

## Rancang Bangun Sistem Peringatan dan Monitoring Kebocoran pada Pipa Distribusi Air Bersih menggunakan Sensor Node WSN

Ryan Angga Rista<sup>1</sup>, Joko Endrasmono<sup>1</sup>, Didik Sukoco<sup>1</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail : rangga@student.ppons.ac.id

### Abstrak

Kebocoran pada instalasi pipa air di bawah tanah dapat terjadi kapan saja, air yang seharusnya terdistribusi ke pelanggan akan terkendala, sehingga menyebabkan kerugian finansial yang besar. Maka dari itu, penulis memiliki sebuah inovasi untuk merancang sebuah sistem peringatan pendekripsi kebocoran pada jaringan pipa distribusi air bersih untuk pelanggan PDAM yang dapat di monitor melalui *website*. Sistem deteksi kebocoran air dikombinasikan dengan *Wireless Sensor Network* (WSN) sehingga dapat menghasilkan sistem monitoring secara terpusat. *Flow liquid* meter digunakan untuk mengetahui nilai debit air yang mengalir pada pipa yang berada diantara 2 buah sensor. Aliran air yang telah terbaca tersebut akan dikirim ke *database server* oleh mikrokontroler wemos d1 mini yang memiliki tingkat koneksi yang cukup stabil pada *range* 1 hingga 10meter antara *node* sensor dengan *router*. Metode *Backpropagation Neural Network* (BPNN) dan *Gaussian Naïve Bayes* (G-NB) diimplementasikan untuk klasifikasi jenis kebocoran pada cabang instalasi pipa distribusi. Tingkat akurasi pembacaan sensor yang didapatkan dari 14 buah *flow liquid* meter setelah dilakukan kalibrasi, memiliki persentase *error* sebesar 2,45%, sehingga tingkat keberhasilan deteksi kebocoran mendapatkan persentase sebesar 89,79%. Tingkat keberhasilan klasifikasi jenis kebocoran mendapatkan persentase keberhasilan sebesar 90,1% pada klasifikasi dengan menggunakan metode BPNN sedangkan metode G-NB mendapatkan persentase keberhasilan sebesar 93,05%.

**Kata Kunci:** *Backpropagation Neural Network*, *Gaussian Naïve Bayes*, Kebocoran, Monitoring, *Wireless Sensor Network*

### 1. PENDAHULUAN

Tingkat kebocoran pipa di saluran distribusi PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) masih tinggi. Pasalnya, PDAM tidak bisa segera mengetahui apakah ada kebocoran pada saluran distribusinya. Selain hal itu terdapat juga kebocoran pada instalasi pipa dan hal-hal teknis lainnya. Kebocoran pada instalasi pipa air bawah tanah dapat terjadi kapan saja. Beberapa faktor penyebab kebocoran adalah karena pipa pecah atau sambungan mulai tak rapat lagi. Kondisi ini tentu dapat membuat air bersih terbuang percuma, sehingga air yang seharusnya terdistribusi ke pelanggan akan terkendala dan akan menyebabkan kerugian finansial yang besar.

Didalam teori fisika mengenai persamaan kontinuitas untuk aliran tak mampu-mampat, jika tidak terjadi akumulasi penambahan maupun pengurangan fluida dalam suatu volume (wadah), laju aliran fluida yang masuk ke dalam volume tersebut harus sama dengan laju aliran yang keluar dari volume. Sehingga

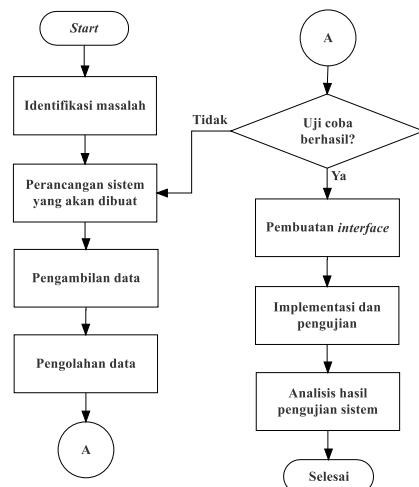
kita bisa mengambil kesimpulan, jika terjadi suatu kebocoran dalam sistem distribusi fluida maka akan terjadi perbedaan antara debit fluida yang masuk, dan debit fluida yang keluar. Untuk dapat membaca data terkait hasil perbedaan antara debit fluida yang masuk dan debit fluida yang keluar, maka diperlukan sensor yang mampu untuk membaca aliran air, dan akan dipasang pada setiap ujung pipa.

Dari latar belakang tersebut, penulis memiliki inovasi untuk membuat sebuah sistem peringatan dan pendekripsi kebocoran air bersih dengan memanfaatkan teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) yang terdiri dari setiap *node* sensor yang disebar di setiap cabang pipa distribusi. sensor *flow liquid* meter yang merupakan sensor pembaca debit air yang umum digunakan. Sensor akan memperoleh data dari aliran air yang mengalir melaluiinya, kemudian data tersebut diolah untuk mendapatkan parameter nilai yang diperlukan. Setiap sensor *flow liquid* meter akan dihubungkan dengan wemos d1 mini sebagai kontroller yang nantinya data tersebut akan

dikirim ke *database* untuk diproses lebih lanjut dalam hal pengklasifikasian. metode klasifikasi yang digunakan yaitu metode *Neural Network* dengan Algoritme *Backpropagation* yang merupakan metode kecerdasan buatan (*Artificial Intelligent*), dan akan dibandingkan dengan metode *Gaussian Naïve Bayes* sebagai metode statistik. Hasil pengolahan data ini nantinya akan dapat diakses secara *real-time* melalui *website*.

## 2. METODE

Sistematika alur penelitian ini direpresentasikan pada **Gambar 2.1** berikut:



**Gambar 2.1** Flowchart Alur Penelitian

Berdasarkan *flowchart* alur penelitian pada gambar diatas, penjelasan secara rinci dijelaskan pada sub-bab berikut:

### 2.1 Studi Literatur

Pada tahap ini, studi literatur meliputi mempelajari, memahami dan menganalisa materi yang terkait dengan penelitian ini, seperti *Wireless Sensor Network* [1], *Wemos D1 Mini* [2], *Flow Liquid Meter* [3], *Buzzer* [4], teori aliran fluida [5], teori *Gaussian Naïve Bayes* [6], [7], *Backpropagation Neural Network* [8], [9] dan beberapa sumber penelitian sebelumnya seperti [10] yang membahas tentang pemantauan kondisi tekanan dan kebocoran pada pipa dengan mengembangkan jaringan sensor *wireless* bawah tanah *Underground Wireless Sensor Network* (UWSN) berbasis *Force Sensitive Resistor* (FSR) dan penelitian yang dilakukan oleh [11] yang membahas tentang pemantauan pipa air yang dirancang untuk mendeteksi dan menemukan kebocoran pada pipa jarak jauh, menggunakan solusi *Wireless Sensor Network* (WSN).

### 2.2 Analisa Kebutuhan

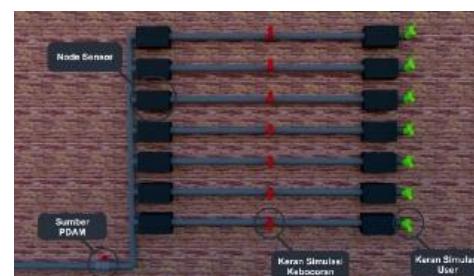
Pada tahap ini, dilakukan analisa kebutuhan sistem. Analisa kebutuhan sistem ini meliputi pendataan komponen-komponen pembangun sistem yang akan dibuat. Komponen tersebut tertera pada **Tabel 2.1** berikut.

Tabel 2.1 Komponen yang Digunakan

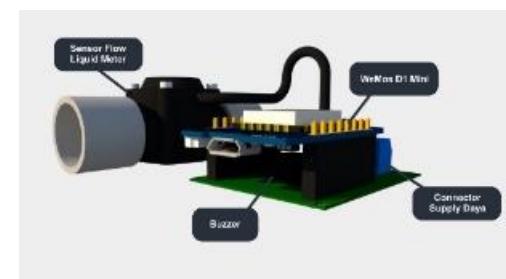
Hardware	Software
1. PC	1. <i>Visual Studio Code</i>
2. <i>Wemos D1 Mini</i>	2. <i>Arduino IDE</i>
3. <i>Flow Liquid Meter</i>	3. <i>XAMPP</i>
4. Power Supply	4. <i>Matlab</i>
5. Buzzer	
6. <i>Case box</i>	
7. <i>Pipa PVC ½"</i>	
8. <i>Tee, Knee, Kran</i>	

### 2.3 Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* meliputi pembuatan desain alat yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem beserta perancangan *wiring* dari seluruh komponen yang digunakan. Pada **Gambar 2.3** merupakan desain alat beserta peletakan komponen yang digunakan.



**Gambar 2.2** Desain Hardware

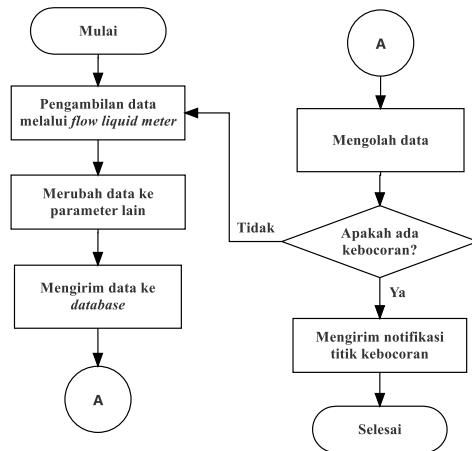


**Gambar 2.3** Desain Hardware Dilengkapi dengan Komponen

### 2.4 Perancangan Software

Perancangan *software* meliputi pembuatan

sistem pendekripsi kebocoran pipa dilengkapi dengan klasifikasi kebocorannya. Selain itu, sistem IoT juga akan dirancang sebagai unit untuk memudahkan dalam hal *controlling* dan *monitoring* oleh *user*. **Gambar 2.4** merupakan *flowchart* alur kerja sistem secara keseluruhan.



**Gambar 2.4** Diagram Blok Sistem Komunikasi

## 2.5 Uji Coba

Pada tahap ini dilakukan pengujian produk dengan mengoperasikan keseluruhan sistem dengan memberikan kondisi kebocoran pada *prototype*. Dari pengujian ini akan diketahui tingkat akurasi pengenalan kebocoran dan klasifikasinya dari sistem yang telah dibuat.

## 2.6 Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan analisis data dari data-data yang telah diperoleh pada tahap uji coba. Hasil analisa data pada tahap ini akan digunakan untuk menarik kesimpulan dari penelitian ini.

## 2.7 Pembuatan Laporan Akhir

Penyusunan laporan akhir bertujuan sebagai bentuk tanggung jawab dan otentik atas terselenggaranya penelitian ini.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Perancanaan Hardware

Pada penelitian ini di rancang 1 unit *prototype* yang terdiri dari 7 cabang pipa distribusi dan 14 buah *node sensor*. Pada **Gambar 3.1** ditampilkan rancangan *prototype* dan *node sensor* yang digunakan.



**Gambar 3.1** Penampakan Hardware

### 3.2 Perancangan Software

Perancangan *software* meliputi pembuatan *website* dengan semua fitur yang telah disesuaikan, pembuatan *database* pada *web hosting* serta mengintegrasikan antara *hardware* dengan *software* yang telah dibuat, sehingga dapat berfungsi dengan baik. Pada **Gambar 3.2** ditunjukkan tampilan utama dari *website* dan tampilan beranda *monitoring sensor* yang dibuat.



**Gambar 3.2** Perancangan Software

### 3.3 Pengujian Round Trip Time

Pengujian pertama yang akan dilakukan yaitu pengujian RTT (*Round Trip Time*) yang bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh *server* dan *node sensor* pada saat melakukan proses pengiriman data [12]. Pengujian ini dilakukan dengan variasi jarak dan variasi data yang berbeda. Variasi data yang akan diuji yaitu sebesar 16, 32, 64 dan 128 *bytes*, sedangkan variasi jarak yang akan diuji yaitu sepanjang 5, 10 dan 15 meter. Pada **Tabel 3.1** berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 3.1 Tabel Pengujian Round Trip Time

Percobaan	Reach	Receive	Lost	RTT Average
Percobaan Tes <i>Packet loss</i> dengan jarak 5 meter, dengan variasi data 16, 32, 64, dan 128 <i>bytes</i> .	14	10	0	43,30ms
Percobaan Tes <i>Packet loss</i> dengan jarak 10 meter, dengan variasi data 16, 32, 64, dan 128 <i>bytes</i> .	13	9	1	65,09ms
Percobaan Tes <i>Packet loss</i> dengan jarak 15 meter, dengan variasi data 16, 32, 64, dan 128 <i>bytes</i> .	9	6	4	165,80ms

### 3.4 Hasil Pengujian Deteksi Kebocoran

Pengujian yang akan dilakukan selanjutnya yaitu pengujian untuk mendeteksi adanya kebocoran. Simulasi kebocoran akan dilakukan dengan membuat kebocoran

buatan pada setiap cabang pipa distribusi air bersih. Pada **Tabel 3.2** berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 3.2 Tabel Pengujian Deteksi Kebocoran

No	Percobaan	Jumlah	Benar	Salah	Persentase Keberhasilan
1	Deteksi lokasi Kebocoran tanpa user pemakai	49	49	0	100%
2	Deteksi lokasi Kebocoran dengan user pemakai	98	78	20	79,59%

### 3.5 Hasil Training dan Testing *Backpropagation Neural Network*

proses *training* dan *testing* dilakukan untuk mendapatkan arsitektur terbaik dengan

nilai MSE terkecil. Dalam proses *training* terdapat parameter yang digunakan yang tercantum pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Parameter *Training*

Parameter	Jumlah	Deskripsi
<i>Input layer</i>	3 neuron	Debit, Volume, dan Kecepatan Air
<i>Hidden layer</i>	<i>Trial &amp; error</i>	1-2 <i>hidden layer</i>
<i>Neuron Hidden layer</i>	<i>Trial &amp; error</i>	2-11 neuron
<i>Output layer dengan user</i>	3 neuron	Bocor Sedang dan Bocor Tinggi
<i>Output layer tanpa user</i>	2 neuron	Normal, Bocor Sedang, dan Bocor Tinggi
Fungsi aktivasi	1	<i>Sigmoid</i>
Fungsi latih	1	<i>Levenberg-Marquardt</i> (trainlm)

Berdasarkan proses *training* dan *testing* yang telah dilakukan diperoleh nilai MSE terkecil pada kombinasi 1 *hidden layer*. Pada **Tabel 3.4** ditunjukkan arsitektur terbaik dengan nilai MSE dan RMSE yang terpilih dari

percobaan yang telah dilakukan. Pada **Tabel 3.5** merupakan hasil pengujian metode *Backpropagation Neural Network* dalam proses pengklasifikasian.

Tabel 3.4 Tabel Perbandingan Nilai MSE dan RMSE

Training	Arsitektur Terbaik			Epoch	Time	MSE	RMSE
Arsitektur BPNN Tanpa User	3	3	2	28	00:17	1,85e-06	0,0014
Arsitektur BPNN Dengan User	3	4	3	42	00:36	2,64e-04	0,0163

Tabel 3.5 Tabel Pengujian Metode *Backpropagation Neural Network*

No	Percobaan	Jumlah	Benar	Salah	Persentase Keberhasilan
1	Klasifikasi Kebocoran tanpa <i>User</i> (Metode <i>Backpropagation Neural Network</i> )	70	63	7	90%
2	Klasifikasi Kebocoran dengan <i>User</i> (Metode <i>Backpropagation Neural Network</i> )	105	95	10	90,4%

### 3.6 Hasil Training dan Testing *Gaussian Naïve Bayes*

Pada penelitian ini proses *training* dan *testing* dilakukan untuk mendapatkan data

statistik berupa nilai *mean* dan standar deviasi setiap parameter yang ditunjukan pada **Tabel 3.6** merupakan hasil *training dataset* kebocoran tanpa *user* dan **Tabel 3.7**

merupakan hasil *training dataset* kebocoran dengan *user*. Pada **Tabel 3.8** merupakan hasil pengujian metode *Gaussian Naïve Bayes* dalam pengklasifikasian yang telah dilakukan.

Tabel 3.6 Tabel Hasil *Training Gaussian Naïve Bayes* Kebocoran Tanpa *User*

Kondisi	Mean			Standar Deviasi		
	<i>flowrate</i>	volume	kecepatan	<i>flowrate</i>	volume	kecepatan
Sedang	3,73	62,16	0,16	2,2	36,64	0,1
Tinggi	10,83	180,44	0,47	2,84	47,34	0,12

Tabel 3.7 Tabel Hasil *Training Gaussian Naïve Bayes* Kebocoran dengan *User*

Kondisi	Mean			Standar Deviasi		
	<i>flowrate</i>	volume	kecepatan	<i>flowrate</i>	volume	kecepatan
Normal	0,43	7,25	0,02	0,38	6,26	0,02
Sedang	2,95	49,11	0,13	0,97	16,17	0,04
Tinggi	8,91	148,54	0,39	1,92	32,07	0,08

Tabel 3.8 Tabel Penguji Metode *Gaussian Naïve Bayes*

No	Percobaan	Jumlah	Benar	Salah	Persentase Keberhasilan
1	Klasifikasi Kebocoran tanpa <i>User</i> (Metode <i>Gaussian Naïve Bayes</i> )	70	65	5	92,8%
2	Klasifikasi Kebocoran dengan <i>User</i> (Metode <i>Gaussian Naïve Bayes</i> )	105	98	7	93,3%

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat di ambil yaitu sebagai berikut.

1. Berdasarkan pengujian dan perbandingan sensor yang digunakan setelah melakukan proses kalibrasi memiliki nilai akurasi yang baik dimana sensor *flow liquid meter* yang digunakan memiliki *error* sebesar 2,45% untuk pengukuran aliran air. Sehingga, Sistem peringatan dan *monitoring* kebocoran yang dirancang dapat bekerja dengan baik pada saat terjadinya kebocoran apabila air tidak digunakan oleh *user* maupun saat sedang digunakan oleh *user*, dengan persentase keberhasilan 89,79%.
2. *Metode Neural Network* dengan *algoritme Backpropagation* dan metode statistika *Gaussian Naïve Bayes* yang telah dilatih keduanya dapat digunakan untuk mengklasifikasi jenis kebocoran dengan baik. Terbukti dengan hasil percobaan tingkat akurasi *Gaussian Naïve Bayes* memiliki tingkat akurasi 93,05% sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan *Backpropagation Neural Network* dengan tingkat akurasi 90,1%.

3. *Node sensor* yang digunakan dengan menggunakan mikrokontroller wemos D1 mini, memiliki tingkat koneksi yang cukup stabil apabila terletak pada *range* 1 – 10meter antara *node sensor* dengan *router*, sehingga pengiriman data menuju *database* dan ditampilkan ke *website interface* secara *realtime* relatif baik. Apabila *node sensor* terletak pada *range* lebih dari 10 meter, maka koneksi wemos D1 mini cenderung tidak stabil, didasarkan pada hasil pengujian *round trip time* yang memiliki hasil rata-rata 91,39ms, dan sering terdapat gangguan seperti jaringan tidak dapat terjangkau.

### 4.2 Saran

Dalam pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dan dikembangkan lagi untuk penelitian selanjutnya yaitu untuk mengembangkan *node sensor* yang digunakan, dengan menggunakan protokol komunikasi yang lebih cepat dan stabil. Pengembangan terhadap mikrokontroller yang digunakan yang memiliki tingkat ketabilan jaringan yang lebih baik. Pengembangan terhadap rancangan *prototype* kebocoran dengan menggunakan posisi *horizontal*, serta terdapat beberapa

cabang tambahan. Pengembangan dalam hal pengolahan data, dengan perbandingan metode yang lain sehingga dapat dieksplor lebih jauh terkait metode yang cocok untuk klasifikasi jenis kebocoran.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Yusuf, “Mengenal Wireless Sensor Network – Menara Ilmu Sensor Network,” 2018. <https://sensornetwork.mipa.ugm.ac.id/2018/08/22/125/> (accessed Apr. 25, 2021).
- [2] F. Andrie Aryanto, “Rancang Bangun Kontrol dan Monitoring Meteran Air PDAM Berbasis Internet of Things,” 2019.
- [3] F. T. Wahyuningsih, Y. Al Hakim, and A. Ashari, “Pengembangan Alat Peraga Pengukur Debit Air Menggunakan Sensor Flow Berbasis Arduino Sebagai Media Pembelajaran Fluida,” *Radiasi J. Berk. Pendidik. Fis.*, vol. 12, no. 1, pp. 38–45, 2019, doi: 10.37729/radiasi.v12i1.31.
- [4] T. F. Arya, M. Faiqurahman, and Y. Azhar, “APLIKASI WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK SISTEM MONITORING DAN KLASIFIKASI KUALITAS UDARA,” *J. Sist. Inf. (Journal Inf. Syst.)*, vol. 14, no. 2, pp. 74–82, 2018.
- [5] R. F. Rahmat, I. S. Satria, B. Siregar, and R. Budiarto, “Water Pipeline Monitoring and Leak Detection using Flow Liquid Meter Sensor,” *IAES Int. Conf. Electr. Eng.*, vol. 755, no. 1, 2016, doi: 10.1088/1742-6596/755/1/011001.
- [6] K. Y. Raharja, H. Oktavianto, and R. Umilasari, “Perbandingan Kinerja Algoritma Gaussian Naive Bayes Dan K-Nearest Neighbor (Knn) Untuk Mengklasifikasi Penyakit Hepatitis C Virus (Hcv),” pp. 1–12, 2021.
- [7] R. Eko Putri, Suparti, and R. Rahmawati, “PERBANDINGAN METODE KLASIFIKASI NAÏVE BAYES DAN K-NEAREST NEIGHBOR PADA ANALISIS DATA STATUS KERJA DI KABUPATEN DEMAK TAHUN 2012,” *Gaussian*, vol. 3, pp. 831–838, 2014.
- [8] F. A. Hizham, Y. Nurdiansyah, and D. M. Firmansyah, “Implementasi Metode Backpropagation Neural Network (BNN) dalam Sistem Klasifikasi Ketepatan Waktu Kelulusan Mahasiswa (Studi Kasus: Program Studi Sistem Informasi Universitas Jember),” *Berk. Sainstek*, vol. 6, no. 2, p. 97, 2018, doi: 10.19184/bst.v6i2.9254.
- [9] A. Fagustina, Y. Palgunadi, and Wiharto, “Pengaruh Fungsi Pembelajaran Terhadap Kinerja Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation,” *Univ. Sebel. Maret*, vol. 3, pp. 1–10, 2014.
- [10] A. M. Sadeghioon, N. Metje, D. N. Chapman, and C. J. Anthony, “SmartPipes: Smart wireless sensor networks for leak detection in water pipelines,” *J. Sens. Actuator Networks*, vol. 3, no. 1, pp. 64–78, 2014, doi: 10.3390/jsan3010064.
- [11] F. Karray, A. Garcia-Ortiz, M. W. Jmal, A. M. Obeid, and M. Abid, “EARNPIPE: A Testbed for Smart Water Pipeline Monitoring Using Wireless Sensor Network,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 96, pp. 285–294, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.08.141.
- [12] I. B. Prasetyo, M. Faiqurahman, and Z. Sari, “Rancang Bangun Control dan Monitoring Sensor Node WSN Menggunakan Protokol Message Queue Telemetry Transport (MQTT),” *J. Repos.*, vol. 2, no. 1, p. 15, 2020, doi: 10.22219/repositor.v2i1.476.