

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

(terlampir)

4.1.2 Contoh Perhitungan Data

Untuk contoh perhitungan data dari produktivitas *Brown's Gas* dan efisiensi dari generator HHO sebagai contoh diambil dari data pengujian variasi arus 6 ampere pada larutan aquades dengan penambahan fraksi massa katalis NaHCO_3 1.31%.

4.1.2.1 Perhitungan Energi Listrik pada Proses Elektrolisis

Energi listrik didapatkan dengan menghitung konsumsi daya generator HHO untuk proses elektrolisis. Konsumsi daya listrik dihitung dengan persamaan (2-6) berikut.

$$P = V \times I \text{ (Watt)} \quad (\text{Bird, 2010}) \text{ (2-6)}$$

Data yang diperoleh dari pengujian adalah :

$$V = 3.32 \text{ Volt}$$

$$I = 6 \text{ Ampere}$$

Maka dihasilkan konsumsi daya listrik sebesar :

$$\begin{aligned} P &= 3.32 \text{ Volt} \times 6 \text{ Ampere} \\ &= 19.94 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.1.2.2 Perhitungan Volume Alir *Brown's Gas*

Pengambilan data volume alir *Brown's Gas* diambil 1 menit dan diubah menjadi satuan waktu detik.

Volume alir *Brown's Gas* dihitung dengan persamaan (2-9) berikut.

$$Q = \frac{V}{t} \left[\frac{\text{ml}}{\text{s}} \right]$$

Di mana :

$$Q = \text{Debit (ml/s)}$$

$$V = \text{Volume } \textit{Brown's Gas} \text{ yang ditampung dalam gelas ukur (ml)}$$

$$t = \text{Waktu yang diperlukan untuk menghasilkan } \textit{Brown's Gas} \text{ (s)}$$

Maka diperoleh volume alir *Brown's Gas* :

$$\begin{aligned}
 Q &= 73.8 \text{ (ml/menit)} \\
 &= \frac{73.8 \text{ (ml)}}{60 \text{ (s)}} \\
 &= 1.23 \text{ (ml/s)}
 \end{aligned}$$

4.1.2.3 Perhitungan Efisiensi

Efisiensi generator HHO (η) dihitung dengan persamaan (2-10) berikut.

$$\eta_{\text{HHO}} = \frac{V_{\text{HHO}} \times \rho_{\text{HHO}} \times \text{LHV}_{\text{HHO}}}{P} \times 100\%$$

Di mana :

ρ_{HHO} = Massa jenis *Brown's Gas* [0.491167 gr/l]

LHV_{HHO} = Low Heating Value, nilai kalor bawah *Browns Gas* [13250 J/gr]

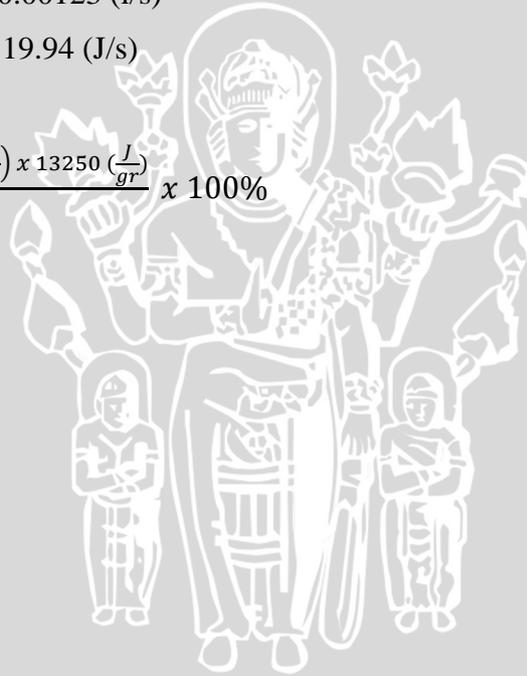
Data-data yang diperoleh saat pengujian adalah :

$$Q = 1.23 \text{ (ml/s)} = 0.00123 \text{ (l/s)}$$

$$P = 19.94 \text{ Watt} = 19.94 \text{ (J/s)}$$

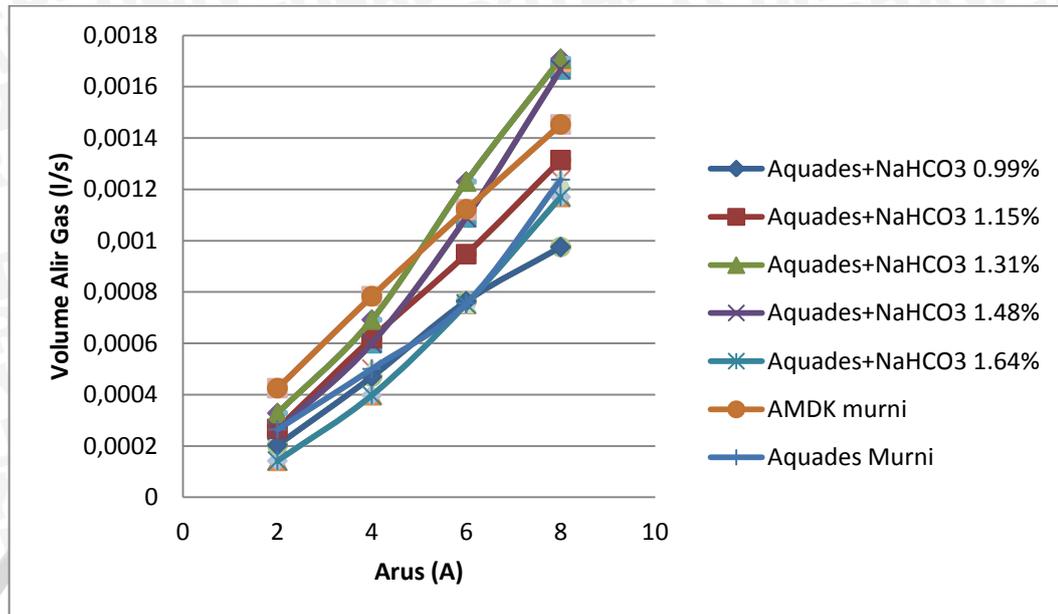
Maka :

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{0.00123 \left(\frac{\text{l}}{\text{s}}\right) \times 0.491167 \left(\frac{\text{gr}}{\text{l}}\right) \times 13250 \left(\frac{\text{J}}{\text{gr}}\right)}{19.94 \left(\frac{\text{J}}{\text{s}}\right)} \times 100\% \\
 &= 40.13\%
 \end{aligned}$$



4.2 Pembahasan Grafik

4.2.1 Grafik Hubungan Arus Terhadap Volume Alir Gas



Gambar 4.1 Grafik hubungan arus terhadap volume alir gas

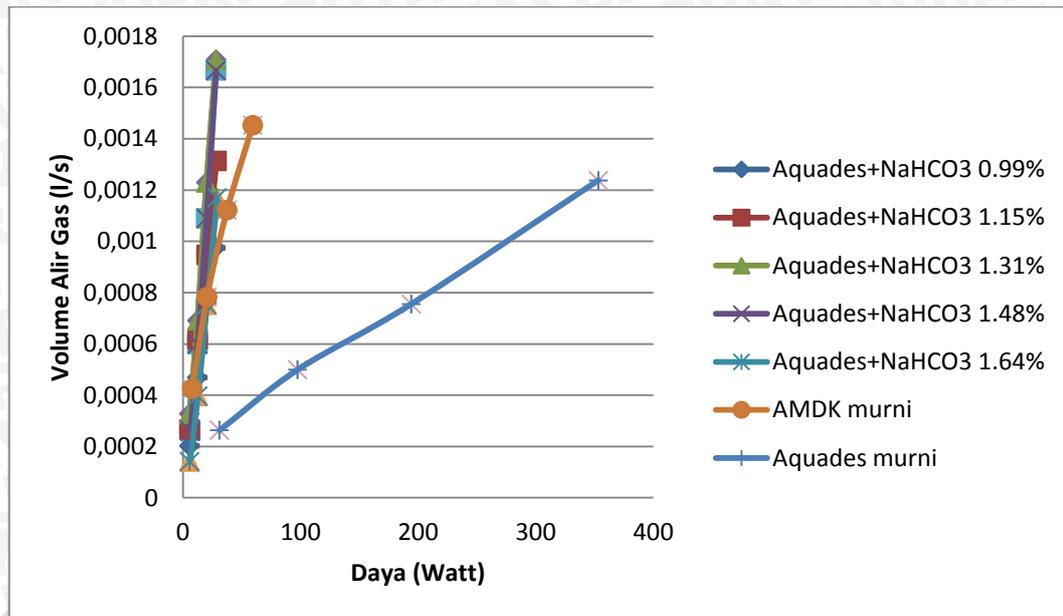
Arus listrik memiliki peranan penting dalam peningkatan produktivitas *Brown's Gas* dari suatu proses elektrolisis berupa volume alir gas. Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron yang mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Coulomb/detik (C/det) atau Ampere (A). Arus listrik dibangkitkan oleh dua kutub sumber listrik yang mempunyai beda potensial (Bird, 2010). Semakin besar arus yang dialirkan, maka produktivitas dari *Brown's Gas* akan semakin meningkat. Hal tersebut dijelaskan dalam teori yang dikemukakan oleh Michael Faraday pada hukum Faraday 1 yang berbunyi, "*Jumlah zat yang dihasilkan di elektroda sebanding dengan jumlah arus listrik yang melalui sel*". Oleh karena itu, penambahan besaran arus listrik akan meningkatkan volume alir dari *Brown's Gas* karena reaksi pemecahan molekul air oleh elektroda semakin cepat.

Di samping arus listrik, elektrolit juga mempengaruhi proses elektrolisis dalam peningkatan produktivitas *Brown's Gas*. Larutan elektrolit merupakan suatu senyawa yang apabila dilarutkan dalam pelarut akan menjadikan larutan tersebut dapat menghantarkan arus listrik yang juga dijelaskan oleh Michael Faraday bahwa elektrolit merupakan suatu zat yang dapat menghantarkan listrik jika berada dalam bentuk larutan (Chem, 2010). Elektrolit dalam air akan terdisosiasi ke dalam partikel-partikel

bermuatan listrik positif dan negatif yang disebut ion (ion positif dan ion negatif). Ion-ion inilah yang berfungsi untuk menghantarkan arus listrik. Menurut Margaret (2012), semakin banyaknya kandungan NaHCO_3 dalam air, maka kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik semakin besar. NaHCO_3 sebagai elektrolit akan terurai menjadi anion Na^+ dan kation HCO_3^- sehingga anion dan kation tersebut bertugas menghantarkan arus listrik dalam air. Penambahan katalis NaHCO_3 pada proses elektrolisis akan menurunkan energi yang dibutuhkan, sehingga laju reaksi pemecahan molekul air menjadi lebih cepat (Marlina, 2013). Namun, semakin banyak kandungan elektrolit yang digunakan pada pelarut akan membuat larutan elektrolit mencapai titik jenuhnya dengan kata lain larutan menjadi semakin pekat. Pada larutan pekat, pergerakan ion lebih sulit sehingga daya hantarnya menjadi lebih rendah (Hamdani, 2010).

Pada gambar grafik hubungan arus terhadap volume alir gas terlihat bahwa semakin besar arus yang digunakan maka volume alir gas akan semakin meningkat. Semakin besar penggunaan fraksi massa katalis NaHCO_3 yang digunakan terlihat bahwa volume alir gas juga semakin besar seiring bertambahnya arus. Namun, pada fraksi massa NaHCO_3 1.48% hingga 1.64% mengalami penurunan produktivitas gas dikarenakan larutan mencapai keadaan jenuhnya. Pada keadaan jenuh ini, pergerakan ion menjadi sulit sehingga daya hantar menjadi lebih rendah. Pada penggunaan larutan aquades murni, volume alir gas yang dihasilkan dengan penambahan besaran arus tidak terlalu besar dibandingkan dengan penggunaan larutan lainnya. Hal tersebut dikarenakan hambatan pada larutan besar sehingga kemampuan larutan untuk dihantarkan arus listrik rendah. Penggunaan AMDK (Air Minum Dalam Kemasan) sebagai larutan menghasilkan produktivitas gas berupa volume alir gas yang besar. Hal ini dikarenakan AMDK memiliki bermacam-macam kandungan yang dapat menjadi elektrolit di dalamnya untuk mempercepat laju reaksi pemecahan molekul air. Oleh karena itu, AMDK menghasilkan produktivitas *Brown's Gas* yang cukup besar dengan pertambahan arus listrik dikarenakan air mineral memiliki banyak kandungan mineral di dalamnya yang akan bertugas untuk menghantarkan arus listrik dengan cepat.

4.2.2 Grafik Hubungan Daya Terhadap Volume Alir Gas



Gambar 4.2 Grafik hubungan daya terhadap volume alir gas

Secara umum terlihat pada gambar 4.2 bahwa volume alir *Brown's Gas* bertambah seiring dengan bertambahnya daya listrik yang dikonsumsi. Hal ini terjadi karena semakin besarnya daya yang dikonsumsi maka arus yang digunakan juga semakin besar seiring pertambahannya besaran tegangan. Daya listrik yang digunakan dalam sembarang bagian dalam rangkaian DC sama dengan perkalian antara arus yang mengalir dengan voltase rangkaian (Bird, 2010). Semakin besar arus yang digunakan maka akan semakin besar pula reaksi pemecahan molekul air menjadi *Brown's Gas* yang akan meningkatkan volume alir *Brown's Gas*. Penambahan katalis NaHCO₃ pada proses elektrolisis akan menurunkan energi yang dibutuhkan, sehingga laju pemecahan molekul air menjadi lebih cepat dibandingkan tanpa menggunakan katalis. Penambahan katalis memberikan jalan baru bagi reaksi yang memiliki energi aktivasi lebih rendah sehingga lebih banyak molekul yang bertumbukan pada suhu normal dan laju reaksi semakin cepat (Marlina, 2013). Oleh karena itu, adanya keterlibatan elektrolit dalam proses elektrolisis akan menurunkan konsumsi daya listrik yang dibutuhkan dan juga mempercepat reaksi pemecahan molekul air yang akan meningkatkan volume alir *Brown's Gas*.

Menurut Maryanti (2008), dengan semakin banyaknya anion dan kation yang terkandung dalam larutan elektrolit akan menyebabkan larutan elektrolit semakin besar menghantarkan arus listrik dan semakin banyak pula energi listrik yang dapat digunakan

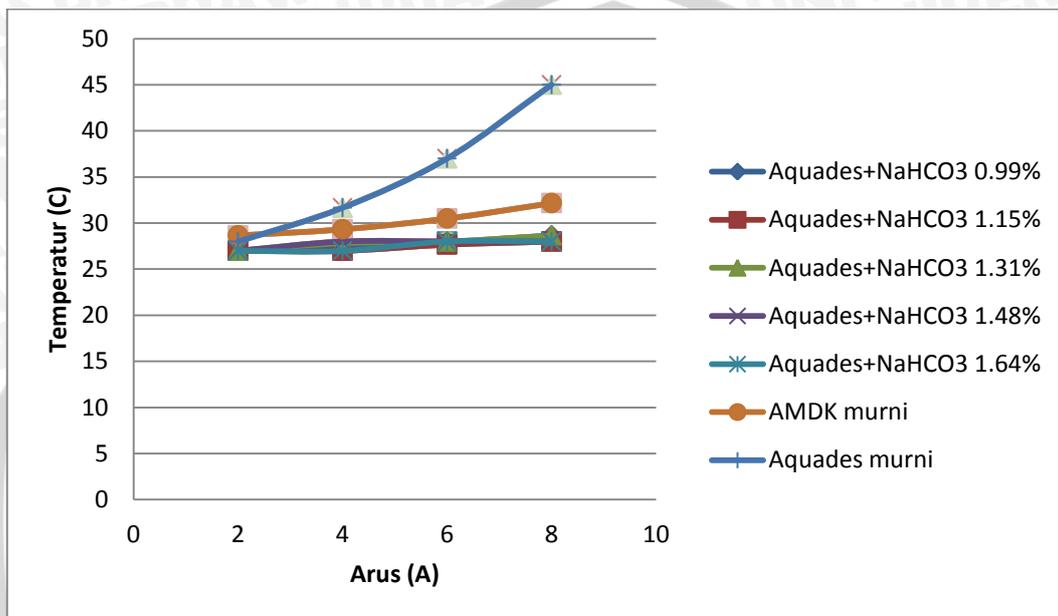
untuk melakukan reaksi elektrolisis. Namun, semakin banyaknya jumlah katalis yang digunakan akan membuat pelarut akan mencapai titik jenuhnya sehingga larutan akan semakin pekat. Semakin pekat suatu larutan akan menyebabkan anion dan kation dalam larutan elektrolit juga semakin sulit untuk bergerak di dalam larutan ketika menghantarkan arus listrik dikarenakan jarak antar partikel terlalu dekat sehingga daya hantarnya menjadi rendah dan proses elektrolisis akan tidak optimal yang mengakibatkan volume alir *Brown's Gas* mengalami penurunan.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa penggunaan katalis menurunkan konsumsi daya yang digunakan. Hal ini ditunjukkan pada penggunaan aquades murni sebagai larutan. Konsumsi daya yang digunakan untuk mengelektrolisis lebih besar dibandingkan dengan penggunaan larutan lainnya. Hal ini dikarenakan aquades murni tidak memiliki ion-ion yang membantu proses untuk mempercepat reaksi pemecahan molekul-molekul air sehingga hambatan dalam larutan aquades relatif besar. Hambatan yang besar akan membutuhkan tegangan yang relatif besar seiring bertambahnya besaran arus sehingga konsumsi daya menjadi besar. Konsumsi daya yang besar menyebabkan energi yang digunakan untuk menghasilkan *Brown's Gas* berubah menjadi panas. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.3 grafik hubungan arus terhadap temperatur yang menunjukkan peningkatan temperatur pada penggunaan aquades murni sebagai larutan. Volume alir gas yang dihasilkan pada penggunaan aquades murni sebagai larutan juga lebih rendah dibandingkan larutan lainnya dikarenakan larutan aquades murni tidak memiliki ion-ion yang membantu dalam menghantarkan arus listrik untuk memecah molekul-molekul air menjadi gas sehingga reaksi pemecahan molekul air menjadi gas lebih lambat.

Penurunan konsumsi daya ditunjukkan pada penggunaan aquades ditambahkan katalis NaHCO_3 dan larutan AMDK murni. AMDK murni memiliki banyak kandungan mineral di dalamnya yang akan bertugas untuk menghantarkan arus listrik dengan cepat sehingga hambatan dalam larutan relatif lebih rendah dibandingkan dengan aquades murni dan menyebabkan konsumsi daya menjadi lebih rendah. Volume alir *Brown's Gas* terbesar dihasilkan pada penggunaan aquades ditambahkan katalis NaHCO_3 1.31% sebagai larutan dikarenakan aquades ditambahkan katalis NaHCO_3 1.31% memiliki banyak anion dan kation yang terkandung di dalamnya yang akan bertugas untuk menghantarkan arus listrik dengan cepat. Konsumsi daya yang digunakan juga rendah dikarenakan hambatan yang terdapat dalam larutan rendah sehingga dengan tegangan yang relatif kecil menghasilkan arus yang besar. Namun, pada penggunaan larutan

aquades ditambahkan katalis NaHCO_3 1.48% pada konsumsi daya yang relatif sama menghasilkan volume alir gas yang lebih rendah dikarenakan larutan sudah mencapai keadaan jenuhnya sehingga menyebabkan anion dan kation sulit bergerak dan menyebabkan daya hantar untuk memecah molekul air menjadi rendah.

4.2.3 Grafik Hubungan Arus Terhadap Temperatur



Gambar 4.3 Grafik hubungan arus terhadap temperatur

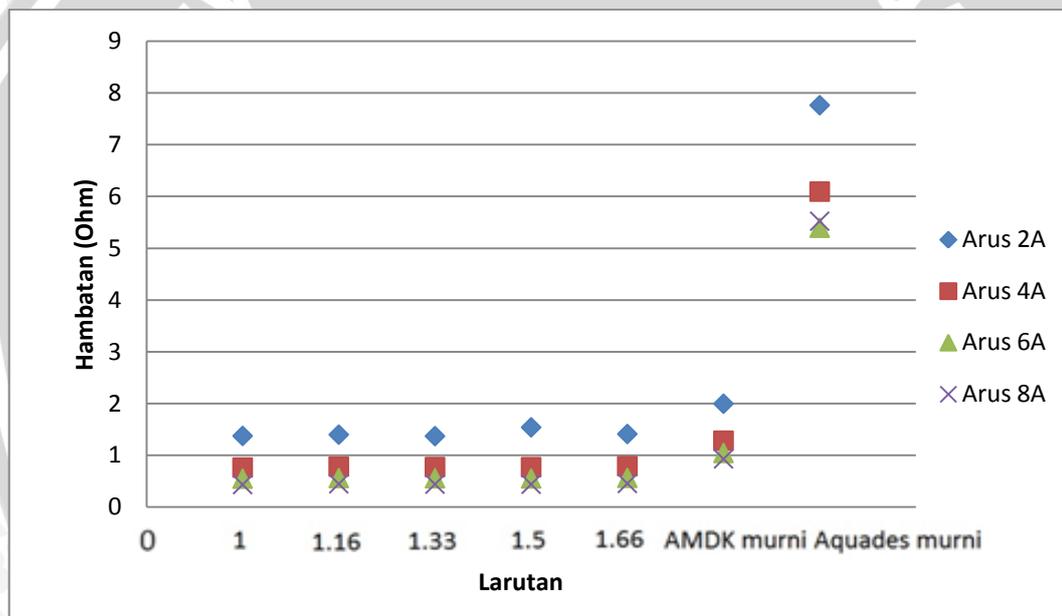
Pada gambar 4.3 grafik hubungan arus terhadap temperatur menunjukkan semakin besar arus yang digunakan, maka temperatur larutan didalam elektroliser akan meningkat. Temperatur terbesar terjadi pada penggunaan aquades murni sebagai larutan. Hal ini dikarenakan aquades murni memiliki hambatan yang besar sehingga konsumsi daya yang digunakan besar seiring bertambahnya besaran arus. Konsumsi daya yang besar mengakibatkan energi untuk memecah molekul-molekul air menjadi gas berubah menjadi panas yang menyebabkan larutan dalam elektroliser meningkat temperaturnya.

Penggunaan AMDK murni juga mengalami peningkatan temperatur pada proses elektrolisis. Namun peningkatan temperatur tidak sebesar dengan penggunaan aquades murni sebagai larutan. Hal ini dikarenakan AMDK memiliki hambatan larutan yang kecil sehingga konsumsi daya yang digunakan lebih rendah dibandingkan dengan konsumsi daya untuk mengelektrolisis larutan aquades murni. Dengan konsumsi daya

yang lebih rendah, maka energi untuk memecah molekul air menjadi gas lebih optimal sehingga energi tidak sepenuhnya berubah menjadi panas.

Pada penggunaan larutan aquades dengan penambahan katalis NaHCO_3 pada berbagai macam fraksi massa menghasilkan temeperatur larutan terendah. Temperatur larutan yang dihasilkan relatif sama dan peningkatannya tidak signifikan dibandingkan dengan penggunaan larutan aquades murni dan AMDK murni. Hal ini dikarenakan dengan penambahan katalis akan menurunkan hambatan dalam larutan yang akan dielektrolisis sehingga konsumsi daya yang digunakan rendah seiring pertambahan arus. Konsumsi daya yang rendah akan menyebabkan energi untuk memecah molekul-molekul air tidak sepenuhnya terbuang menjadi panas.

4.2.4 Grafik Hubungan Larutan Terhadap Hambatan



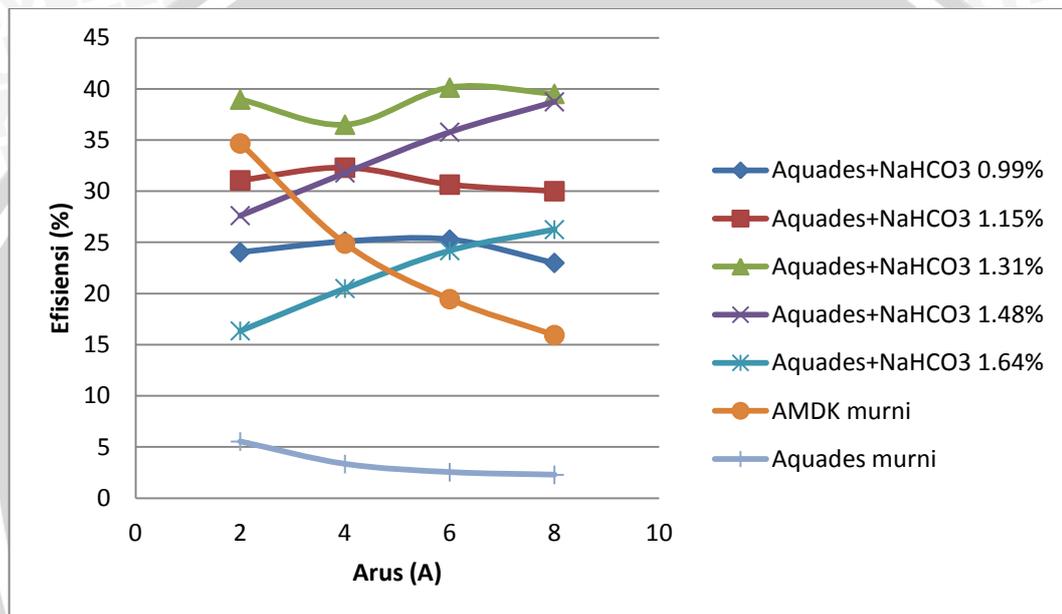
Gambar 4.4 Grafik hubungan larutan terhadap hambatan

Pada gambar 4.4 grafik hubungan larutan terhadap hambatan menunjukkan bahwa penggunaan katalis menurunkan hambatan. Pada penggunaan aquades murni terlihat pada grafik bahwa hambatan yang terjadi pada proses elektrolisis besar. Hal ini dikarenakan pada larutan aquades murni tidak terdapat ion-ion yang membantu dalam proses pemecahan molekul-molekul air menjadi gas sehingga reaksi yang terjadi lambat dibandingkan penggunaan larutan lainnya. Pada penggunaan AMDK murni, hambatan yang terjadi pada larutan relatif lebih kecil dibandingkan dengan aquades murni. Hal tersebut dikarenakan pada larutan AMDK murni terdapat kandungan-kandungan

mineral yang dapat membantu dalam mempercepat reaksi elektrolisis dalam memecah molekul-molekul air.

Pada grafik hubungan larutan terhadap hambatan terlihat bahwa penggunaan larutan aquades ditambahkan dengan katalis menurunkan hambatan dengan signifikan. Hal ini disebabkan ion-ion katalis membantu dalam mempercepat reaksi dalam pemecahan molekul-molekul air untuk menjadi gas sehingga daya hantar menjadi lebih optimal.

4.2.5 Grafik Hubungan Arus Terhadap Efisiensi



Gambar 4.5 Grafik hubungan arus terhadap efisiensi

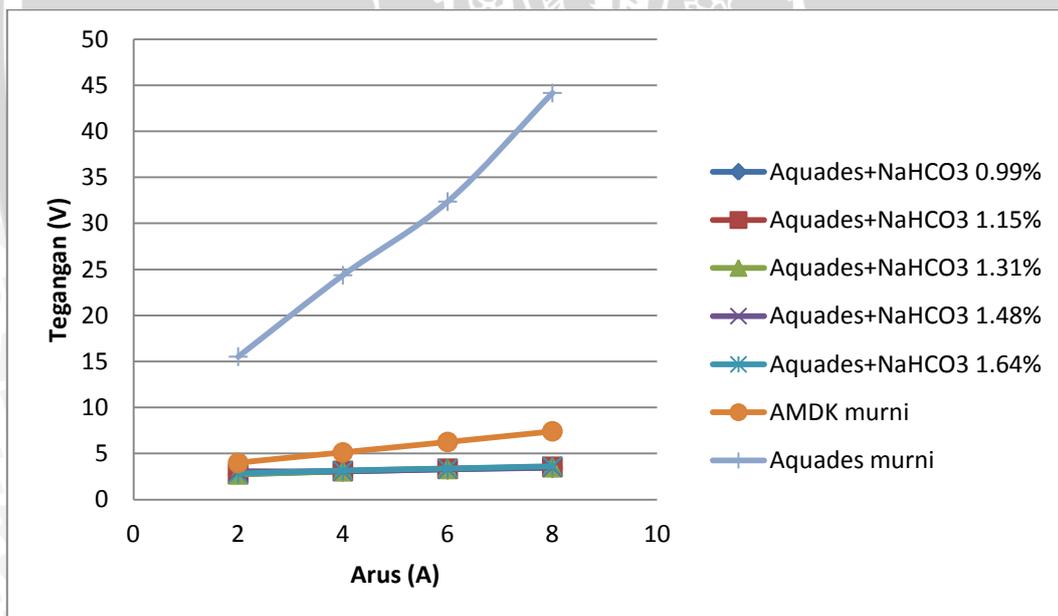
Penggunaan berbagai macam larutan menunjukkan perbedaan efisiensi yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.5 grafik hubungan arus terhadap efisiensi. Semakin besar arus yang digunakan maka konsumsi daya yang digunakan juga semakin besar. Penurunan efisiensi disebabkan oleh kenaikan energi listrik yang digunakan yang perbandingannya lebih besar dibandingkan dengan energi *Brown's Gas* yang dihasilkan pada proses elektrolisis.

Pada grafik hubungan arus terhadap efisiensi terlihat bahwa efisiensi tertinggi pada penggunaan larutan aquades ditambahkan katalis NaHCO₃. Hal ini dikarenakan perbandingan antara energi *Brown's Gas* yang dihasilkan pada proses elektrolisis terhadap energi listrik yang digunakan lebih besar energi *Brown's Gas* yang dihasilkan. Efisiensi terendah terlihat pada penggunaan larutan aquades murni. Hal tersebut

dikarenakan aquades tidak memiliki ion-ion yang membantu untuk mempercepat reaksi proses elektrolisis sehingga energi *Brown's Gas* yang dihasilkan relatif lebih kecil dibandingkan larutan lainnya. Karena hambatan yang besar dalam proses elektrolisis dengan menggunakan larutan aquades murni, maka pada penambahan besaran arus, tegangan akan meningkat lebih besar dibandingkan dengan menggunakan larutan lainnya sehingga energi listrik yang dibutuhkan menjadi besar dan efisiensi menjadi rendah.

Penggunaan AMDK murni sebagai larutan menghasilkan efisiensi yang lebih besar dibandingkan penggunaan aquades murni. AMDK murni mengalami kecenderungan penurunan efisiensi tiap pertambahan arusnya dikarenakan ion-ion yang terkandung dalam larutan AMDK murni sudah dalam titik optimumnya dalam menghantarkan listrik sehingga terjadi peningkatan konsumsi daya secara signifikan yang mengakibatkan penurunan efisiensi.

4.2.6 Grafik Hubungan Arus Terhadap Tegangan



Gambar 4.6 Grafik hubungan arus terhadap tegangan

Pada gambar 4.6 grafik hubungan arus terhadap tegangan menunjukkan bahwa peningkatan arus juga menyebabkan peningkatan tegangan. Peningkatan arus berbanding lurus dengan peningkatan tegangan. Hal ini dikarenakan pada proses elektrolisis ini hambatan yang digunakan pada setiap larutan adalah konstan.

Penggunaan tegangan yang terbesar dihasilkan pada penggunaan aquades murni. Hal ini menyebabkan konsumsi daya menjadi besar.

Pada grafik hubungan arus terhadap tegangan, penggunaan tegangan terendah dihasilkan pada penggunaan larutan aquades dengan penambahan katalis. Hal ini menyebabkan konsumsi daya yang dibutuhkan menjadi lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan larutan aquades murni dan AMDK murni.

