 1103  | 602   | 525   | 604   | 555   |

### 4.3 Pembahasan Grafik

Dalam Penelitian ini semua data yang diperoleh dari penelitian dan data yang diperoleh dari pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik agar mempermudah dalam melakukan analisa dan pembahasan. Data berupa tegangan listrik yang dihasilkan dari proses elektrokimia oleh ke-9 elektroda dengan macam persentase porositas yang berbeda .

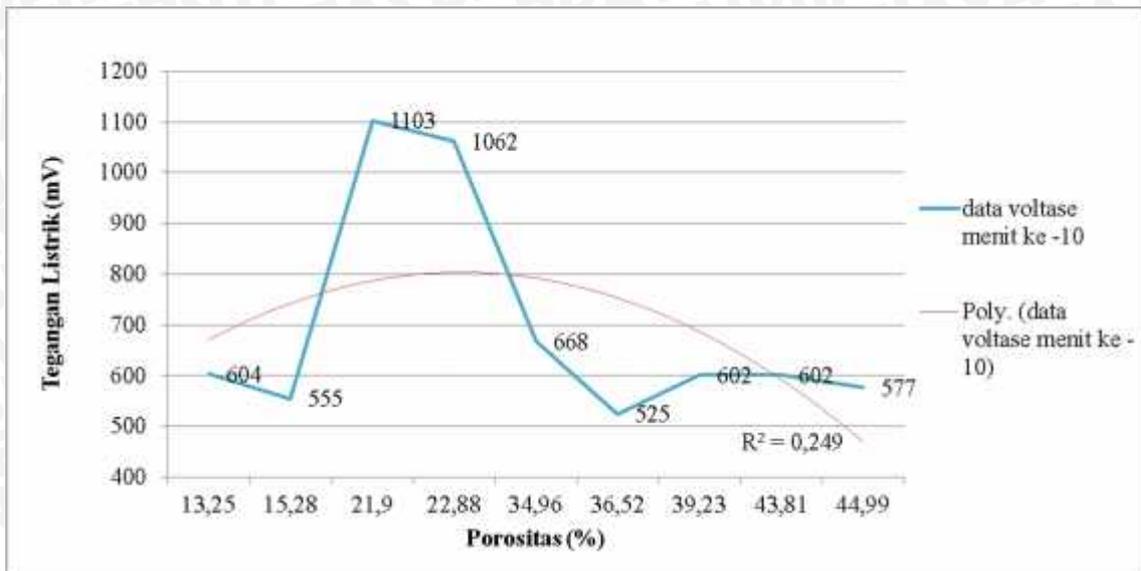
#### 4.3.1 Grafik Hubungan Antara Porositas Terhadap Tegangan Listrik Yang Dihasilkan



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Elektroda Dengan Persentase Porositas Yang Berbeda Terhadap Tegangan Listrik Yang Dihasilkan Dari Detik 30 Sampai Menit Ke - 10

Pada Gambar 4.4 mengenai grafik hubungan elektroda dengan persentase porositas yang berbeda terhadap tegangan listrik *aluminium air battery*, terlihat bahwa terjadi peningkatan tegangan yang dihasilkan dari awal detik 30 sampai menit ke 10 pada masing-masing elektroda. Tetapi pada masing-masing elektroda terjadi peningkatan yang tidak seragam, dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa ada 3 macam jenis garis yang menunjukkan peningkatan tegangan hasil dari reaksi elektrokimia, seperti pada elektroda yang menghasilkan tegangan paling maksimal dengan porositas 21,9% dan 22,88%, pada elektroda tersebut tegangan minimum sebesar 580 mV, dan maksimal terjadi pada menit ke-10 sebesar 1103 mV, tegangan yang dihasilkan cenderung mengalami peningkatan drastis dari detik awal hingga akhir, ada juga pengikatan yang dari detik awal hingga akhir cenderung konstan seperti yang dihasilkan

dari porositas 44,99%, 43,81%, 39,23%, 13,25%, dan 15,28%. Dan juga terjadi nilai tegangan hasil reaksi yang bernilai fluktuatif pada elektroda aluminium dengan porositas elektroda 34,96% dan 36,52%, pada elektroda dengan porositas seberar 36,25% dengan penurunan senilai 53 mV pada detik ke-240 dan kenaikan drastis senilai 66 mV pada detik ke- 360. Ketiga macam grafik tersebut terjadi akibat dari pengaruh besar persentase porositas elektroda yang diujikan, semakin besar porositas elektroda maka akan semakin cepat reaksi yang ditimbulkan (laju reaksi tinggi) sehingga reaksi akan cenderung konstan karena reaksi elektrokimia akan berada di titik optimal dan tidak ada peningkatan tegangan kembali, karena jumlah porositas dari elektroda berhubungan langsung dengan luas penampang reaksi elektrokimia *aluminium air battery*. Sedangkan pada grafik yang mengalami peningkatan drastis yaitu pada elektroda yang menghasilkan tegangan dengan kadar porositas 21,9% dan 22,88%, dapat dijelaskan bahwa pada kadar porositas ini reaksi akan berlangsung perlahan hingga akhirnya berada pada hasil maksimal di detik ke-480. Sedangkan pada grafik yang menunjukkan hasil tegangan yang fluktuatif yaitu pada elektroda dengan kadar porositas 34,96% dan 36,52% hal ini bisa dianggap sebagai penyimpangan, penyimpangan yang terjadi dimungkinkan akibat kurang meratanya pori dari kedua elektroda tersebut sehingga laju reaksi akan mengalami hasil yang naik, kemudian turun, dan naik lagi.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Elektroda Dengan Persentase Porositas Yang Berbeda Terhadap Tegangan Listrik Yang Dihasilkan Pada Menit Ke-10

Sedangkan pada Gambar 4.5 dijelaskan bahwa tegangan listrik tertinggi dihasilkan dari porositas sebesar 21,9% dan terendah dihasilkan dari porositas 36,25%, dapat dilihat bahwa kecenderungan grafik adalah semakin besar porositas maka tegangan akan meningkat lalu kemudian menurun, hal ini terjadi karena semakin besar porositas pada kadar tertentu luas bidang kontak semakin tinggi sehingga jumlah reaksi elektrokimia akan semakin optimal tetapi bila kadar porositasnya terlalu tinggi maka jumlah aluminium sebagai sumber reaksi akan semakin berkurang sehingga tegangan listrik yang dihasilkan akan menurun.

Faktor kurang optimalnya tegangan listrik yang dihasilkan adalah adalah komposisi kimia dari elektroda aluminium yang ditunjukkan pada Tabel 4.2, tabel tersebut menjelaskan komposisi kimia elektroda setelah diberi penambahan *blowing agent* pada saat proses pembuatan elektroda aluminium dengan metode *casting*. Pada saat pengecoran,  $\text{CaCO}_3$  (kalsium karbonat) akan mengalami reaksi penguraian yang bisa dilihat pada sub bab 2.7.4, pada sub bab itu ditunjukkan bahwa kalsium karbonat menghasilkan gas karbondioksida dan kalsium oksida, apabila elektroda yang mempunyai porositas yang tinggi dianggap memiliki konsentrasi kalsium karbonat yang tinggi pula, karena porositas elektroda itu terbentuk dari penguraian kalsium karbonat, gas karbondioksida akan terperangkap pada saat solidifikasi dan kalsium oksida solid tercampur dalam aluminium cair dan mempengaruhi komposisi elektroda aluminium tersebut. Apabila semakin tinggi komposisi kalsium pada elektroda maka komposisi aluminium akan semakin sedikit pula sehingga tegangan listrik hasil reaksi elektrokimia

elektroda akan semakin rendah, karena aluminium adalah salah satu faktor terjadinya reaksi elektrokimia pada *aluminium air battery*.

