

Rancang Bangun *Sensor Node* pada *Wireless Sensor Network* Menggunakan Deret Sensor Gas dan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Mendeteksi Kebakaran Hutan

Luthfan Aufar Akbar, Muhammad Rivai, dan Fajar Budiman

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

e-mail: muhammad_rivai@ee.its.ac.id, luthfanaufar.akbar@gmail.com

Abstrak—Kebakaran hutan merupakan bencana yang melanda di Indonesia beberapa bulan terakhir ini. Belum ada solusi nyata baik dari masyarakat dan pemerintah untuk mencegah kebakaran hutan ini. Dalam penelitian ini dilakukan rancang bangun *sensor node* pada *Wireless Sensor Network (WSN)* untuk membuat alat deteksi asap kebakaran hutan. Sumber energi listrik akan diperoleh dari panel surya. Alat ini dilengkapi dengan deret sensor gas, yaitu sensor MQ-7, sensor TGS2600, dan sensor MQ-2. Tujuan dari deret sensor gas ini adalah mendeteksi karakteristik tegangan pada ketiga asap yang diujikan, yaitu asap kebakaran hutan, asap rokok, dan asap kendaraan bermotor. Untuk mendukung deret sensor gas di atas, digunakan *mikrokontroler STM32f4* sebagai komponen utama. Setelah bisa mendeteksi karakteristik tegangan ketiga asap di atas, proses berlanjut ke sistem Jaringan Syaraf Tiruan agar bisa membedakan antara asap kebakaran hutan atau bukan. Jaringan Syaraf Tiruan yang digunakan adalah tiga layer dengan satu layer tersembunyi dan fungsi aktivasi pada layer tersembunyi adalah *sigmoid* serta layer output adalah linear. Dari 7 percobaan sistem Jaringan Syaraf Tiruan yang dilakukan, tidak terdapat *error* dalam pendeteksian asap kebakaran hutan atau bukan. Waktu untuk pendeteksian alat ini sekitar 15 detik.

Kata Kunci—Deret Sensor Gas, Jaringan Syaraf Tiruan, Kebakaran Hutan, *Sensor Node*

I. PENDAHULUAN

INDONESIA salah satu negara yang mempunyai hutan terluas di dunia. Hutan di Indonesia tersebar dari Pulau Sumatra hingga ke Papua. Tahun 2009 luas tutupan hutan Indonesia adalah 88,17 juta ha atau sekitar 46,33 persen dari luas daratan Indonesia. Sebaran tutupan hutan terluas berada di Pulau Papua dengan persentase sebesar 38,72 persen dari total luas tutupan hutan Indonesia, atau sekitar 34,13 juta ha. Wilayah hutan di Indonesia mempunyai peranan penting sebagai penghasil oksigen ke seluruh dunia [1].

Permasalahan yang terjadi beberapa bulan terakhir ini adalah kebakaran hutan. Bencana ini sudah setiap tahun terjadi bahkan semakin tahun wilayah yang terbakar semakin luas. Salah satu penyebab dari kebakaran hutan ini adalah dibakar secara sengaja oleh oknum-oknum yang tidak bertanggung jawab untuk dibuat lahan sawit atau membuka lahan baru. Sedangkan kebakaran tak disengaja lebih disebabkan oleh kelalaian karena tidak mematikan api unggun, pembakaran sampah, membuang

puntung rokok, dan tindakan kelalaian lainnya.

Kebakaran hutan berdampak besar bagi kehidupan manusia. Sebagian besar dampak tersebut bersifat merugikan. Kebakaran hutan merupakan bencana bagi keanekaragaman hayati. Tak terhitung berapa jumlah spesies tumbuhan dan plasma nutfah yang hilang. Selain itu kebakaran hutan banyak melepaskan emisi karbon dan gas rumah kaca lain ke atmosfer. Asap yang ditimbulkan oleh kebakaran hutan berdampak langsung pada kesehatan, khususnya gangguan saluran pernapasan. Asap mengandung sejumlah gas dan partikel kimia yang mengganggu pernapasan seperti seperti sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), formaldehid, akrolein, benzen, nitrogen oksida (NO_x) dan ozon (O₃). Material tersebut memicu dampak buruk yang nyata pada manula, bayi dan pengidap penyakit paru. Meskipun tidak dipungkiri dampak tersebut bisa mengenai orang sehat [2].

Berangkat dari permasalahan di atas, dilakukan penelitian untuk membuat *sensor node* dengan menggunakan deret sensor gas dan jaringan syaraf tiruan untuk mendeteksi kebakaran hutan secara dini. Deret sensor gas terdiri atas 3 sensor, yaitu sensor MQ-7, sensor TGS2600, dan sensor MQ-2. Jaringan syaraf tiruan berfungsi untuk menentukan apakah asap yang terdeteksi adalah asap kebakaran hutan atau bukan melalui karakteristik tegangan setiap asap yang diujikan ke deret sensor gas. Diharapkan dari penelitian ini bisa mendeteksi asap kebakaran hutan dengan cepat serta mengurangi angka kebakaran hutan di Indonesia.

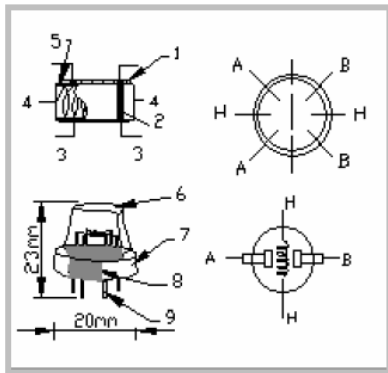
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Sensor Figaro TGS2600*

Figaro TGS 2600 adalah *transducer* utama yang digunakan dalam rangkaian ini, yang merupakan sebuah sensor kimia atau gas sensor. Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas dan juga mempunyai sebuah pemanas (*heater*) yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar [3].

Bahan detektor gas dari sensor adalah metal oksida, khususnya senyawa SnO₂. Ketika kristal metal oksida (SnO₂) dihangatkan pada temperatur tertentu, oksigen akan diserap pada permukaan kristal dan oksigen akan bermuatan negatif. Hal ini disebabkan karena permukaan kristal mendonorkan

elektron pada oksigen yang terdapat pada lapisan luar, sehingga oksigen akan bermuatan negatif dan muatan positif akan terbentuk pada permukaan luar kristal. Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron [4].



Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO ₂
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al ₂ O ₃
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni

Gambar 1. Struktur Sensor MQ-7 [5]

B. Sensor MQ-7

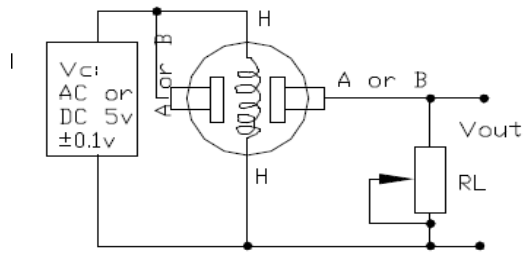
MQ-7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil. Fitur dari sensor gas MQ7 ini adalah mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabil, dan berumur panjang. Sensor ini menggunakan catu daya heater: 5V DC dan menggunakan catu daya rangkaian: 5V DC, jarak pengukuran: 20 - 2000 ppm atau ampuh mengukur gas karbon monoksida.

Nilai resistansi MQ-7 adalah perbedaan untuk berbagai jenis dan berbagai gas konsentrasi. Bila menggunakan komponen ini, penyesuaian sensitivitas sangat diperlukan. Disarankan pula untuk mengkalibrasi detektor untuk CO 200ppm di udara dan menggunakan nilai resistansi beban itu (RL) sekitar 10 KΩ (5KΩ sampai 47 KΩ). Ketika secara akurat mengukur, titik alarm yang tepat untuk detektor gas harus ditentukan setelah mempertimbangkan pengaruh suhu dan kelembaban [5].

C. Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 adalah salah satu sensor sensitif terhadap gas. Bahan utama sensor ini adalah SnO₂ dengan konduktifitas rendah pada udara bersih. Jika terdapat kebocoran gas konduktifitas sensor menjadi lebih tinggi, setiap kenaikan konsentrasi gas maka konduktivitas sensor juga naik. MQ-2 sensitif terhadap gas LPG, Propana, Hidrogen, Karbon Monoksida, Metana dan Alkohol. Sensor MQ-2 terdapat 2 masukan tegangan yakni VH dan VC. VH digunakan untuk tegangan pada pemanas (Heater) internal dan Vc merupakan tegangan sumber. Catu daya yang dibutuhkan pada sensor MQ-2 adalah Vc < 24VDC dan VH = 5V ±0.2V Tegangan AC atau

DC [6].

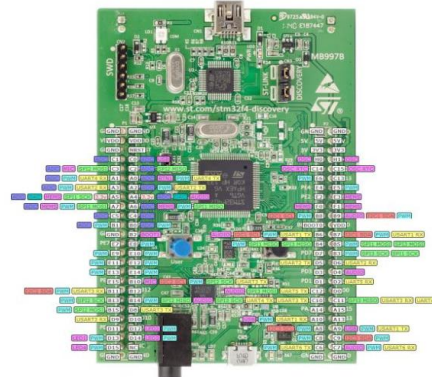


Gambar 2. Rangkaian Dasar Sensor MQ-2 [6]

Besar nilai dari Resistansi Sensor (RS) = (Vc/VRL - 1) x RL. Sensor MQ-2 tersebut terbuat dari bahan peka gas yaitu SnO₂. Jika sensor tersebut mendeteksi keberadaan gas tersebut di udara dengan tingkat konsentrasi tertentu, maka sensor akan menganggap terdapat asap rokok di udara. Ketika sensor mendeteksi keberadaan gas-gas tersebut, maka resistansi elektrik sensor akan turun. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari sensor MQ-2 ini, kandungan gas tersebut dapat diukur [6].

D. Mikrokontroler STM32f4-Discovery

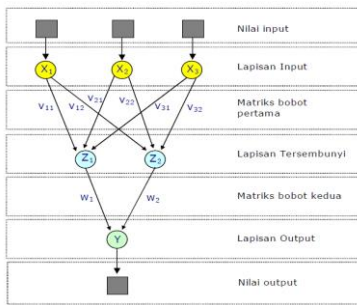
Mikrokontroler STM32F4 discovery adalah mikrokontroler berbasis arsitektur ARM (Advanced Risc Machine) sebuah prosesor 32 bit yang lebih handal dalam hal transfer data dan hemat daya. Chip STM32F429ZIT6U mempunyai banyak fitur yang dapat digunakan, seperti I/O, Timer, ADC, dan DMA. Kecepatan clock-nya bisa mencapai 168 Mhz sehingga memungkinkan untuk mengerjakan perintah program yang cukup panjang dalam waktu yang cukup singkat [8].



Gambar 3. Mikrokontroler STM32f4-Discovery [8]

E. Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan adalah merupakan pemodelan untuk hubungan antara input dan output pada sejumlah pola data. Jaringan syaraf tiruan merupakan sistem komputasi yang arsitekturnya didekati oleh sel syaraf yang berada dalam otak manusia. Jaringan syaraf tiruan terdiri dari beberapa neuron yang saling terhubung. Pada jaringan syaraf, hubungan antar neuron-neuron dikenal dengan nama bobot. Jaringan dengan banyak lapisan (multilayer net) memiliki 1 atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan input dan lapisan output. Ada lapisan yang berbobot yang terletak antara 2 lapisan yang bersebelahan [7].



Gambar 4. Jaringan Syaraf Tiruan *Multilayer*[7]

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Diagram Blok Sistem

Secara umum sistem ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi perancangan perangkat elektrik, dan perangkat mekanik. Perangkat lunak meliputi program STM32F4 dan jaringan syaraf tiruan menggunakan *software keil uvision*.

Sistem kerja alat ini adalah ketiga sensor mendeteksi asap yang diujikan. Proses *interface* yaitu pada LCD 20x4 dengan masing-masing tegangan dari sensor dan peringatan apakah asap hutan atau bukan. Output dari sensor berupa tegangan, tegangan ini adalah data analog yang akan di inputkan ke STM32f4-*discovery*. Setelah diinputkan pada STM32f4-*discovery* maka data dari ketiga sensor tersebut akan diolah pada sistem jaringan syaraf tiruan. Pada sistem jaringan syaraf tiruan ini akan menentukan jenis asap apa yang terdeteksi. Asap kebakaran hutan atau bukan.

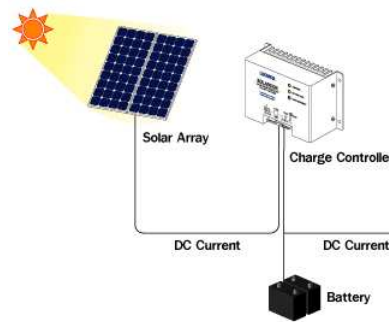
Output dari sistem ini berupa data sesuai dengan asap yang terdeteksi. Jika yang terdeteksi bukan asap hutan maka keluaran STM32f4-*discovery* berupa angka 0 atau dengan kata lain *wireless sensor network* tidak aktif karena STM32f4-*Discovery* tidak mengirim data serial ke WSN. Jika yang terdeteksi adalah asap kebakaran hutan, maka keluaran dari STM32f4-*discovery* adalah angka 1 atau dengan kata lain *wireless sensor network* akan aktif karena STM32f4-*discovery* mengirim data serial tersebut ke WSN.

B. Perancangan Perangkat Keras

1. Panel Surya

Panel surya pada sistem ini berfungsi sebagai *power supply*, dimana *power supply* adalah perangkat elektronika yang mensuplai sumber listrik ke perangkat elektronika lainnya.

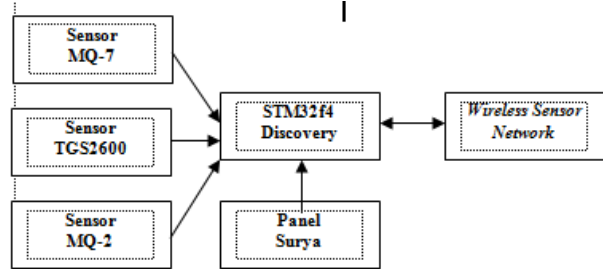
Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya ini maksimal adalah 35 volt dalam keadaan panas matahari diterima secara maksimal. Panel surya ini nanti akan terhubung ke *charge controller* yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan pada nilai 12 volt. Kelebihan dari panas matahari yang diterima akan disimpan pada baterai atau aki, sehingga pada malam hari ketika tidak ada panas matahari sistem diharapkan akan tetap bekerja. Dari *charge controller*, tegangan akan langsung diterima oleh sistem dan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu 12 volt untuk kipas penghisap udara dan 5 volt untuk STM32f4-*Discovery* serta deret sensor gas.



Gambar 5. Diagram Panel Surya

2. Rangkaian Deret Sensor Gas

Rangkaian deret sensor gas adalah rangkaian 3 macam sensor untuk melihat karakteristik masing-masing jenis asap dari tegangan output yang dihasilkan. Perangkat elektrik ini diperlukan untuk mendapatkan tegangan yang stabil dari masing-masing jenis asap yang dideteksi. Ketiga sensor di atas menggunakan rangkaian berupa *voltage divider* atau rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian ini berfungsi mengatur tegangan V_{out} atau V_{rl} saat ketiga sensor sedang mendeteksi asap atau tidak. Ketika sensor diaktifkan nilai tegangan ketiga sensor akan naik sesuai dengan jenis asap yang dideteksi, ketika tidak mendeteksi gas kembali tegangan V_{out} turun secara perlahan.



Gambar 6. Diagram Blok Sensor Node

3. STM32f4-Discovery

Dalam tugas akhir ini menggunakan STM32f4-*discovery*. Tegangan *output* dari ketiga sensor berupa data analog. Fungsi dari STM32F4 ini untuk mengkonversi data analog menjadi digital dengan memanfaatkan ADC internal dengan resolusi 12 bit dan mengolahnya menjadi *input* dari jaringan syaraf tiruan. Namun, yang perlu diperhatikan adalah tegangan *input* maksimal pin ADC dari STM32f4-*discovery* adalah 3,3 volt sedangkan tegangan *output* maksimal dari ketiga sensor gas adalah 5 volt. Oleh karena itu, perlu dipasang rangkaian pembagi tegangan dari *output* ketiga sensor sehingga sebelum masuk STM32f4-*discovery* tegangan maksimal hanya 3,3 volt dan tidak akan merusak STM32f4-*discovery* itu sendiri.

4. LCD 20x4

LCD 20x4 berfungsi untuk menampilkan tegangan analog yang dibaca oleh sensor dan menampilkan apakah asap yang terdeteksi asap kebakaran hutan atau bukan. Pada baris pertama digunakan untuk menampilkan tegangan sensor MQ-7, baris kedua menampilkan tegangan sensor TGS2600, baris ketiga menampilkan tegangan sensor MQ-2, dan baris keempat menampilkan status apakah asap kebakaran hutan atau bukan. Suplai tegangan untuk LCD 20x4 sebesar 5 volt yang berasal dari STM32f4-*discovery*.

Tabel 1.
Pin LCD 20x4 pada STM32f4-Discovery

Pin	Port STM32f4
Vss	Gnd
Vdd	Vcc
Vout	Vcc
RS	D10
R/W	Gnd
E	D9
DB4	B15
DB5	B13
DB6	B11
DB7	E15
K	Gnd
A	Vcc

C. Perancangan Perangkat Lunak

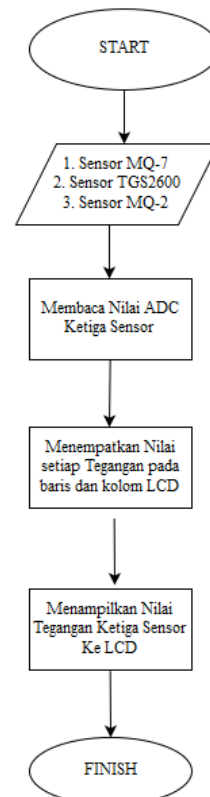
1. Pembacaan Nilai ADC dan Menampilkan di LCD

Perangkat lunak STM32 secara umum digunakan untuk mengkonversikan data *analog* menjadi data *digital* dengan memanfaatkan ADC internal sebesar 12 bit. Proses ini menggunakan *software keil uvision5* dalam proses program data sensor dan jaringan syaraf tiruan. Perangkat lunak STM32F4 menggunakan *clock* 12 MHz, *USART transmitter* dengan *Baud Rate* 115200, dan ADC yang digunakan 12 bit. *Port* yang digunakan adalah PA0, PA1, dan PA5. Setelah tegangan analog dibaca oleh STM32f4-discovery, maka proses selanjutnya adalah mengalikan tegangan digital dengan 3.3 agar tegangan yang dikeluarkan di LCD besarnya sama dengan tegangan pada sensor. Menampilkan hasil pembacaan ADC pada LCD 20x4 bertujuan untuk *me-monitoring* secara waktu nyata berapa tegangan keluaran masing-masing sensor dan melihat karakteristik tegangan masing-masing sensor terhadap asap tertentu.

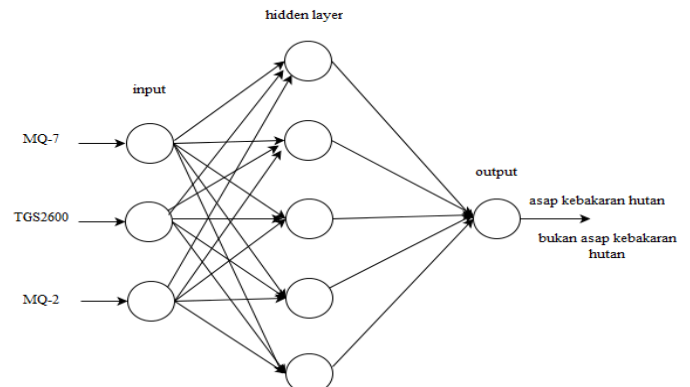
2. Proses Jaringan Syaraf Tiruan

Proses dari jaringan syaraf tiruan disini untuk menentukan asap yang terdeteksi apakah asap kebakaran hutan atau bukan. Penentuan asap kebakaran hutan atau dilihat dari karakteristik tegangan output masing-masing sensor terhadap asap yang dideteksi. Setelah terdeteksi berapa tegangan pada masing – masing sensor maka akan dilakukan proses training atau latihan secara perhitungan matematis untuk menentukan W (bobot) masing-masing sensor dan B (bias).

Pada sistem Jaringan Syaraf Tiruan ini digunakan tiga layer dengan layer input, layer tersembunyi, dan layer output. Untuk fungsi aktivasi digunakan fungsi aktivasi *sigmoid* pada layer tersembunyi dan. Fungsi aktivasi *hardlim* ini cara kerjanya adalah bila nilai *output* a = 0 maka bukan asap kebakaran hutan. Jika nilai *output* a = 1 maka asap kebakaran hutan.



Gambar 7. Flowchart Pembacaan ADC



Gambar 8. Sistem Jaringan Syaraf Tiruan

IV. PENGUKURAN DAN ANALISIS DATA

A. Pengujian Perangkat Keras

1. Pengujian Supply Sistem

Rangkaian *power supply* merupakan rangkaian terpenting yang digunakan sebagai sumber daya dari seluruh sub rangkaian elektrik. Output dari rangkaian ini adalah tegangan DC 12V dan 5V.

Untuk mendapatkan tegangan 5 volt pada rangkaian power supply menggunakan IC LM2596 (*buck converter*). Dari hasil pengujian terdapat *error* pada Vout 5 volt dan 12 volt. Namun hal ini masih bisa ditoleransi karena tegangan masih berkisar antara 4.8 volt – 5.2 volt.

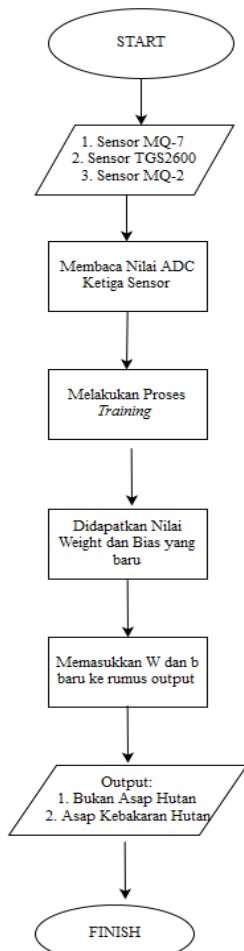
2. Pengujian Rangkaian Deret Sensor Gas

Rangkaian sensor merupakan rangkaian pembagi tegangan sensor MQ-7, TGS 2600, dan MQ-2. Pada pengujian ini tegangan masukan pada rangkaian sensor 5 Volt. Hal yang di

uji dari Rangkaian sensor adalah Vin, dan tegangan stabil pada sensor. Uji rangkaian deret sensor gas ini masih berkisar di sekitar 5 volt dan masih dalam batas toleransi meskipun ada sedikit *error*. *Error* ini tidak berpengaruh pada kinerja dari ketiga sensor tersebut.

3. Pengujian Deret Sensor Gas

Pengujian deret sensor gas ini meliputi tiga pengujian, yaitu ketika diberi asap kebakaran hutan, asap rokok, dan asap kendaraan bermotor. Pengujian dilakukan dengan mendekatkan ketiga sensor pada sumber asap. Yang dilihat dari ketiga sensor adalah karakteristik tegangan *output* yang dihasilkan oleh masing-masing sensor terhadap asap yang dideteksi. Tegangan *output* bisa ditampilkan setelah adanya pembacaan nilai ADC pada masing-masing sensor.



Gambar 9. Flowchart Sistem Jaringan Syaraf Tiruan

Tabel 2.
Hasil Pengujian Deret Sensor Gas Terhadap Asap Hutan

MQ-7 (volt)	TGS 2600 (volt)	MQ-2 (volt)
0,78	1,54	1,03
0,84	1,69	1,18
0,82	1,66	1,16
0,79	1,59	1,09
0,77	1,55	1,07
0,78	1,54	1,08
0,60	1,31	0,89
0,59	1,35	0,95
0,63	1,37	1,00

Tabel 3.
Hasil Pengujian Deret Sensor Gas Terhadap Asap Rokok

MQ-7 (volt)	TGS 2600 (volt)	MQ-2 (volt)
0,82	1,81	1,36
0,79	1,78	1,33
0,77	1,75	1,29
0,78	1,75	1,31
0,78	1,75	1,30
0,80	1,78	1,33
0,79	1,77	1,30
0,76	1,74	1,25
0,75	1,74	1,24

Berdasarkan ketiga tabel di atas, dapat dilihat bahwa masing-masing asap memiliki karakteristik tegangan yang stabil sehingga dapat dibedakan masing-masing asap pada sistem jaringan syaraf tiruan.

4. Pengujian Jaringan Syaraf Tiruan

Data dari tabel di atas dimasukkan ke proses training Jaringan Syaraf Tiruan dan dilakukan perhitungan secara matematis agar bisa dihasilkan nilai W1, b1, W2, dan b.

Tabel 4.
Hasil Pengujian Deret Sensor Gas Terhadap Asap Kendaraan Bermotor

MQ-7 (volt)	TGS 2600 (volt)	MQ-2 (volt)
0,39	1,40	0,78
0,42	1,74	0,89
0,52	1,71	0,93
0,51	1,78	0,90
0,46	1,81	0,91
0,47	1,79	0,90
0,48	1,72	0,96
0,49	1,69	0,95
0,51	1,84	0,93

Tabel 5.
Hasil Training untuk Menentukan Bobot (W) dan bias(b)

Pengujian	W1	b1	W2	b2		
1	6,2124	0,2202	1,0269	1,0063	3,4922	
	4,3092	3,2376	12,6063	-3,4185	-5,1383	
	-1,9428	-0,2655	0,9112	-0,8459	0,4640	-0,7766
	7,3695	0,0017	1,0983	2,7977	4,5317	
	-1,1196	1,2790	-0,0398	-0,7513	-0,7731	
2	9,4341	0,2844	-1,5528	4,5844	6,7263	
	0,8338	0,9051	3,0477	-1,3439	-1,2084	
	-4,1231	-1,7904	0,8352	-1,2099	-1,8225	0,1873
	6,0890	1,7634	-0,7489	2,1679	4,3397	
	0,4496	6,6088	11,3321	3,1740	-5,7097	
3	2,7683	-1,3047	-0,2642	-0,0945	1,7059	
	4,4788	0,4923	0,3310	-0,7287	1,8279	
	8,1210	-0,2065	1,9590	3,1797	5,8401	-1,1471
	1,8958	0,6337	-0,5421	-0,8877	0,6668	
	0,8868	1,9159	14,3835	-3,6910	-5,3842	
4	-1,8652	1,0689	-6,3421	0,3344	3,2915	
	0,0455	-1,0576	0,0893	-2,2069	-0,2786	
	-0,4902	-2,1638	0,1724	-2,1951	-1,0138	-4,5008
	1,1491	-2,0831	0,4622	-2,5536	-0,7053	
	12,5148	-0,0453	-7,8887	6,3140	3,7956	
5	1,2133	-1,1483	0,7151	-1,0878	0,7520	
	0,3671	3,6477	15,8003	-5,7073	-4,7170	
	2,9623	-0,6521	0,2429	-0,5013	1,8862	4,0913
	5,1940	-2,6061	-1,3629	2,3315	4,0404	
	-6,4162	-0,4839	-2,3812	-1,6291	-5,3054	
6	0,0781	-1,6144	0,6562	-1,8369	-1,1176	
	1,6071	-2,2803	0,7171	-1,6228	-1,0927	
	0,5353	-0,9903	-0,3337	-1,9438	-0,1586	-4,3345
	-1,2287	1,6299	-5,7906	-0,0045	3,0971	
	13,6120	-0,4433	-9,4873	7,1058	3,7849	
7	6,2124	0,2202	1,0269	1,0063	3,4922	
	4,3092	3,2376	12,6063	-3,4185	-5,1383	
	-1,9428	-0,2655	0,9112	-0,8459	0,4640	-0,7766
	7,3695	0,0017	1,0983	2,7977	4,5317	
	-1,1196	1,2790	-0,0398	-0,7513	-0,7731	

Tabel 6.
Hasil Pengujian Jaringan Syaraf Tiruan

Pengujian	Asap Kebakaran Hutan	Asap Rokok	Asap Kendaraan Bermotor
1	Berhasil	Berhasil	Berhasil
2	Berhasil	Berhasil	Berhasil
3	berhasil	Berhasil	Berhasil
4	Berhasil	Berhasil	Berhasil
5	Berhasil	Berhasil	Berhasil
6	Berhasil	Berhasil	Berhasil
7	Berhasil	Berhasil	Berhasil

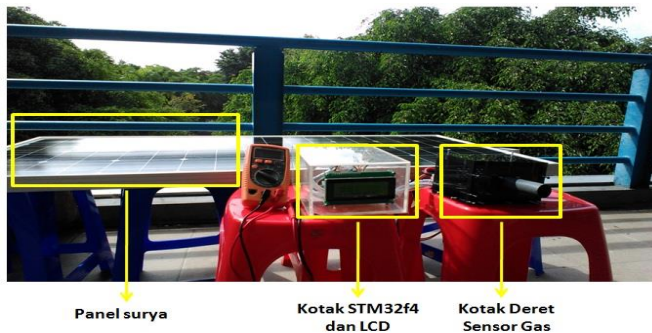


Gambar 10. Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Dari tabel pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa sistem Jaringan Syaraf Tiruan tiga layer dengan fungsi aktivasi *sigmoid* pada layer tersembunyi dan fungsi aktivasi linear pada layer output ini bisa mendeteksi jenis asap secara baik. Dari 7 kali percobaan yang dilakukan dengan nilai W_1 , b_1 , W_2 , dan b_2 yang berbeda, tidak terdapat *error* terhadap asap kebakaran hutan, asap rokok, maupun asap kendaraan bermotor.

B. Evaluasi Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan ketiga sensor gas dapat mendeteksi asap yang diberikan. Pada saat diuji dengan memberikan asap kebakaran hutan, deret sensor gas mengeluarkan tegangan sebesar $MQ-7 = 0,79$ volt, TGS 2600 = 1,59 volt, dan $MQ-2 = 1,09$ volt. Setelah beberapa detik melakukan pendeteksian, sistem mendeteksi adanya asap kebakaran hutan dengan skala besar. Hasil ini sesuai dengan apa yang diharapkan dan tidak terjadi *error*. Namun waktu pendeteksian membutuhkan waktu sekitar 15 detik. Waktu pendeteksian dirasa masih kurang cepat.



Gambar 11. Keseluruhan Sistem

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari perancangan, realisasi, dan pengujian alat pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa deret sensor gas yang terdiri atas MQ-7, sensor TGS2600, dan MQ-2 bisa bekerja dengan baik dengan mendeteksi karakteristik tegangan masing-masing asap. Dari masing-masing karakteristik tegangan tersebut ketika dimasukkan pada sistem Jaringan Syaraf Tiruan kemudian dilakukan percobaan sebanyak 7 kali tidak terdapat *error*. Evaluasi sistem diberikan sampel berupa asap kebakaran hutan dalam skala besar dan hasil yang diperoleh adalah sistem bisa mendeteksi asap kebakaran hutan dengan waktu pendeteksian sekitar 15 detik.

B. Saran

Untuk pengembangan alat lebih lanjut hendaknya menambah sensor gas yang lebih banyak supaya data juga lebih akurat. Sistem Jaringan Syaraf Tiruan sebaiknya ditambah lagi *neuron* dan layer tersembunyi agar keluaran yang dihasilkan paling akurat dan *error* bisa lebih diminimalisir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Risnandar, Cecep. 2015. <https://jurnalbumi.com/kebakaran-hutan/#return-note-227-6> diakses pada tanggal 5 Desember 2015
- [2] Sumargo, Wirendro; Nanggara, Soelthon Gussetya; Nainggolan, Frionny A; Apriani Isnenti. 2011. *Potret Keadaan Hutan Indonesia Tahun 2000 – 2009*. Forest Watch Indonesia: Jakarta
- [3] Panjaitan Berkat, Siringo-Ringo Berliana, dkk. 2013. *Sensor Gas*. Medan: Technology Science, Sains, fisika
- [4] Figaro. 2014. *Datasheet2600*, <http://www.figarosensor.com/products/2600.pdf>(diakses 23Februari 2015)
- [5] Sandoro, Fahmi. 2014. *Sensor Gas CO MQ-7*. <http://jagoanelektronika.com/2014/10/sensor-gas-co-mq-7.html> diakses pada tanggal 2 Mei 2016
- [6] Hanwei Electronics. 2010. Datasheet MQ-2. <http://hwsensor.com/products/mq2.pdf> diakses pada tanggal 5 Mei 2016
- [7] Setyo Utomo, Hendrik. 2011. *Jaringan Syaraf Tiruan*. Diktat Kuliah Pengantar Kecerdasan Buatan Universitas Gunadarma: Depok.
- [8] STM32F4 *Discovery*, ST Microelectronics, data sheets, 2012.