

# Desain dan Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Model Savonious

Ambudi Putra Laksana<sup>1</sup>, Eko Julianto Prihantoro<sup>2</sup>, Roni Tri Kurniawan<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nurul Jadid

Email Corespondent : [ambudi2018@gmail.com](mailto:ambudi2018@gmail.com)

**Abstrak**— Angin adalah energy yang mudah ditemukan dalam keseharian dan juga merupakan energi yang tidak akan pernah habis, namun pemanfaatan energy angin ini masih sangat rendah karena potensi angin yang tergolong rendah yaitu berkisar 3 hingga 5 m/s, untuk memanfaatkan energy angin ini untuk menjadi energy yang tepat guna dan upaya yang dapat dilakukan adalah salah satunya dengan merancang kincir angin untuk menghasilkan listrik dengan energy yang tergolong rendah tersebut.

Salah satu upaya yang dilakukan dengan merancang kincir angin jenis vertical jenis savonious ini, perancangan ini dimaksudkan agar mampu memanfaatkan energy angin untuk dikonversikan kedalam bentuk energy listrik. Untuk itu, dalam perancangan ini dikembangkan prototipe dengan melakukan perancangan kincir angin savonious untuk pembangkit tenaga listrik menggunakan generator DC untuk menghasilkan energi listrik yang maksimal dengan memanfaatkan kecepatan angin yang relatif rendah.

Dengan perancangan ini dapat membangkitkan listrik dengan menggunakan kincir angin savonious 3 sirip, dengan menggunakan kecepatan 2.6 m/s di ambil rata-rata 300.4 mV dan 3.03 mA, kecepatan 3.3 m/s diambil rata-rata 370.8 mV dan 3.91 mA dan kecepatan ke 3.7 m/s diperoleh rata-rata 421 mV dan 4.56 mA.

Kata Kunci : Energi Baru Terbarukan, Energy Angin, Kincir Angin Vertical, Kincir Angin Savonious, Pembangkit Listrik, Generator DC

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Angin adalah salah satu bentuk energy tertua yang telah lama dikenal dan digunakan manusia. Sebagaimana diketahui, pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan temperature antara udara panas dan udara dingin. Di tiap daerah keadaan temperatur dan kecepatan angin berbeda. Energi angin yang sebenarnya berlimpah di Indonesia ternyata belum sepenuhnya dimanfaatkan sebagai alternative penghasil listrik, bahkan selama ini masih dipandang sebagai proses alam biasa yang kurang memiliki nilai ekonomis bagi kegiatan produktif masyarakat. Ketahanan energi dunia sekarang menunjukkan penurunan khususnya energy fosil. Dimasa depan kebutuhan energy semakin besar disebabkan laju pertumbuhan jumlah penduduk. Jika tidak ditemukan alternative energy baru maka akan terjadi krisis energi. Beberapa tempat di Indonesia sudah mengalami krisis energi yang parah, sehingga pemadaman listrik sering terjadi khususnya di luar pulau Jawa [1].

Memasuki akhir abad ke-20, mulai di bayangin oleh masalah krisis energy. Sumber daya energy yang selama ini banyak di gunakan adalah jenis energy yang tidak dapat di perbaharui, Sumber energy ini akan habis dan manusia harus beralih kesumber energy lain, Yang masih dapat di gunakan. Di Indonesia, dampak dari krisis energy ini dapat di lihat secara nyata sejak awal dari tahun 1990 hingga memasuki tahun 2000. Data yang di kumpulkan dan di sapaikan dalam *indonesia energy outlook and statstik 2004* [2]

Kincir Savonius merupakan tipe kincir angin sumbu vertikal yang banyak digunakan sebagai system konversi energy angin kelistrikan karena mampu menghasilkan listrik ketika angin memutar turbin. Kincir angin Savonius tipe L termasuk jenis kincir Savonius dengan desain sisi sudu yang lurus lebih besar dibandingkan pada sisi sudu lengkung seperempat lingkaran. Kincir ini biasanya terdiri dari dua tabung atau sudu berdinding logam yang saling berhadapan dan mempunyai poros ditengahnya. Prinsip kerja kincir angin adalah berdasarkan interaksi sudu dan rotor dengan hembusan angin. Tetapi perputaran kincir ini sering kali terhambat oleh gaya hambat (*drag*) yang besar akibat angin yang menyapu dinding sudu yang lebar [4].

### 1.1 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara kerja kincir model savonious terus berputar di saat tiupan angin yang arahnya tidak menentu?
2. Bagaimana agar energi yang di gunakan untuk menghasilkan listrik tidak menyebabkan kerusakan lingkungan dengan menggunakan kincir model savonious?

### 1.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian dari rancangan tersebut :

1. Memanfaatkan sumber energy alam (angin) yang ada untuk kebutuhan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari.
2. Membantu masyarakat sekitar dalam membvangkitkan listrik tanpa menyebabkan pencemaran ligkungan.
3. Sebagai alternatif dari sumber daya alam energy fosil dan mengurangi timbulnya pemanasan global.

### 1.1 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui teknologi kincir angin model savonious yang sesuai dengan karakteristik angin di pesisir pantai Asembakor di Kabupaten Probolinggo.
2. Membuat pengembangan teknologi kincir model savonious.
3. Memberikan kontribusi sebagai pemanfaatan energy baru terbarukan (EBT).

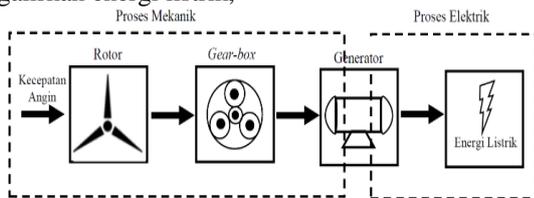
### 1.5 Batasan Masalah

1. Data yang di gunakan dalam analisis perancangan ini adalah data sekunder.
2. Perhitungan yang digunakan berdasarkan rata-rata kecepatan angin yang akan disertakan.
3. Desain didasarkan atas persyaratan kemampuan untuk menyuplai energi listrik.

II. STUDI PUSTAKA

A. Dasar pembangkit tenaga angin

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang mengonversikan suatu energi kinetik dari udara menjadi energi mekanik yang menyebabkan putaran yang terjadi pada generator sehingga menghasilkan arus listrik. Energi angin dimanfaatkan untuk memutar baling-baling sehingga rotor berputar. Ketika rotor berputar maka secara otomatis generator tersebut akan mengalirkan energi listrik,



Gambar 1.

B. Turbin angin

Turbin angin adalah bagian dari sistem PLTB yang mengubah energi angin menjadi energi mekanik. Perubahan energi ini terjadi karena bentuk dari turbin angin seperti baling-baling. Turbin angin ini dapat berputar ketika ada angin yang menyapu area turbin sebagai energi pendorong turbin. Putaran dari baling-baling tersebut dimanfaatkan untuk memutar rotor pada generator [9].

C. Energi listrik

Generator pada PLTB digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada saat angin memutar turbin yang dihubungkan dengan shaft pada generator, shaft pada generator tersebut yang terhubung dengan magnet permanen akan berputar pada porosnya. Diluar putaran porosnya tersebut terdapat stator yang berisi kumparan-kumparan kawat yang membentuk loop. Jadi ketika turbin berputar maka dari putaran tersebut akan terjadi perubahan fluks listrik tertentu. Dari perubahan fluks listrik tersebut menghasilkan tegangan dan arus listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik [12].

Energi listrik pada turbin angin merupakan proses terakhir yang terjadi pada konversi energi. Yang dimaksud energi listrik ini adalah perubahan dari energi mekanik melalui generator sehingga menjadi arus listrik. Generator tersebut mempunyai efisiensi kerja [11]. Sehingga dapat dirumuskan

$$p_{tin} = n_g p_m$$

Dengan nilai :

$$p_{tin} = \text{daya total input (Watt)}$$

$$n_g = \text{efisiensi generator}$$

D. Jenis turbin angin

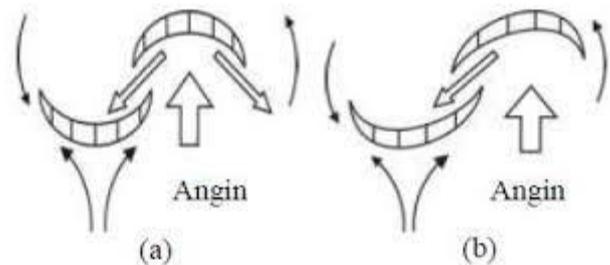
Turbin angin pada prinsipnya dapat dibedakan atas dua jenis turbin berdasarkan arah putarannya. Turbin angin yang berputar pada poros horizontal disebut dengan turbin angin poros horizontal atau *Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)*, sementara yang berputar pada poros vertikal disebut dengan turbin angin poros vertikal atau *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*.

1. Kincir Angin Sumbu Vertikal

Kincir angin Sumbu Vertikal adalah salah satu jenis kincir angin yang bisa menangkap atau mengkonversi angin dari segala arah, sudunya yang tegak lurus arah angin akan memutar kincir dengan orientasi arah kincir horizontal. Berikut adalah tipe-tipe dari Kincir angin Sumbu Vertikal :

2. Kincir angin Savonius

Kincir angin Savonius pertama kali ditemukan oleh Sigurd J Savonius yang berasal dari Negara Finlandia sekitar tahun 1922. Konsep dasar Savonius dikembangkan berdasarkan prinsip Fletler. Savonius menggunakan sudu dengan cara memotong silinder Fletler menjadi 2 paruhan sepanjang garis pusat dan memposisikan 2 paruhan tersebut membentuk seperti huruf „S” yang diletakan pada lingkaran batas sudu.



Gambar 2. Kincir angin savonius [9]

Dari sebuah penelitian yang dilakukan oleh Kansas State University pada tahun 1932-1938, kincir angin Savonius mampu menghasilkan efisiensi hingga 35% sampai 40%, nilai ini melebihi koefisien daya yang tercantum dalam grafik hubungan  $C_p$  dan tip speed ratio ( $\lambda$ ) yang pada umumnya sebesar 31%.

3. Kincir angin Darrieus

Darrieus sama seperti model Savonius namun desain sudu / blades menggunakan system aerofoil. Desain ini dipatenkan oleh Georges Jean Marie Darrieus, seorang insinyur aeronautika dari Perancis pada tahun 1931. Ada jenis lain yang menyerupai Darrieus hanya sudunya yang tegak lurus dan aerofoils di sudunya, dinamakan Giromill atau H-Rotor.

4. Kincir angin Giromill

Turbin angin Giromill mempunyai konstruksi dan karakteristik yang mirip dengan tipe Darrieus, bedanya hanya pada posisi rotor, dimana untuk turbin angin Giromill, sudu

sama-sama menggunakan profil propeller dan dipasang tegak sejajar dengan poros. Sedangkan pada tipe Darrius, sudu propeller dipasangkan melengkung. Dalam aplikasi turbin angin Darrius umumnya memerlukan kecepatan angin awal yang lebih tinggi untuk start up dan kadang-kadang memerlukan penggerak mula (prime mover) untuk start up dan penggerak mula akan berhenti setelah dicapai batas minimum untuk menggerakkan turbin secara mandiri [13].

#### E. Jenis turbin angin

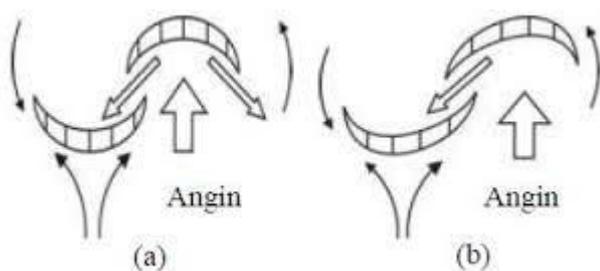
Turbin angin pada prinsipnya dapat dibedakan atas dua jenis turbin berdasarkan arah putarannya. Turbin angin yang berputar pada poros horisontal disebut dengan turbin angin poros horisontal atau *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT), sementara yang berputar pada poros vertikal disebut dengan turbin angin poros vertikal atau *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT).

##### 5. Kincir Angin Sumbu Vertikal

Kincir angin Sumbu Vertikal adalah salah satu jenis kincir angin yang bisa menangkap atau mengkonversi angin dari segala arah, sudunya yang tegak lurus arah angin akan memutar kincir dengan orientasi arah kincir horizontal. Berikut adalah tipe-tipe dari Kincir angin Sumbu Vertikal :

##### 6. Kincir angin Savonius

Kincir angin Savonius pertama kali ditemukan oleh Sigurd J Savonius yang berasal dari Negara Finlandia sekitar tahun 1922. Konsep dasar Savonius dikembangkan berdasarkan prinsip Fletter. Savonius menggunakan sudu dengan cara memotong silinder Fletter menjadi 2 paruhan sepanjang garis pusat dan memposisikan 2 paruhan tersebut membentuk seperti huruf „S” yang diletakan pada lingkaran batas sudu.



Gambar 2. Kincir angin savonius [9]

Dari sebuah penelitian yang dilakukan oleh Kansas State University pada tahun 1932-1938, kincir angin Savonius mampu menghasilkan efisiensi hingga 35% sampai 40%, nilai ini melebihi koefisien daya yang tercantum dalam grafik hubungan  $C_p$  dan tip speed ratio ( $\lambda$ ) yang pada umumnya sebesar 31%.

##### 7. Kincir angin Darrius

Darrius sama seperti model Savonius namun desain sudu / blades menggunakan system aerofoil. Desain ini dipatenkan oleh Georges Jean Marie Darrius, seorang insinyur aeronautika dari Perancis pada tahun 1931. Ada jenis lain yang menyerupai Darrius hanya sudunya yang tegak lurus dan aerofoils di sudunya, dinamakan Giromill atau H-Rotor.

##### 8. Kincir angin Giromill

Turbin angin Giromill mempunyai konstruksi dan karakteristik yang mirip dengan tipe Darrius, bedanya hanya pada posisi rotor, dimana untuk turbin angin Giromill, sudu sama-sama menggunakan profil propeller dan dipasang tegak sejajar dengan poros. Sedangkan pada tipe Darrius, sudu propeller dipasangkan melengkung. Dalam aplikasi turbin angin Darrius umumnya memerlukan kecepatan angin awal yang lebih tinggi untuk start up dan kadang-kadang memerlukan penggerak mula (prime mover) untuk start up dan penggerak mula akan berhenti setelah dicapai batas minimum untuk menggerakkan turbin secara mandiri [13].

#### F. Motor DC Menjadi Generator DC

Sebuah motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kebanyakan motor listrik beroperasi melalui interaksi medan magnet dan konduktor pembawa arus untuk menghasilkan kekuatan, meskipun motor elektrostatik menggunakan gaya elektrostatik. Proses sebaliknya, menghasilkan energi listrik dari energi mekanik, yang dilakukan oleh generator seperti alternator, atau dinamo. Banyak jenis motor listrik dapat dijalankan sebagai generator, dan sebaliknya.

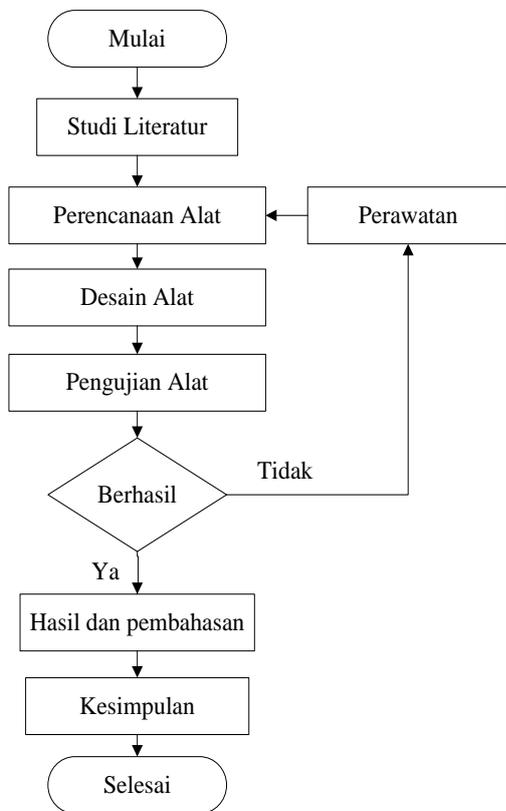
Motor listrik dan generator yang sering disebut sebagai mesin-mesin listrik. Motor listrik DC (arus searah) merupakan salah satu dari motor DC. Mesin arus searah dapat berupa generator DC atau motor DC. Generator DC alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik DC. Motor DC alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik putaran. Sebuah motor DC dapat difungsikan sebagai generator atau sebaliknya generator DC dapat difungsikan sebagai motor DC.

Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tagangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik.

### III. METODE PENELITIAN

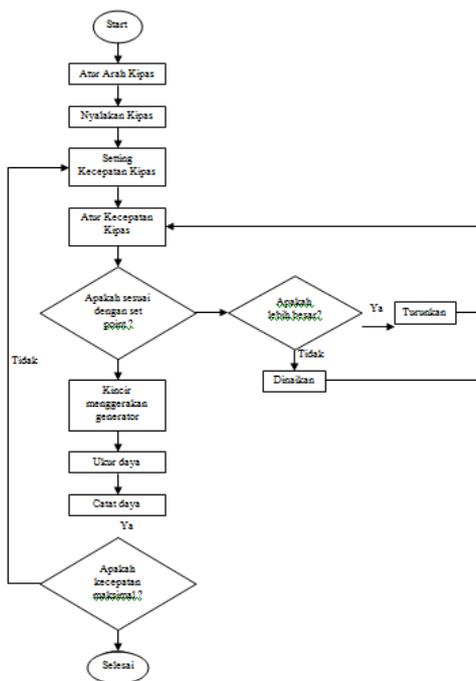
#### A. Model Penelitian dan Pengembangan

Flow chart Alur Penelitian



Gambar 3. Flowchart Alur Penelitian

**B. Flow chart Prinsip Kerja Alat**



Gambar 4. Flowchart Prinsip Kerja Alat

**C. Desain Alat**



Gambar 5. Prinsip kerja alat

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**D. Uji coba 1: Pengujian Alat Dengan Beban Kecepatan 2,6 m/s**

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Alat Dengan Beban Kecepatan 2,6 m/s

NO	Waktu (menit)	Kecepatan (m/s)	Tegangan (mV)
1	1	2.6	298
2	2	2.6	301
3	3	2.6	303
4	4	2.6	301
5	5	2.6	299
rata-rata			300.4

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari hasil pengujian tegangan didapatkan 300.4 mV dengan kecepatan angin 2,6 m/s.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Alat Dengan Beban Kecepatan 2,6 m/s

NO	Waktu (menit)	Kecepatan (m/s)	Arus (mA)
1	1	2.6	2.9
2	2	2.6	3.16
3	3	2.6	3.03
4	4	2.6	3.16
5	5	2.6	2.9
rata-rata			3.03

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari hasil pengujian arus didapatkan 3,03 mA dengan kecepatan angin 2,6 m/s.

**E. Uji coba 2: Pengujian Alat Dengan Beban Kecepatan 3,3 m/s**

*Tabel 4.3 Hasil Pengujian Alat Dengan Beban Kecepatan 3,3 m/s*

NO	Waktu (menit)	Kecepatan (m/s)	Tegangan (mV)
1	1	3.3	374
2	2	3.3	369
3	3	3.3	371
4	4	3.3	369
5	5	3.3	371
rata-rata			370.8

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari hasil pengujian tegangan didapatkan 370.8 mV dengan kecepatan angin 3,3 m/s.

*Tabel 4.4 Hasil Pengujian Alat Dengan Beban Kecepatan 3,3 m/s*

NO	Waktu (menit)	Kecepatan (m/s)	Arus (mA)
1	1	3.3	4.05
2	2	3.3	3.7
3	3	3.3	3.88
4	4	3.3	4.05
5	5	3.3	3.88
rata-rata			3.912

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari hasil pengujian arus didapatkan 3,91 mA dengan kecepatan angin 3,3 m/s.

**F. Uji coba 3: Pengujian Alat Dengan Beban Kecepatan 3,7 m/s**

*Tabel 4.5 Hasil Pengujian Alat Dengan Beban Kecepatan 3,7 m/s*

NO	Waktu (menit)	Kecepatan (m/s)	Tegangan (mV)
1	1	3.7	427
2	2	3.7	422

3	3	3.7	417
4	4	3.7	422
5	5	3.7	417
rata-rata			421

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari hasil pengujian tegangan didapatkan 421 mV dengan kecepatan angin 3,7 m/s.

*Tabel 4.6 Hasil Pengujian Alat Dengan Beban Kecepatan 3,7 m/s*

NO	Waktu (menit)	Kecepatan (m/s)	Arus (mA)
1	1	3.7	4.8
2	2	3.7	4.2
3	3	3.7	4.5
4	4	3.7	4.5
5	5	3.7	4.8
rata-rata			4.56

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari hasil pengujian arus didapatkan 4,56 mA dengan kecepatan angin 3,7 m/s.

## V. KESIMPULAN

1. Kincir angin *savonious* ini dapat menjadi solusi baik untuk mengatasi keterbatasan sumber energy listrik dengan bahan baku yang tidak mencemari lingkungan.
2. Perakitan alat ini dapat dilakukan oleh 2 orang.
3. Tidak memakan banyak waktu lama dalam perancangan dan pembuatan.
4. Semakin cepat angin bertiup semakin besar listrik yang dihasilkan, seperti yang sudah di analisa dengan kipas angin pada kecepatan 2.6 m/s di ambil rata-rata 300.4 mV dan 3.03 mA, kecepatan 3.3 m/s diambil rata-rata 370.8 mV dan 3.91 mA dan kecepatan ke 3.7 m/s diperoleh rata-rata 421 mV dan 4.56 mA.

## VI. SARAN

1. Memperbaiki performa bisa dilakukan dengan bahan yang lebih baik.
2. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal perlu alat yang lebih besar.
3. Rangka penyangga lebih baik di tanam agar lebih kokoh.

## Referensi

- [1] Muhammad Metev & Pardjiyo Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.

- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, dan P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, hal. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, dan N. Gisin, "Highresolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, hal. 109.
- [5] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [6] (2002) The IEEE website. [Online], <http://www.ieee.org/>, tanggal akses: 16 September 2014.
- [7] Michael Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online], <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>, tanggal akses: 16 September 2014.
- [8] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- [9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback:TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [11] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Renocongestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. hal. 99-02, 1999.
- [12] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.
- [13] Rahman, F., & Sulistiyanto, S. (2019). Prototipe Palang Pintu Parkir Otomatis dan Informasi Parkir Kendaraan Roda Empat di Pondok Pesantren Nurul Jadid dengan Sensor Infra Red Berbasis Mikrokontroler. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, 1(1).