

**SIMULASI PNEUMATIC TUBE  
SEBAGAI ALAT PENGIRIM SAMPEL BERBASIS MICROCONTROLLER ATmega8**

*Padma Kusumaningrum<sup>1</sup>, Nur Hudha Wijaya<sup>1</sup>, Aidatul Fitriyah<sup>2</sup>*

*Program Studi D3 Teknik Elektromedik Program Vokasi*

*Universitas Muhammadiyah Yogyakarta<sup>1</sup>*

*Jalan Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta*

*E-mail : [padmakusumaningrum@yahoo.co.id](mailto:padmakusumaningrum@yahoo.co.id), [nurhudhawijaya@umy.ac.id](mailto:nurhudhawijaya@umy.ac.id)*

**INTISARI**

Proses pengiriman sampel di rumah sakit selama ini masih dilakukan oleh tenaga medis secara manual. *Pneumatic tube* merupakan salah satu peralatan penunjang medik yang digunakan untuk mengirimkan sampel dari ruang 1 ke ruang lain dengan memanfaatkan tekanan udara. Penelitian ini bertujuan untuk membuat simulasi *Pneumatic Tube* Sebagai Alat Pengirim Sampel yang dapat digunakan sebagai alat pengganti dan diharapkan dapat membantu *user* untuk mempercepat waktu dan mengurangi tugas dari *user*. Di mana alat tersebut berfungsi untuk mengirimkan sampel darah dan mungkin jika dikembangkan dapat digunakan untuk mengirim lain. Dalam pembuatan alat Simulasi *Pneumatic Tube* Sebagai Alat Pengirim Sampel ini memanfaatkan motor vakum sebagai tenaga ataupun penggerak untuk mengirimkan *carrier*. Pipa 2 inch sebagai jalur instalasi yang terdapat sensor *photodiode* sebagai deteksi *carrier*, *buzzer* sebagai penanda apabila *carrier* sudah sampai, LCD sebagai tampilan *display* dan *microcontroller* sebagai pengendali *system* keseluruhan yang menggerakkan motor, menyalakan *buzzer*, menampilkan sesor. Pada penelitian ini ditarik kesimpulan bahwa semakin berat beban yang dikirim maka semakin lama waktu pengiriman. Pada pengiriman sampel darah 5ml rata-rata pengiriman selama 1,833 detik, pengiriman sampel darah 10ml rata-rata pengiriman selama 2,027 detik, pengiriman sampel urine 20ml rata-rata pengiriman selama 2,1875 detik, pengiriman sampel urine 30ml rata-rata pengiriman selama 2,212 detik, pengiriman sampel urine 40ml rata-rata pengiriman selama 2,389 detik, dan pengiriman sampel urine 50ml rata-rata pengiriman selama 2,504 detik. Alat ini dapat mempermudah perawat dan analis dalam mengirimkan sampel. Perawat bisa fokus dan mendedikasikan diri langsung ke pasien tidak memikirkan mengantar sampel-sampel yang akan diperiksa.

---

**Kata Kunci:** *Pneumatic tube, Photodiode, Motor vakum.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era modern seperti ini, telah menuntut tenaga kesehatan untuk lebih maju dalam segala bidang. Sebagai teknisi di bidang elektromedik dipacu memberikan kontribusi yang baik agar pelayanan di dunia medis dapat berjalan dengan baik dan maksimal dalam peningkatan mutu alat-alat kesehatan, sehingga dapat memudahkan *user* dalam penggunaan dan juga meningkatkan mutu pelayanan yang terbaik dan cepat terhadap pasien.

Salah satu fasilitas di rumah sakit yang diperuntukan bagi pasien adalah ruangan. Ruangan mempunyai beragam jenis dan fungsi yang berbeda. Ruangan yang dianggap vital dan sangat membutuhkan pelayanan cepat dan tepat biasanya terdapat di: Gudang farmasi, Apotek, Sampel Darah, dan *ICU*. Fungsi dari gudang farmasi dan apotek sebagai gedung obat dan penerimaan obat dari suplier obat yang didistribusikan ke tempat-tempat yang membutuhkan obat-obatan. Sampel darah berfungsi untuk pengambilan darah pasien untuk dicek di laboratorium dan *ICU* merupakan ruangan yang pasiennya membutuhkan pelayanan yang cepat dan tepat untuk mendapatkan obat karena pasien dalam keadaan sedang kritis atau koma. Empat ruangan tersebut sangat membutuhkan pelayanan cepat.

Untuk mengakomodir mobilitas yang tinggi dari empat ruangan tersebut dibutuhkan sistem *pneumatic*. Sistem *pneumatic* merupakan penggantian tenaga manusia dengan tenaga mesin yang secara otomatis melakukan dan mengatur pekerjaan sehingga tidak memerlukan lagi pengawasan manusia [2]. Ditambah dengan pertambahan jumlah pasien yang harus diperiksa dan luasnya ukuran rumah sakit yang menyebabkan perlu menggunakan tata cara pengantaran yang cepat. Maka sistem *pneumatic tube* dibutuhkan, dengan sistem ini pasien bisa dengan cepat penanganannya.

Pada penelitian yang dilakukan Kgs. A. Rahman Jurusan Teknik Komputer Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang pada tahun 2014 dengan judul “Rancang Bangun Robot Pengantar Obat Ke Kamar Rawat Inap Pasien Rumah Sakit Berbasis *Microcontroller ATmega8535*”, sistem

kerja robot menggunakan *microcontroller* sebagai otak pengatur gerak robot. Cara kerjanya mengikuti garis hitam yang terpasang sesuai dengan jalur yang telah ditentukan dari ruang jaga perawat ke kamar rawat inap pasien. Secara singkat cara kerja robot ini ketika perawat ingin mengantarkan obat ke kamar rawat inap pasien, perawat tinggal menaruh obat dan gelas air minum di *slot* nampan yang dibawa oleh robot dan memberi label nama pasien yang membutuhkan obat. Setelah obat dan gelas berisi air minum ditaruh di masing-masing *slot* yang telah disediakan maka perawat tinggal menekan tombol nomor kamar yang akan dituju, sebelumnya diatur agar robot aktif dan berjalan menuju kamar rawat inap pasien. Motor *servo* sebagai *aktuator* robot sesuai dengan penekanan tombol nomor kamar. Setelah semua obat diambil oleh pasien *sensor proximity* di bagian belakang aktif dan robot akan kembali secara otomatis mengikuti jalur yang menuju ruang jaga perawat. Pada penelitian ini masih memiliki kelemahan yaitu ketika robot sedang melakukan pengiriman terkadang dalam perjalanan terganggu oleh aktivitas yang ada di rumah sakit [3]. Berdasarkan masalah di atas penulis akan membuat alat dengan sistem yang berbeda, yaitu: “*Simulasi Pneumatic Tube Sebagai Alat Pengirim Sampel Berbasis Microcontroller ATmega8*”. Alat ini dibuat agar dapat membantu *user* dalam mempercepat waktu, mengurangi tugas dari *user* serta tidak mengganggu aktivitas di rumah sakit. Di mana alat tersebut berfungsi untuk mengirimkan sampel darah, obat dan mungkin jika dikembangkan dapat digunakan untuk mengirim barang yang lain.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi *pneumatic*

*Pneumatic* sebuah sistem penggerak menggunakan tekanan udara sebagai tenaga penggerakannya. Cara kerja *Pneumatic* sama saja dengan hidrolik yang membedakannya hanyalah tenaga penggerakannya.

#### 1. Dasar-dasar *pneumatic*

*Pneumatic* merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak, keadaan-keadaan keseimbangan udara dan syarat keseimbangan. Jadi *pneumatic*

berarti terisi udara atau digerakkan oleh udara yang dimampat.

## 2. Pengertian sistem *pneumatic*

*Pneumatic* berasal dari bahasa Yunani yang berarti udara atau angin. Semua sistem yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan untuk menghasilkan suatu kerja disebut *pneumatic*. Dalam penerapannya, sistem *pneumatic* digunakan sebagai sistem otomatis. Dalam suatu rangkaian *pneumatic*, udara diluar dihisap ke dalam kompresor dan mengalami kompresi, sehingga memiliki bentuk energi yang kemudian diubah menjadi gerak mekanik (gerak piston). Dasar dari akuator tenaga fluida adalah bahwa fluida mempunyai tekanan yang sama ke segala arah [4].

## 2.2 Motor AC

Motor AC adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan sumber tegangan AC. Motor AC menggunakan arus langsung dan tidak langsung. *Motor AC* digunakan pada penggunaan khusus di mana diperlukan penyalan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.

Motor AC terdapat dua bagian utama pada sebuah motor listrik AC, yaitu *Stator* dan *Rotor*. *Stator* adalah bagian motor yang tidak berputar, bagian yang statis ini terdiri dari rangka dan kumparan medan, Sedangkan *rotor* adalah bagian yang berputar, bagian rotor ini terdiri dari kumparan jangkar.

Pada prinsipnya motor listrik AC menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang berkutub selatan dan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak menghadap ke utara magnet. Saat ini, karena kutub utara kumparan bertemu dengan kutub selatan magnet ataupun kutub selatan kumparan bertemu dengan kutub utara magnet maka akan terjadi saling tarik menarik yang menyebabkan pergerakan kumparan berhenti [5].

## 2.3 ATmega8

*Minimum system ATmega8* merupakan sebuah modul berbasis *microkontroller ATmega8* yang sudah dilengkapi dengan *eksternal kristal osilator*, tombol *reset*, *port ISP*,

*port USART*, *ADC referensi* dan *port IO*. *System* minimum ini sangat cocok untuk aplikasi-aplikasi sederhana seperti membaca tombol, dihubungkan dengan LED, mengontrol *RELAY*, mengendalikan LCD, pembacaan sensor-sensor *digital* maupun untuk aplikasi yang kompleks seperti untuk komunikasi dengan komputer/laptop, komunikasi dengan MODEM, pengontrolan jarak jauh, PID kontroler ataupun robotika. Modul sistem minimum ini mempunyai *port In System Programming (ISP)* yang digunakan untuk mengunduh program sehingga memudahkan untuk proses *development* [6].

## 2.3 Buzzer

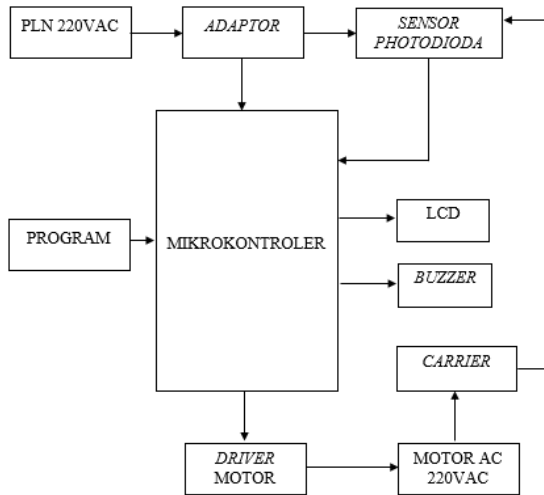
*Buzzer* adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara[7].

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Blok Diagram

PLN memberikan tegangan ke sistem keseluruhan. *Microcontroller* mendapat tegangan langsung dari PLN 220 V yang sebelumnya sudah diturunkan tegangannya menggunakan adaptor 5A 9V. Program masuk ke *microcontroller*, *microcontroller* mengatur sensor *optocoupler*, *driver* motor, *buzzer* dan LCD. Pada saat tabung *carrier* dimasukkan alat masih dalam keadaan mati tetapi sudah mendapatkan tegangan dari PLN, kemudian dengan perintah tombol kontrol memberikan instruksi pada *microcontroller* sehingga *driver* motor menggerakkan motor yang akan bekerja secara otomatis. Proses pengiriman *carrier* selesai apabila *carrier* telah sampai di penerima, *carrier* akan mengenai sensor penerima, sensor penerima menyala dan akan tertampil tanda sensor pada LCD untuk memberitahukan kepada *user* penerima bahwa *carrier* telah sampai, *buzzer* akan berbunyi. Pada LCD ruang pengirim tertampil tulisan “TERKIRIM” dan pada ruang

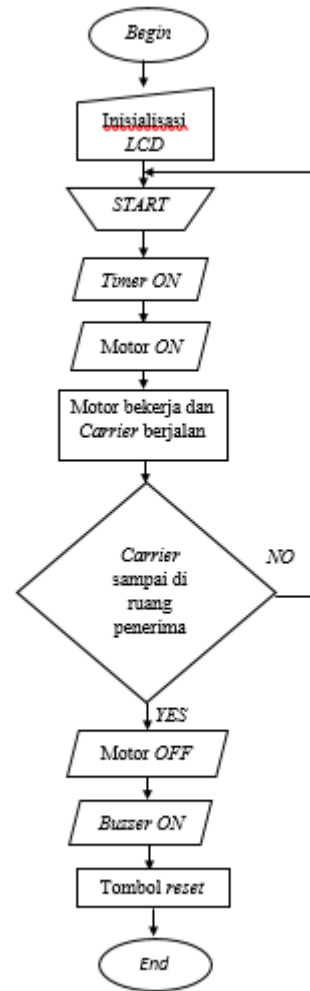
penerima tertampil tulisan “DI TERIMA”. Secara otomatis *motor* akan berhenti dan proses pengiriman selesai.



Gambar 3.1 Blok Diagram Modul

### 3.2 Diagram Alir Proses

Sebelum proses berlangsung *microcontroller* menginisialisasi program yang akan dijalankan. Setelah proses inisialisasi selesai kemudian berlanjut pada proses *start*. Setelah ditekan tombol *start/ send* menunggu beberapa detik agar motor bekerja dan menyedot *carrier*. Setelah *motor* bekerja akan mengirimkan *carrier* ke penerima. Sensor *photodiode* mendeteksi jalannya *carrier* sampai di ruang penerima dan mendeteksi apabila *carrier* terhambat. Setelah *carrier* sampai di ruang penerima motor mati, *buzzer* menyala dan proses selesai.



Gambar 3.2 Diagram Alir Modul

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Tabel Hasil Pengujian dan Analisis Data

#### a. Sampel Darah

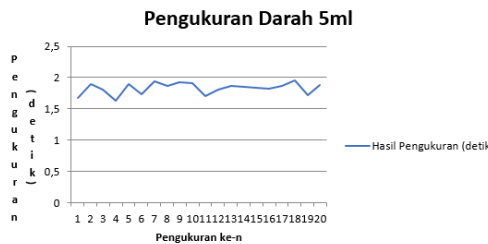
##### 1) Pengiriman sampel darah 5 ml dengan berat total 37,0 gr.

Pada pengiriman sampel darah dengan ukuran 5 ml, peneliti memantau waktu selama berjalannya *carrier* dari ruang pengirim ke ruang penerima dengan melihat *stopwatch*. Berikut penulis uraikan waktu selama berjalannya *carrier* dalam bentuk tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Pengukuran sampel darah 5 ml dengan berat total 37,0 gr.

Pengukuran ke- (n)	Hasil Pengukuran (detik)	Kondisi Carrier
1	01,68	Terkirim
2	01,90	Terkirim
3	01,81	Terkirim
4	01,63	Terkirim
5	01,89	Terkirim
6	01,73	Terkirim
7	01,94	Terkirim
8	01,87	Terkirim
9	01,92	Terkirim
10	01,91	Terkirim
11	01,71	Terkirim
12	01,81	Terkirim
13	01,86	Terkirim
14	01,85	Terkirim
15	01,84	Terkirim
16	01,82	Terkirim
17	01,87	Terkirim
18	01,96	Terkirim
19	01,72	Terkirim
20	01,88	Terkirim
Jumlah	36,66	
Rata-rata	1,833	

Dari Tabel 4.1 dapat dibuat grafik yang menunjukkan pengukuran sampel darah 5ml selama 20 kali seperti pada Gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4. 1 Grafik Pengukuran Sampel Darah 5ml

Dalam perhitungan data pengukuran waktu pengiriman *carrier* di atas didapatkan rata-rata sebesar 1.833 detik dengan kecepatan yang digunakan 2,72 m/s. Di mana pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali untuk setiap pengukuran, namun waktu yang didapat tidak sama karena adanya kesalahan dalam pengukuran di *stopwatch*.

2) **Pengiriman sampel darah 10 ml dengan berat total 42,5 gr.**

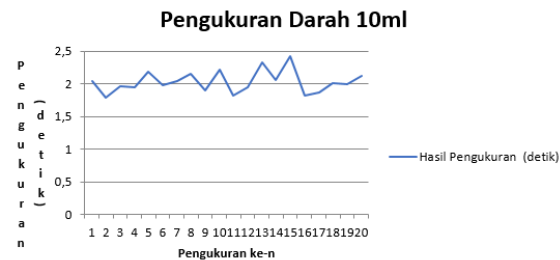
Pada pengiriman sampel darah dengan ukuran 10 ml, peneliti memantau waktu selama berjalannya *carrier* dari ruang pengirim ke ruang penerima dengan melihat *stopwatch*. Berikut penulis

uraikan waktu selama berjalannya *carrier* dalam bentuk tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Pengukuran sampel darah 10 ml dengan berat total 42,5 gr.

Pengukuran ke- (n)	Hasil Pengukuran (detik)	Kondisi Carrier
1	02,04	Terkirim
2	01,78	Terkirim
3	01,96	Terkirim
4	01,94	Terkirim
5	02,18	Terkirim
6	01,98	Terkirim
7	02,04	Terkirim
8	02,15	Terkirim
9	01,90	Terkirim
10	02,21	Terkirim
11	01,82	Terkirim
12	01,95	Terkirim
13	02,32	Terkirim
14	02,05	Terkirim
15	02,42	Terkirim
16	01,82	Terkirim
17	01,86	Terkirim
18	02,01	Terkirim
19	01,99	Terkirim
20	02,12	Terkirim
Jumlah	40,54	
Rata-rata	2,027	

Dari Tabel 4.2 dapat dibuat grafik yang menunjukkan pengukuran sampel darah 10ml selama 20 kali seperti pada Gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 4. 2 Grafik Pengukuran Sampel Darah 10ml

Dalam perhitungan data pengukuran waktu pengiriman *carrier* di atas didapatkan rata-rata sebesar 2,027 detik dengan kecepatan yang digunakan 2,46 m/s. Di mana pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali untuk setiap pengukuran, namun waktu yang didapat tidak sama karena adanya kesalahan dalam pengukuran di *stopwatch*.

b. **Sampel Urine**

1) **Pengiriman sampel urine 20 ml dengan berat total 52,6 gr.**

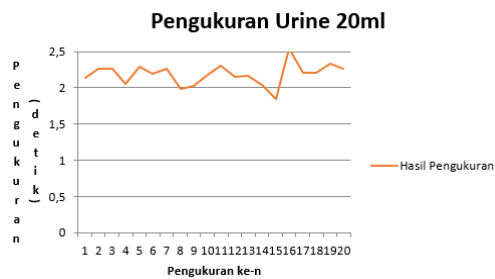
Pada pengiriman sampel urine dengan ukuran 20 ml, peneliti

memantau waktu selama berjalannya *carrier* dari ruang pengirim ke ruang penerima dengan melihat *stopwatch*. Berikut penulis uraikan waktu selama berjalannya *carrier* dalam bentuk tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Pengukuran sampel urine 20 ml dengan berat total 52,6 gr.

Pengukuran ke- (n)	Hasil Pengukuran (detik)	Kondisi <i>Carrier</i>
1	02,14	Terkirim
2	02,27	Terkirim
3	02,26	Terkirim
4	02,06	Terkirim
5	02,29	Terkirim
6	02,20	Terkirim
7	02,26	Terkirim
8	01,99	Terkirim
9	02,03	Terkirim
10	02,18	Terkirim
11	02,30	Terkirim
12	02,15	Terkirim
13	02,17	Terkirim
14	02,04	Terkirim
15	01,84	Terkirim
16	02,55	Terkirim
17	02,21	Terkirim
18	02,21	Terkirim
19	02,34	Terkirim
20	02,26	Terkirim
Jumlah	43,75	
Rata-rata	2,1875	

Dari Tabel 4.2 dapat dibuat grafik yang menunjukkan pengukuran sampel darah 10ml selama 20 kali seperti pada Gambar 4.3 berikut ini:



Gambar 4. 3 Grafik Pengukuran Sampel Urine 20 ml

Dalam perhitungan data pengukuran waktu pengiriman *carrier* di atas didapatkan rata-rata sebesar 2,187 detik dengan kecepatan yang digunakan 2,28 m/s. Di mana pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali untuk setiap pengukuran, namun waktu yang didapat tidak sama karena adanya kesalahan dalam pengukuran di *stopwatch*.

**2) Pengiriman sampel urine 30 ml dengan berat total 63,6 gr.**

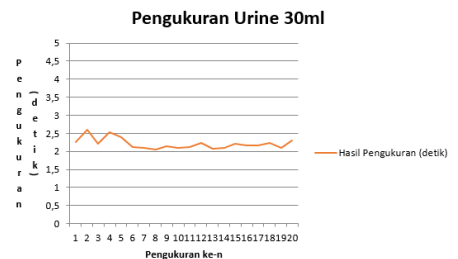
Pada pengiriman sampel urine dengan ukuran 30 ml, peneliti

memantau waktu selama berjalannya *carrier* dari ruang pengirim ke ruang penerima dengan melihat *stopwatch*. Berikut penulis uraikan waktu selama berjalannya *carrier* dalam bentuk tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Pengukuran sampel urine 30 ml dengan berat total 63,6 gr.

Pengukuran ke- (n)	Hasil Pengukuran (detik)	Kondisi <i>Carrier</i>
1	02,26	Terkirim
2	02,59	Terkirim
3	02,22	Terkirim
4	02,54	Terkirim
5	02,40	Terkirim
6	02,12	Terkirim
7	02,10	Terkirim
8	02,06	Terkirim
9	02,15	Terkirim
10	02,09	Terkirim
11	02,12	Terkirim
12	02,24	Terkirim
13	02,08	Terkirim
14	02,10	Terkirim
15	02,20	Terkirim
16	02,17	Terkirim
17	02,16	Terkirim
18	02,23	Terkirim
19	02,10	Terkirim
20	02,31	Terkirim
Jumlah	44,24	
Rata-rata	2,212	

Dari Tabel 4.4 dapat dibuat grafik yang menunjukkan pengukuran sampel darah 10ml selama 20 kali seperti pada Gambar 4.4 berikut ini:



Gambar 4. 4 Grafik Pengukuran Sampel Urine 30 ml

Dalam perhitungan data pengukuran waktu pengiriman *carrier* di atas didapatkan rata-rata sebesar 2,212 detik dengan kecepatan yang digunakan 2,26 m/s. Di mana pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali untuk setiap pengukuran, namun waktu yang didapat tidak sama karena adanya kesalahan dalam pengukuran di *stopwatch*.

**3) Pengiriman sampel urine 40 ml dengan berat total 74,6 gr.**

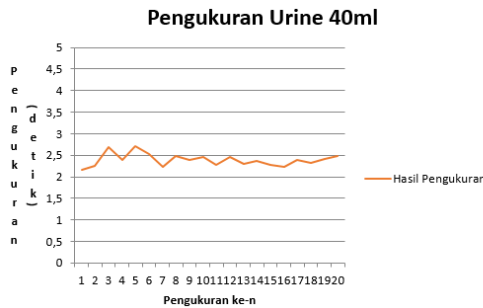
Pada pengiriman sampel urine dengan ukuran 40 ml, peneliti

memantau waktu selama berjalannya *carrier* dari ruang pengirim ke ruang penerima dengan melihat *stopwatch*. Berikut penulis uraikan waktu selama berjalannya *carrier* dalam bentuk tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Pengukuran sampel urine 40 ml dengan berat total 74,6 gr.

Pengukuran ke- (n)	Hasil Pengukuran (detik)	Kondisi <i>Carrier</i>
1	02,16	Terkirim
2	02,25	Terkirim
3	02,69	Terkirim
4	02,39	Terkirim
5	02,70	Terkirim
6	02,53	Terkirim
7	02,22	Terkirim
8	02,49	Terkirim
9	02,38	Terkirim
10	02,45	Terkirim
11	02,27	Terkirim
12	02,47	Terkirim
13	02,29	Terkirim
14	02,37	Terkirim
15	02,27	Terkirim
16	02,23	Terkirim
17	02,40	Terkirim
18	02,32	Terkirim
19	02,41	Terkirim
20	02,49	Terkirim
Jumlah	47,78	
Rata-rata	2,389	

Dari Tabel 4.5 dapat dibuat grafik yang menunjukkan pengukuran sampel darah 10ml selama 20 kali seperti pada Gambar 4.5 berikut ini:



Gambar 4. 5 Grafik Pengukuran Sampel Urine 40ml

Dalam perhitungan data pengukuran waktu pengiriman *carrier* di atas didapatkan rata-rata sebesar 2,389 detik dengan kecepatan yang digunakan 2,09 m/s. Di mana pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali untuk setiap pengukuran, namun waktu yang didapat tidak sama karena adanya kesalahan dalam pengukuran di *stopwatch*.

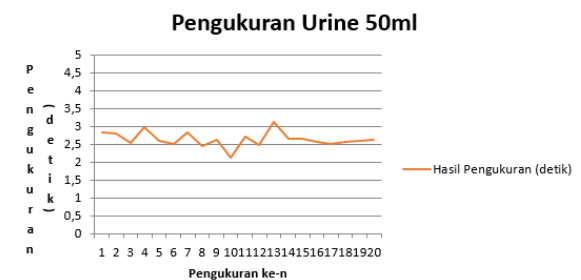
4) Pengiriman sampel urine 50 ml dengan berat total 85,6 gr.

Pada pengiriman sampel urine dengan ukuran 50 ml, peneliti memantau waktu selama berjalannya *carrier* dari ruang pengirim ke ruang penerima dengan melihat *stopwatch*. Berikut penulis uraikan waktu selama berjalannya *carrier* dalam bentuk tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Pengukuran sampel urine 50 ml dengan berat total 85,6 gr.

Pengukuran ke- (n)	Hasil Pengukuran (detik)	Kondisi <i>Carrier</i>
1	02,84	Terkirim
2	02,80	Terkirim
3	02,54	Terkirim
4	02,98	Terkirim
5	02,59	Terkirim
6	02,52	Terkirim
7	02,82	Terkirim
8	02,45	Terkirim
9	02,63	Terkirim
10	02,11	Terkirim
11	02,72	Terkirim
12	02,47	Terkirim
13	03,12	Terkirim
14	02,64	Terkirim
15	02,64	Terkirim
16	02,57	Terkirim
17	02,52	Terkirim
18	02,56	Terkirim
19	02,59	Terkirim
20	02,61	Terkirim
Jumlah	50,08	
Rata-rata	2,504	

Dari Tabel 4.6 dapat dibuat grafik yang menunjukkan pengukuran sampel darah 10ml selama 20 kali seperti pada Gambar 4.6 berikut ini:



Gambar 4. 6 Grafik Pengukuran Sampel Urine 50ml

Dalam perhitungan data pengukuran waktu pengiriman *carrier* di atas didapatkan rata-rata sebesar 2,504 detik dengan kecepatan yang digunakan 1,99 m/s. Di mana

pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali untuk setiap pengukuran, namun waktu yang didapat tidak sama karena adanya kesalahan dalam pengukuran di *stopwatch*.

## 5. Kesimpulan

- a. Simulasi *pneumatic tube* sebagai alat pengirim sampel dapat mempermudah perawat dan analis dalam mengirimkan sampel. Perawat bisa fokus dan mendedikasikan diri langsung ke pasien tidak memikirkan mengantar sampel-sampel yang akan diperiksa.
- b. Dalam rata-rata pengiriman sampel darah dan sampel urine mengalami kenaikan waktunya. Semakin berat sampel yang dikirim akan membutuhkan waktu semakin lama selama proses pengiriman berlangsung.
- c. Kecepatan berbanding terbalik dengan waktu. Semakin kecil massa yang dikirim maka kecepatan yang digunakan semakin besar.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Sanjaya, Analisa Perencanaan Pengiriman Barang Dengan Sistem Pneumatic Tube Di Rumah Sakit Grha Kedoya. Jakarta: Universitas Mercu Buana, 2012.
- [2] I. L. Sepdyanuri, "Pengendalian Temperatur Tangki Pemanas Dengan Kendali Berbasis Plc (Programmable Logic Controller)," 2014. [Online].
- [3] K. A. Rahman, Rancang Bangun Robot Pengantar Obat Ke Kamar Rawat Inap Pasien Rumah Sakit Berbasis Mikrokontroler *Atmega8535*. Palembang: Skripsi Politeknik Negeri Sriwijaya, 2014.
- [4] A. D. Nugraha, Design Pneumatic Tube Transfer System Pada Kapal Rumah Sakit Kri Dr Soeharso 990. Surabaya: Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [5] M. A. Novianta, "Analisis Motor Induksi Satu Fasa Dengan Metode Cycloconverter Berbasis Mikrokontroler *At89c51*," No. Issn: 1693-6930, P. 27.
- [6] Oktarina Handayani, "Alat Pengukur Tekanan Darah Berbasis *Atmega8* Dilengkapi Dengan Indikator Tekanan Darah Tugas Akhir," Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2017.
- [7] A. Mahaersi, Bantal Terapi Panas Menggunakan Sensor Suhu Dan Timer Pengendali Berbasis Mikrokontroler *Atmega16* Suhu Dan Timer Pengendali Berbasis. Yogyakarta: Tugas Akhir Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta, 2016.