
PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PROTOTYPE SISTEM OTOMATISASI PADA
SEL *ELECTROLYZER* PENGHASIL GAS BROWN (HHO)

Samuel Gideon¹, Maulana Fadhli²

^{1,2}Politeknik Teknologi Kimia Industri, Medan, Indonesia

Corresponding author email: samuel_gideon@ptki.ac.id

Submit: 30 Juli 2022

Accepted: 10 Agustus 2022

Publish: 30 Agustus 2022

Abstrak:

Tujuan penelitian ini untuk merancang dan mengimplementasikan *prototype* sistem otomatisasi pada sel *electrolyzer* sehingga dapat diperkirakan pengaturan tegangan, waktu alir arus listrik dan konsentrasi cairan elektrolit yang optimal dalam menghasilkan gas Brown. Perangkat keras yang digunakan adalah sel *electrolyzer* tipe *wet cell*, *bubbler* dan rangkaian elektronika sistem otomatisasi. Komponen-komponen rangkaian elektronika sistem otomatisasi yang digunakan yaitu Arduino Nano R3, sensor suhu DS18B20, sensor suhu DHT11, LCD, buzzer, relay, *power supply adjuster*, kipas, konektor dan LED. Sel *electrolyzer* dapat berfungsi dalam menghasilkan gas Brown baik pada tegangan 5V, 10 dan 15 V serta pada konsentrasi elektrolit 1% dan 5%. Kemudian, sistem otomasi memberikan perkiraan kinerja optimal sel *electrolyzer* pada tegangan 15V, konsentrasi cairan elektrolit 5% dan waktu alir arus listrik sebesar 1,5 detik. Setelah mencapai kondisi tersebut, maka sel *electrolyzer* mulai bekerja lagi setelah suhu sudah turun kurang dari 50°C.

Kata kunci: *Electrolyzer*, gas brown, otomatisasi

Abstract :

This study aims to design and implement a prototype automation system of the electrolyzer in order to estimate the optimal adjustment of voltage, time period of electric current flow and electrolyte concentration in producing Brown gases. The hardware consists of wet cell electrolyzer, bubbler as well as the electronic circuit of automation system. The component of the automation system comprises of Arduino Nano R3, DS18B20 sensor, DHT11 sensor, LCD, buzzer, relay, power supply adjuster, fan, connector and LED. The electrolyzer produces Brown gases at voltages of 5V, 10 and 15 V as well as at electrolyte concentrations of both 1% and 5%. Moreover, the automation system can estimate that the optimum performance of the electrolyzer is at voltage of 15V, electrolyte concentration of 5% and time period of electric current flow of 1.5 s. After reaching this circumstance, the electrolyzer will work again after the temperature reached below than 50°C.

Keywords: *automation, Brown gas, electrolyzer*

Copyright © 2022 Physics and Science Education Journal (PSEJ)

Pendahuluan

Salah satu bentuk energi alternatif yang menjadi perhatian besar dari banyak negara maju adalah pemanfaatan gas Brown, di mana energi yang dihasilkan sangat bersih karena hanya menghasilkan uap air sebagai emisi gas buang. Selain itu, bahan bakunya hanyalah berupa air yang merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui serta melimpah di alam (Jumiati et al., 2013). Pemanfaatan gas Brown antara lain pada mesin kendaraan (Mursid & Hamzah, 2013) ataupun untuk pengelasan (Mustari et al., 2018). Gas Brown atau yang lebih dikenal dengan gas oksihidrogen (HHO) merupakan campuran hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) hasil penguraian air murni (H_2O) yang diperoleh melalui proses elektrolisis air atau yang sering disebut proses hidrolisis (Pratiwi et al., 2021). Bahkan, produksi gas Brown (HHO) sudah dirancang sedemikian sederhana sehingga cocok untuk skala laboratorium (Farid et al., 2012).

Produksi gas Brown dilakukan dengan menggunakan sel *electrolyzer*, yaitu suatu alat yang dapat memisahkan H_2O menjadi H_2 dan O_2 dengan menggunakan sumber listrik arus searah (Anggraini et al., 2019). Sel *electrolyzer* yang umum digunakan terdiri dari dua tipe, yaitu tipe sel basah (*wet cell*) dan tipe sel kering (*dry cell*). Elektroda pada tipe *wet cell* direndam dalam cairan elektrolit yang ditempatkan dalam sebuah wadah (Roihatin et al., 2015; Silaban, 2014) sementara elektroda pada tipe *dry cell* tidak terendam cairan elektrolit sepenuhnya akan tetapi cairan elektrolit mengisi celah antar elektroda melalui sebuah saluran (Murjito, 2013). Menurut (Wahyono & Anies, 2016; Wiryawan, 2013), tipe *wet cell* dapat memproduksi gas Brown lebih banyak dibandingkan tipe *dry cell* karena tingkat kebocoran gas yang terjadi pada tipe *wet cell* lebih sedikit daripada tipe *dry cell*. Hal tersebut juga dibuktikan oleh (Soly et al., 2021) ketika mereka membandingkan desain yang sama pada tipe *wet cell* dan tipe *dry cell*. Secara ringkas, komponen penyusun sel *electrolyzer* yaitu wadah (tabung) *electrolyzer*, elektroda, cairan elektrolit dan *water trap*. *Water trap* digunakan untuk menyaring uap air yang terbawa dari sel *electrolyzer* dengan menggunakan teknik kondensasi. Wadah *electrolyzer* sebaiknya terbuat dari kaca atau bahan lain yang tahan panas serta harus cukup kuat untuk menahan tekanan yang terjadi akibat akumulasi gas Brown yang dihasilkan.

Elektroda terdiri dari dua kutub yaitu anoda (positif) dan katoda (negatif) dengan bahan pembuat elektroda dapat berupa tembaga, kuningan, aluminium dan *stainless steel* (Afif et al., 2017). Namun, Suyuty (2010) menyarankan bahan *stainless steel* yang digunakan sebagai elektroda pada sel *electrolyzer*. Alasan utama digunakannya *stainless steel* adalah kandungan logam krom (Cr) yang besar di dalamnya sehingga dapat mencegah terjadinya proses korosi (de Fretes et al., 2019). Pada proses hidrolisis, arus listrik searah mengalir dari anoda ke katoda. Molekul H_2O di katoda kemudian bereaksi menghasilkan ion hidroksida (OH^-) dan H_2 . Ion-ion OH^- kemudian bergerak ke anoda dan terjadi pelepasan elektron. Selain pelepasan elektron, terjadi penguraian OH^- yang kemudian menghasilkan gas Brown. Cairan elektrolit merupakan gabungan antara air murni dan katalis (Litanianda, 2016). Proses hidrolisis air murni berlangsung sangat lambat sehingga dibutuhkan katalis untuk mempercepat laju reaksinya (Isana, 2010; Prasetyo et al., 2019). Adapun katalis yang sering digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4), garam [seperti natrium klorida ($NaCl$) maupun basa seperti kalium hidroksida (KOH), natrium hidroksida ($NaOH$) ataupun natrium bikarbonat [$NaHCO_3$] (Darmawan et al., 2020; Kusumaningsih et al., 2016; Marlina et al., 2013; Rachman et al., 2017).

Pada proses hidrolisis, suhu mengalami peningkatan selama selang waktu tertentu di mana semakin meningkat suhu maka reaksi yang terjadi semakin cepat (Anggraini et al., 2019) dan jumlah gas Brown yang dihasilkan juga meningkat (Jumiati et al., 2013). Namun, peningkatan suhu di dalam sel *electrolyzer* dapat menimbulkan masalah. Ketika suhu di dalam sel *electrolyzer* melebihi suhu standar pengoperasian maka terjadi konsumsi daya listrik yang berlebihan (Conker & Baltacioglu, 2020). Selain itu, dampak yang lebih buruk adalah kerusakan pada sel *electrolyzer* akibat suhu dan tekanan yang sudah terlampaui tinggi (Conker, 2018). Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada sel *electrolyzer*, diperlukan teknik khusus yang diimplementasikan pada parameter-parameter utama pengoperasian sel *electrolyzer*. Parameter-parameter tersebut yaitu tegangan, arus listrik serta suhu optimal pengoperasian. Conker (2018) menggunakan logika fuzzy sebagai pengendali pada sistem sel *electrolyzer* tipe *dry cell*. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Cahaydi dkk (2021) dalam memantau produksi gas hidrogen hasil elektrolisis.

Penelitian yang memanfaatkan keluarga mikrokontroler Arduino dalam pemantauan suhu sudah cukup banyak dilakukan. Mutakhin dkk (2021) memanfaatkan Arduino Uno sebagai mikrokontroler pada wastafel otomatis yang bekerja berdasarkan sensor inframerah dan sensor suhu. Yolnasdi dkk. (2020) memanfaatkan Arduino Uno sebagai mikrokontroler untuk menyalakan/mematikan AC sekaligus menyalakan/mematikan *humidifier* yang bekerja berdasarkan sensor suhu dan kelembaban. Prihatmoko (2016) memanfaatkan Arduino Uno sebagai mikrokontroler untuk menyalakan/mematikan kipas di dalam ruangan yang bekerja berdasarkan sensor suhu. Penelitian yang terkait dengan penggunaan mikrokontroler antara lain Butt dkk (2021) yang menggunakan mikrokontroler Arduino Nano untuk memantau tegangan, arus listrik serta suhu optimal pengoperasian sistem sel *electrolyzer* tipe *wet cell*. Kemudian, Hanania (2018) berhasil memantau dan mengendalikan proses hidrolisis di dalam sel *electrolyzer* dengan menggunakan sensor MPX5700AP dan mikrokontroler ATmega 32.

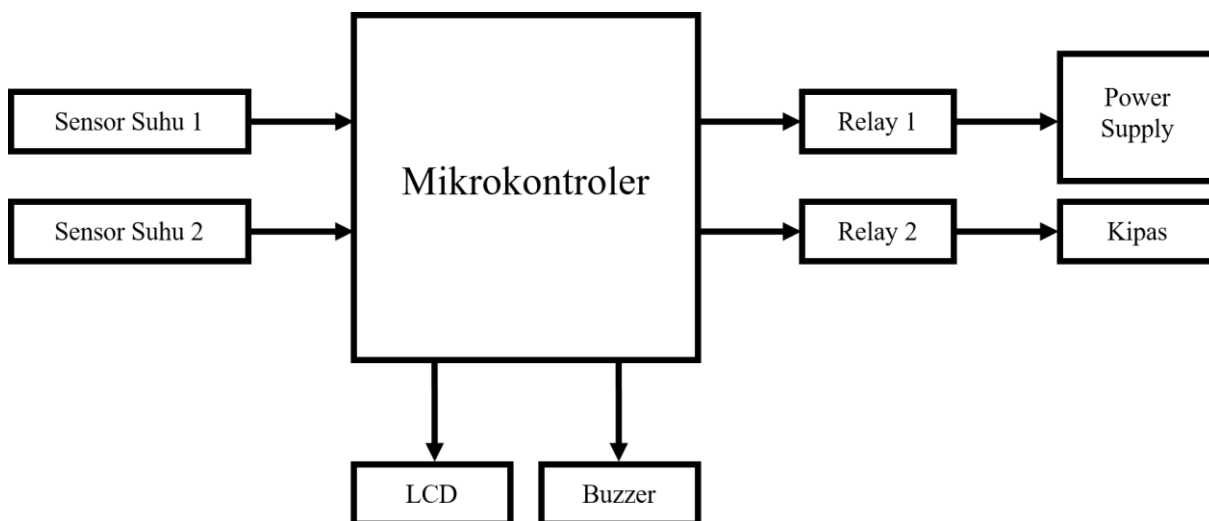
Namun, penelitian yang menggunakan Arduino Nano dalam memantau dan mengendalikan suhu sel *electrolyzer* belum pernah dilakukan sebelumnya. Tujuan penelitian ini untuk merancang dan mengimplementasikan *prototype* sistem otomatisasi pada sel *electrolyzer* sehingga dapat diperkirakan

pengaturan tegangan, waktu alir arus listrik dan konsentrasi cairan elektrolit yang optimal dalam menghasilkan gas Brown.

Metode Penelitian

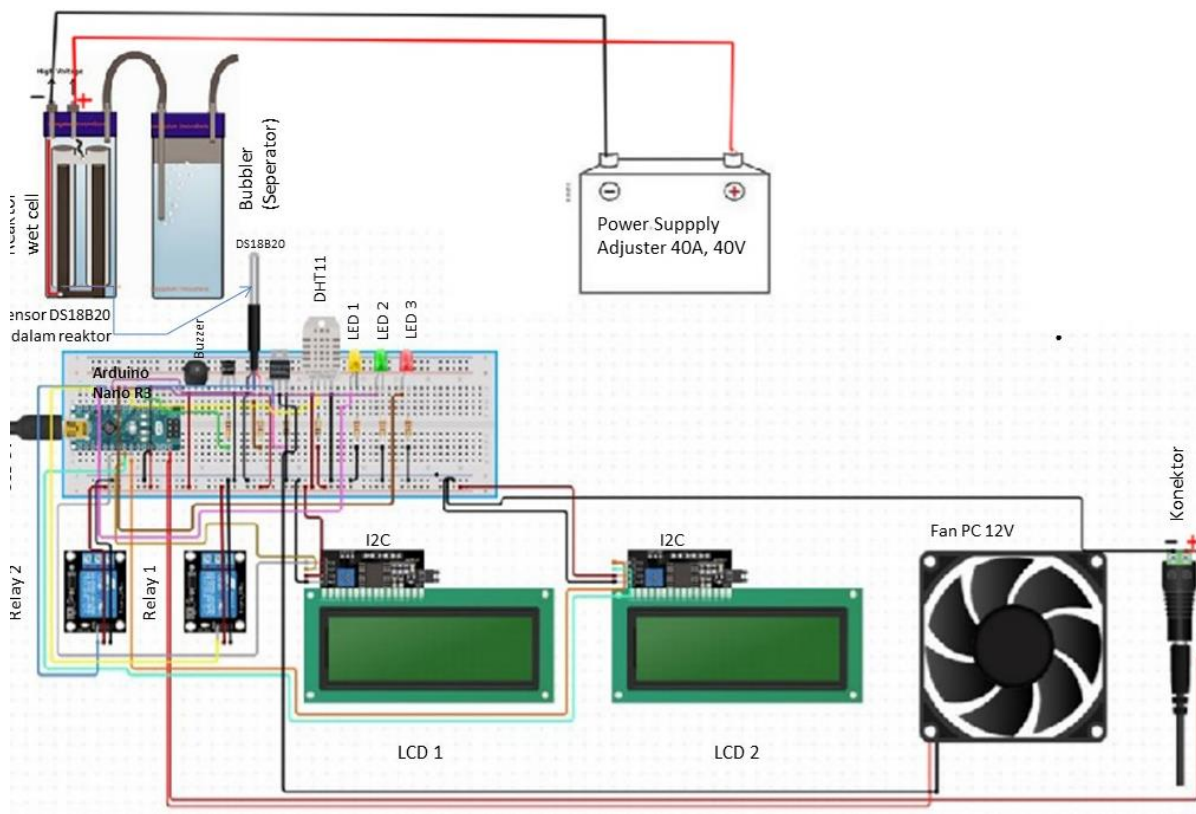
Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem otomatisasi sel *electrolyzer* penghasil gas Brown (HHO) ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, sensor suhu 1 dan sensor suhu 2 mendeteksi suhu kemudian meneruskan informasi suhu ke mikrokontroler. Mikrokontroler mengolah informasi suhu tersebut kemudian meneruskannya ke *liquid crystal display* (LCD) untuk menampilkan nilai bacaan suhu dalam satuan °C dan ke buzzer agar memberikan bunyi peringatan pada kondisi yang telah diprogramkan di dalam mikrokontroler. Mikrokontroler juga meneruskan informasi suhu ke relay 1 dan 2 untuk melakukan fungsinya masing-masing berdasarkan informasi suhu yang diterima. Relay 1 selanjutnya bertindak sebagai saklar terhadap *power supply* sementara relay 2 bertindak sebagai saklar terhadap kipas berdasarkan kondisi yang telah diprogramkan di dalam mikrokontroler.



Gambar 1. Diagram blok *prototype* sistem otomatisasi

Perancangan Rangkaian Elektronika



Gambar 2. Rangkaian elektronika *prototype* sistem otomatisasi

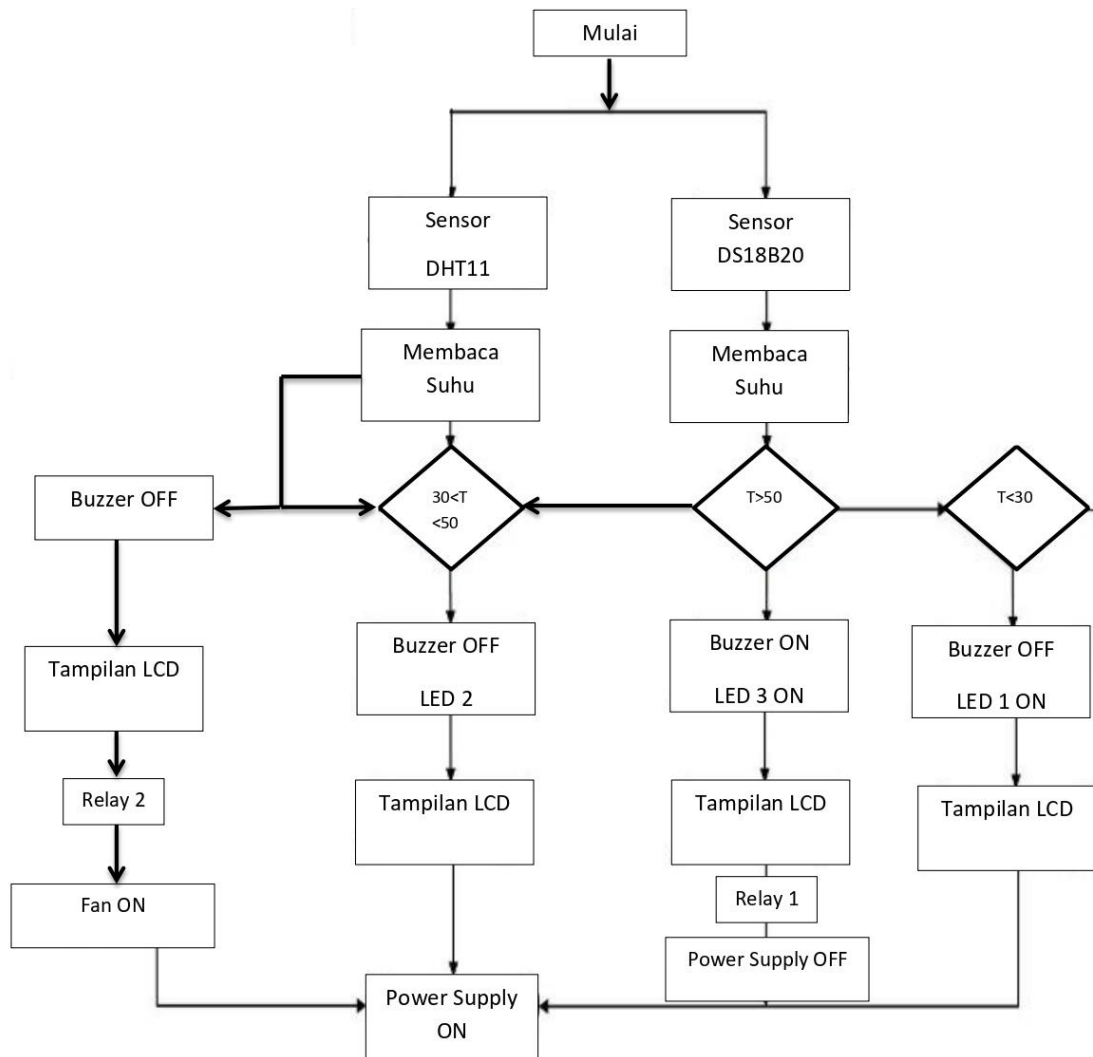
Sistem otomatisasi sel *electrolyzer* penghasil gas Brown (HHO) di penelitian ini masih bersifat *prototype*. Oleh karena itu, skema *layout* rangkaian elektronika yang dirancang tidak menggunakan aplikasi tertentu. Masing-masing komponen yang dibutuhkan langsung dipasang pada papan sirkuit (*project board*) berdasarkan pengumpulan informasi rangkaian yang diperoleh dari internet. Rangkaian elektronika sistem otomatisasi sel *electrolyzer* penghasil gas Brown (HHO) ditunjukkan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 1 dan 2, sensor suhu 1 adalah sensor DS18B20 sementara itu sensor 2 adalah sensor DHT11. Sensor DS18B20 merupakan sensor yang tahan air (*waterproof*) sehingga sensor tersebut diperuntukkan memantau suhu di dalam sel *electrolyzer*. Sensor DHT11 merupakan sensor suhu dan kelembaban, di mana dalam penelitian ini sensor tersebut hanya digunakan sebagai pemantau suhu tambahan di lingkungan (di luar) sel *electrolyzer*.

Sistem otomatisasi dikendalikan oleh mikrokontroler, di mana yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino Nano R3. Mikrokontroler tersebut sebagai otak utama dari sistem pengontrol suhu; menerima informasi suhu sel *electrolyzer* dari sensor-sensor kemudian meneruskannya ke penerima (yaitu LCD, buzzer dan relay-relay). LCD yang digunakan adalah LCD I2C 16x2, buzzer yang digunakan adalah buzzer active, relay-relay yang digunakan adalah relay 5V, di mana semua komponen tersebut kompatibel dengan Arduino Nano R3.

Power supply yang digunakan adalah *power supply adjuster* (40A, 40V) yang dapat mengubah arus listrik bolak-balik menjadi arus listrik searah. Kipas yang digunakan adalah Fan PC 12V sebagai pendingin tambahan sel *electrolyzer* dan mendapatkan aliran arus listrik dari konektor. *Light emitting dioda* (LED) yang digunakan berwarna merah, kuning dan hijau.

Pengkodean Sistem Otomatisasi



Gambar 3. Diagram alir pengkodean *prototype* sistem otomatisasi

Pengkodean dimaksudkan untuk membuat, membuka serta mengedit perintah-perintah (*source code*) yang akan diberikan dan disimpan dalam memori mikrokontroler Arduino Nano R3 untuk menjalankan seluruh sistem otomatisasi. Arduino menyediakan aplikasi (*software*) bernama Arduino IDE (*Integrated Development Program*) yang memungkinkan pengguna melakukan pengkodean yang menggunakan *electronic development board* dari keluarga mikrokontroler Arduino (seperti Uno, Nano dan lain sebagainya) bahkan ESP32 dan ESP8266.

Untuk mempermudah pengkodean, maka dibuat terlebih dahulu diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Diagram alir menunjukkan kondisi dimulai ketika arus listrik dialirkan untuk menyalakan sel *electrolyzer* dan baik sensor DS18B20 maupun DHT11 sudah dalam keadaan siap. Untuk hasil pembacaan dari sensor DS18B20, ada dua perintah utama yang dijalankan. Perintah pertama adalah apabila suhu sel *electrolyzer* yang dideteksi sensor DS18B20 sebesar $>50^{\circ}\text{C}$ maka buzzer akan menyala (ON), LED 3 akan menyala (ON) dan LCD 1 menampilkan data suhu yang terbaca sekaligus tulisan “Suhu Tinggi”. Selanjutnya relay 1 akan aktif sekaligus memerintahkan *power supply* agar tidak mengalirkan arus listrik sama sekali ke seluruh sistem (OFF). Perintah kedua adalah apabila suhu sel *electrolyzer* yang dideteksi sensor DS18B20 sebesar $30^{\circ}\text{C} < T < 50^{\circ}\text{C}$ maka buzzer tidak menyala (OFF), LED 1 akan menyala (ON) dan LCD 1 menampilkan data suhu yang terbaca sekaligus tulisan “Suhu Normal”. Selanjutnya relay 1 akan aktif sekaligus memerintahkan *power supply* agar berfungsi secara normal (ON).

Secara berkesinambungan, hasil pembacaan dari sensor DHT11 juga menjalankan perintahnya. Apabila suhu sel *electrolyzer* yang dideteksi sensor DHT11 sebesar $30^{\circ}\text{C} <$ dan $50^{\circ}\text{C} <$ maka buzzer tidak menyala (OFF), LED 2 akan menyala (ON) dan LCD 2 menampilkan data suhu yang terbaca sekaligus tulisan "Suhu Normal". Selain itu, relay 2 akan aktif sekaligus memerintahkan kipas agar menyala.

Perangkat Keras yang Digunakan



Gambar 4. Diagram alir pengkodean *prototype* sistem otomatisasi

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu sel *electrolyzer*, bubbler dan rangkaian elektronika sistem otomatisasi (Gambar 4). Sel *electrolyzer* yang digunakan terdiri dari empat komponen utama yaitu wadah (tabung) *electrolyzer*, elektroda, cairan elektrolit dan *water trap*. Wadah *electrolyzer* dan *bubbler* dibuat dari barang bekas penyaring air berbahan plastik tebal. Elektroda terbuat dari bahan *stainless steel* 316L dengan desain lima plat sementara katalis yang digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH).

Sel *electrolyzer* dihubungkan ke power supply untuk mendapatkan arus listrik dengan menggunakan kabel klip buaya dan dihubungkan ke *bubbler* dengan menggunakan selang plastik. *Bubbler* merupakan wadah (tabung) yang diisi dengan air dan berfungsi sebagai indikator ada/tidak ada nya gas Brown. Persambungan antara sel *electrolyzer* dengan *bubbler* dilapisi dengan nepel dan *seal tape* untuk menghindari terjadinya kebocoran gas Brown.

Prosedur Eksperimen

Langkah pertama adalah dibuat cairan elektrolit dari H_2O dan NaOH dengan variasi konsentrasi 1% dan 5% kemudian memasukkannya ke dalam sel *electrolyzer*. Kemudian semua perangkat keras disiapkan dan dihubungkan satu dengan lainnya di mana khusus untuk Arduino Nano R3 sumber arus listriknya diperoleh dari laptop. Penelitian ini bersifat *trial* dan *error* dengan mencari pada pengaturan

tegangan berapa, konsentrasi cairan elektrolit berapa serta rentang waktu alir arus listrik berapa didapatkan kondisi gelembung gas Brown yang optimal. Selain itu, kondisi yang optimal tersebut dapat memberi keamanan dari segi suhu yang optimal dalam pengoperasian sel *electrolyzer*.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Seluruh hasil pengujian *prototype* sistem otomatisasi sel *electrolyzer* penghasil gas Brown (HHO) disajikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian *prototype* sistem otomatisasi

No.	Tegangan (V)	Konsentrasi (%)	Rentang Waktu (detik)	Suhu (°C)	Kondisi Power Supply	Kondisi Gelembung Gas Brown
1	5	1	5,3	32	ON	sedikit
2	10	1	5,2	33,3	ON	sedikit
3	15	1	4,4	34,5	ON	sedang
4	5	5	2,9	40,2	ON	sedikit
5	10	5	1,9	48,2	ON	banyak
6	15	5	1,5	51,1	OFF	banyak

Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa sel *electrolyzer* dapat berfungsi dalam menghasilkan gas Brown baik pada tegangan 5V, 10 dan 15 V serta pada konsentrasi elektrolit 1% dan 5%. Kemudian, didapatkan juga bahwa *prototype* sistem otomatisasi sel *electrolyzer* penghasil gas Brown (HHO) telah berfungsi dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat bahwa pada saat suhu 51,1°C *power supply* secara otomatis akan mati (OFF) sehingga arus listrik tidak mengalir lagi dan suhu tidak mengalami peningkatan lagi.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, maka perkiraan pengaturan tegangan, waktu alir arus listrik dan konsentrasi cairan elektrolit yang optimal dalam menghasilkan gas Brown adalah pada tegangan 15V, konsentrasi cairan elektrolit 5% dan waktu alir arus listrik sebesar 1,5 detik. Setelah mencapai kondisi tersebut, maka sel *electrolyzer* mulai bekerja lagi setelah suhu sudah turun kurang dari 50°C. Hasil yang diperoleh tersebut hampir mirip dengan penelitian yang dilakukan oleh Marlina (2016) di mana cairan elektrolit KOH 4% sudah dapat memproduksi gas Brown (HHO) yang ternyata lebih banyak dibandingkan cairan elektrolit NaHCO₃ dengan konsentrasi yang sama. Hasil tersebut juga hampir mirip dengan penelitian yang dilakukan oleh Fitriyanti (2019) di mana efisiensi terbaik gas Brown (HHO) yang dihasilkan didapatkan pada tegangan 12V.

Prototype sistem otomatisasi sel *electrolyzer* penghasil gas Brown (HHO) tersebut ke depannya diharapkan dapat mempertahankan sel *electrolyzer* agar tidak cepat rusak dan dapat mengoptimalkan kinerja sel *electrolyzer*. Untuk menambah kualitas kinerja sistem, sebaiknya dilakukan modifikasi tambahan pada *bubbler* berupa *pressure gauge* yang mengindikasikan seberapa besar tekanan gas Brown yang dihasilkan (bersifat kuantitatif) dibandingkan hanya menggunakan penilaian kualitatif “SEDIKIT”, “SEDANG” maupun “BANYAK”.

Simpulan

Sel *electrolyzer* dapat berfungsi dalam menghasilkan gas Brown baik pada tegangan 5V, 10 dan 15 V serta pada konsentrasi elektrolit 1% dan 5%. Kemudian, perkiraan pengaturan tegangan, waktu alir arus listrik dan konsentrasi cairan elektrolit yang optimal dalam menghasilkan gas Brown adalah pada tegangan 15V, konsentrasi cairan elektrolit 5% dan waktu alir arus listrik sebesar 1,5 detik. Setelah mencapai kondisi tersebut, maka sel *electrolyzer* mulai bekerja lagi setelah suhu sudah turun kurang dari 50°C.

Referensi

- Butt, O. M., Saeed, S., Elahi, H., Ghafoor, U., Che, H. S., ... Ahmad, M. S. (2021). A Predictive Approach to Optimize a HHO Generator Coupled with Solar PV as a Standalone System. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su132112110>
- Yolnasdi, Arviansyah, ... Ambiyar. (2020). Rancang Bangun Pengontrol Suhu Ruang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 3(2), 218–226.
- Afif, M. T. ... Anam, K. (2017). Produksi Brown's Gas pada Elektrolizer Tipe Drycell dengan Material Elektroda Berbeda. *SAINTEK II Tahun 2017*, 165–175.
- Anies, R. (2016). Pembuatan Alat Produksi Gas Hidrogen dan Oksigen Tipe Wett Cell dengan Variasi Luas Penampang. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 12(1), 18–23.
- Baltacioglu, M. K. (2020). Fuzzy Self-adaptive PID Control Technique for Driving HHO Dry Cell Systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, 01–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.01.136>
- Conker, Ç. (2018). A Novel Fuzzy Logic based Safe Operation Oriented Control Technique for Driving HHO Dry Cell Systems based on PWM Duty Cycle. *International Journal of Hydrogen Energy*, 01–08. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.10.243>
- Pratiwi, P. ... Fachurrozi, A. (2021). Perbandingan Performa Generator HHO Sel Basah dengan Elektroda Baja Galvanis dan Stainless Steel. *Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang*, 11(2), 172–178.
- Jumiati ... Faryuni, I. D. (2013). Pengaruh Konsentrasi Larutan Katalis dan Bentuk Elektroda dalam Proses Elektrolisis untuk Menghasilkan Gas Brown. *Positron*, III(1), 06–11.
- Fitriyanti. (2019). Analisis Produktivitas Gas Hidrogen Berdasarkan Arus dan Tegangan pada Proses Elektrolisis H₂O. *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 6(2), 154–161.
- Soly, A. K. El, Kady, M. A. El, ... Gad, M. . (2021). Comparative Experimental Investigation of Oxyhydrogen (HHO) Production Rate using Dry and Wet Cells. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46, 12639–12653.
- Hamzah, Z. (2013). Pengendalian Gas Brown pada Elektroliser untuk Meningkatkan Unjuk Kerja Motor Bakar. *Jurnal Teknik Energi*, 3(2), 250–259.
- Hanania, V. N. (2018). *Rancang Bangun Sistem Pengendalian Pressure pada Produksi Brown's Gas Menggunakan Generator HHO Tipe Dry Cell*. INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER.
- Anggraini, I. N., Nugroho, W. S., ... Herawati, A. (2019). Analisis Pengaruh Tegangan terhadap Karakteristik Kerja Sel Electrolyzer dengan Variasi Bahan Elektroda. *Jurnal Amplifier*, 9(1), 09–15.
- Isana, S. Y. . (2010). Perilaku Sel Elektrolisis Air dengan Elektroda Stainless Steel. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia 2010*.
- Darmawan, M. H. ... Ismail, N. R. (2020). Pengaruh Kadar NaOH (Natrium Hidroksida) pada Proses Elektrolisis terhadap Volume Hidrogen dan Temperatur Api Menggunakan Generator HHO Jenis Wet Cell. *PROTON*, 12(2).

- Cahyadi, W. ... Kuswanto, K. (2021). Sistem Monitoring Produksi Gas Hidrogen dengan Elektrolisis Air Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Android. *Rosiding Seminar Nasional Teknik Elektro 2021: Pengembangan Aplikasi Teknologi Teknik Elektro Untuk Era Baru*, 137–148.
- Litanianda, Y. (2016). Implementasi Rekayasa Listrik Tenaga Matahari pada Kompor Gas Brown. *Seminar Nasional Dan Gelar Produk*, 468–473.
- Marlina, E. (2016). Pengaruh Variasi Larutan Elektrolit terhadap Produksi Brown's Gas. *Info Teknik*, 17(2), 187–196.
- Rachman, R. M. ... Marlina, E. (2017). Pengaruh Prosentase KOH terhadap Produksi Brown's Gas dalam Proses Elektrolisis dengan Menggunakan Elektroliser Dry Cell. *Jurnal Teknik Mesin Unisma*, 8(1), 1–10.
- Roihatin, A. ... Pietra, G. (2015). Analisis Produktivitas Gas HHO Menggunakan Elektroliser Tipe Wet Cell dengan Variasi LUAS Penampang dan Konsentrasi KOH. *POLINES National Engineering Seminar Ke-3*, 133–138.
- Kusumaningsih, E. ... Prayitno, E. K. (2016). Pengaruh Penambahan Pelat terhadap Produksi Brown's Gas pada Generator HHO Tipe Dry Cell. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV (SNTTM XV)*, 383–388.
- Prihatmoko, D. (2016). Perancangan dan Implementasi Pengontrol Suhu Ruangan Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Simetris*, 7(1), 117–122.
- Prasetyo ... Rhamanto, R. H. (2019). Analisis Penggunaan Variasi Katalis NaOH, NaCl, dan KOH terhadap Laju Aliran Gas HHO. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Islam 45 Bekasi*, 7(2), 64–71.
- Mustari, F. ... Salebay, J. (2018). Produksi Gas Oxy-Hidrogen dari Air sebagai Energi Baru Terbarukan Melalui Multi Series Cell Elektrolisis. *LEKTROKOM*, 1(1–9).
- Silaban, R. Y. (2014). *Produksi Brown's Gas Pada Electrolyzer Dry Cell Dengan Variasi Celah Elektroda dan Fraksi Massa NaHCO₃*. Universitas Brawijaya.
- Farid, M. R. R. ... Suprpto. (2012). Perancangan dan Pembuatan Alat Pemroduksi Gas Brown dengan Metode Elektrolisis Berskala Laboratorium. *JURNAL TEKNIK POMITS*, 1(1), 1–4.
- Suyuty, A. (2010). *Studi Eksperimen Konfigurasi Komponen Sel Elektrolisis untuk Memaksimalkan pH Larutan dan Gas Hasil Elektrolisis dalam Rangka Peningkatan Performa dan Reduksi SO_x - NO_x Motor Diesel* [Institut Teknologi Sepuluh Nopember].
<https://dokumen.tips/documents/studi-eksperimen-konfigurasi-komponen-sel-elektrolisis-konfigurasi-sel-elektrolisis.html?page=1>
- de Fretes, H. V. ... Widhiyanuriyawan, D. (2019). Pengaruh Variasi Diameter Lubang dan Bentuk Profil Elektroda serta Jumlah Pelat Netral terhadap Produksi Brown Gas. *Rekayasa Mesin*, 10(2), 155–163.
- Wiryawan, D. (2013). *Pengaruh Variasi Arus Listrik terhadap Produksi Brown's Gas pada Elektroliser* [Universitas Brawijaya]. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/142044>
- Marlina, E. ... Yuliati, L. (2013). Produksi Brown's Gas Hasil Elektrolisis H₂O dengan Katalis NaHCO₃. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(1), 53–58.