

SKRIPSI
KAJIAN ANALISIS DIMENSI TURBIN CROSSFLOW
MELALUI METODE BUCKINGHAM



Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Program Strata-1
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang

Disusun Oleh:
RIO ADI SAPUTRA
132020051

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2025

LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN ANALISIS DIMENSI TURBIN CROSSFLOW
MELALUI METODE BUCKINGHAM**



Merupakan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Telah dipertahankan didepan dewan penguji 16 April 2025

Dipersiapkan dan Disusun Oleh:
RIO ADI SAPUTRA

Pembimbing 1

Dr. Bengawan Alfaresi, S.T., M.T.
NIDN. 0205118504

Penguji 1

Sofiah, S.T., M.T.
NIDN. 0209047302

Pembimbing 2

Ir. Zulkiffli Saleh, M.Eng.
NIDN. 0212053402

Penguji 2

Wiwin A. Oktaviani, S.T., M. Sc.
NIDN. 0002107302

Menyetujui
Dekan Fakultas Teknik



Ir. A. Junaidi, M.T.
NIDN. 0202026502

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs.
NIDN. 0207038101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tidak ada karya yang saya tulis yang belum diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana di perguruan tinggi atau universitas mana pun, sepanjang pengetahuan saya dan tidak ada karya atau karya selanjutnya yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang ditulis berdasarkan referensi dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Palembang, 16 April 2025

Yang membuat pernyataan



Rio Adi Saputra

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

“Sesungguhnya Bersama Kesulitan Ada Kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah:5)

”Orang lain ga akan bisa paham *struggle* dan masa sulit nya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories*. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun gak ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini”

Kupersembahkan skripsi kepada:

1. ALLAH SWT atas segala nikmat, karunia dan rahmat-Nya sehingga saya dapat menulis skripsi ini, yang selalu memberi kesehatan, perlindungan, dan kemudahan.
2. Kepada keluargaku, Ayah Agus darlin, Ibu Kartini, nenek dan adek, terima kasih atas dukungan, dan doa yang selalu meyertaiku. Sehingga aku sampai pada tahap di mana skripsi ini akhirnya selesai.
3. Kepada Pembimbing Skripsi I saya Bapak Dr. Bengawan Alfaresi, S.T.,M.T. yang sudah membimbing penyelesaian penulisan skripsi ini.Serta Pembimbing II Bapak Ir. Zulkifli Saleh, M.Eng. yang telah membimbing penulisan skripsi ini dan sekaligus telah menjadi ayah dikampus dan dilapangan, dan mengajarkan banyak hal yang sangat bermanfaat.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro dan Staf Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang.
5. Semendo Renewable Energi Team yang selalu bersama menghibur dan bersemangat dikampus bimbingan serta dilapangan.
6. Orang-orang baik yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang berkontribusi dari awal kuliah sampai dengan selesai.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah Swt. atas rahmat dan karunianya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **KAJIAN ANALISIS DIMENSI TURBIN CROSSFLOW MELALUI METODE BUCKINGHAM**. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada program studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada,

- Bapak Dr. Bengawan Alfaresi, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing I
- Bapak Ir. Zulkifli Saleh, M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II

dan tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Dr. Feby Ardianto, S.T, MCs, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak Muhammad Hurairah, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
6. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
7. Orang tuaku yang tak pernah lelah memberikan dukungan dan do'a yang terbaik, serta adik dan keluargaku.
8. Rekan-rekan Semendo Renewable Energi Team yang sudah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini, penulis berharap semoga Allah Swt. berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dan semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembang ilmu.

Palembang, 16 April 2025

Penulis,

Rio Adi Saputra

ABSTRAK

Pemanfaatan turbin crossflow untuk pembangkitan daya listrik disesuaikan dengan potensi air ditempatkan. Optimalisasi kesesuaian dibentuk dalam model fisis dan model matematis. Penelitian ini difokuskan pada studi model matematis dengan memperhatikan parameter terkait. Perubahan kuantitas parameter yang sangat berhubungan dengan turbin crossflow akan sangat menentukan besaran daya dan gaya tarik yang akan terbentuk. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Buckingham Pi, yaitu suatu pendekatan dalam analisis dimensional yang memungkinkan penyederhanaan model matematis dengan mengelompokkan variabel-variabel ke dalam bilangan tak berdimensi (dimensionless numbers). Metode ini sangat efektif dalam menyusun hubungan fungsional antara parameter-parameter fisis yang kompleks, khususnya dalam sistem fluida dan mekanika. Dengan menggunakan metode Buckingham Pi, semua parameter dianalisis untuk mengetahui kombinasi-kombinasi rasionalnya dalam bentuk grup tak berdimensi, sehingga dapat diperoleh model yang representatif terhadap sistem nyata. Metode yang diterapkan untuk menganalisis *scale-up* turbin crossflow melalui metode Buckingham dengan memperhatikan parameter panjang turbin (L), kekentalan μ , daya *available* aliran (P), massa jenis fluida (ρ), luasan wahana pengujian (A), kecepatan aliran (V), tinggi turbin (H), diameter turbin (D), panjang *blade* (b), koefisien kekasaran (k) dan putaran turbin (ω). Hasil model matematis yang terbentuk adalah $F_D = \rho L^2 V^2 g\left(\frac{\mu}{\rho L V}\right)$ dan $P = k \rho \omega^3 D^5 \left[\frac{H}{D}, \frac{v}{\omega D}, \frac{b}{D}\right]$.

Kata kunci : Turbin Crossflow, *Scale-up*, Buckingham

ABSTRACT

The use of crossflow turbines for generating electrical power is adjusted to the potential of the water placed. Optimization of suitability is formed in physical models and mathematical models. This research is focused on studying mathematical models by paying attention to related parameters. Changes in the quantity of parameters that are closely related to the crossflow turbine will greatly determine the amount of power and drag force that will be formed. The method used in this study is the Buckingham Pi method, which is an approach in dimensional analysis that allows the simplification of mathematical models by grouping variables into dimensionless numbers (dimensionless numbers). This method is very effective in compiling functional relationships between complex physical parameters, especially in fluid and mechanical systems. By using the Buckingham Pi method, all parameters are analyzed to determine their rational combinations in the form of dimensionless groups, so that a representative model of the real system can be obtained. The method applied to analyze crossflow turbine scale-up is through the Buckingham method by taking into account the parameters of turbine length (L), viscosity μ , available flow power (P), fluid density (ρ), test vehicle area (A), flow velocity (V), turbine height (H), turbine diameter (D), blade length (b), roughness coefficient (k) and turbine rotation (ω). The results of the mathematical model formed $F_D = \rho L^2 V^2 g\left(\frac{\mu}{\rho L V}\right)$ and $P = k \rho \omega^3 D^5 \left[\frac{H}{D}, \frac{v}{\omega D}, \frac{b}{D}\right]$.

Keywords: Crossflow Turbine, Scale-up, Buckingham

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan penelitian.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Sistem penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).....	5
2.1.1. Prinsip Kerja PLTMH	6
2.1.3. Karakteristik PLTMH.....	9
2.1.4. Klasifikasi PLTMH	12
2.1.5. Kelebihan Dan Kekurangan PLTMH	12
2.2. Turbin air.....	13
2.2.1. Prinsip Kerja Turbin Air.....	13
2.2.2. Klasifikasi Turbin Air.....	14
2.3. Turbin Crossflow.....	14
2.3.1. Prinsip kerja turbin Crossflow	15
2.3.2. Komponen kontruksi turbin crossflow	16
2.3.3. Karakteristik turbin crossflow	16
2.3.4. Kelebihan turbin crossflow.....	17
2.3.5. Kekurangan turbin Crossflow.....	17
2.4. Generator	17
2.4.1. Prinsip Kerja Generator	18
2.4.2. Generator Sinkron.....	18

2.4.3. Prinsip kerja generator sinkron.....	19
2.5. Studi Model	20
2.5.1. Model tak distorsi	21
2.5.2. Model Distorsi	21
2.6. Analisa Dimensi	21
2.7. Kesamaan Dimensi.....	23
2.8. Metoda Analisis Dimensi	24
2.8.1. Metoda Rayleigh.....	24
2.8.2. Metoda Buckingham.....	24
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	27
3.1. Tempat Dan Waktu	27
3.2. Diagram Fishbone	27
3.3. Mekanisme Penelitian	30
3.4. Alat Dan Bahan	30
3.5. Proses Pengambilan Data	31
BAB 4 DATA DAN ANALISIS PENELITIAN.....	32
4.1. Data Pengukuran	32
4.2. Analisis Dimensi	41
4.3. Pembahasan	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1. KESIMPULAN.....	52
5.2. SARAN	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Kerja PLTMH	6
Gambar 2. 2 Tinggi Jatuh Air	11
Gambar 2. 3 Model Turbin Crossflow	15
Gambar 2. 4 Generator (Dokumentasi Penelitian)	18
Gambar 2. 5 Kontruksi Generator Sinkron	19
Gambar 3. 1 Lokasi penelitian turbin daya 10 kw di SD 14 Rantau Dedap	27
Gambar 3. 2 Diagram fishbone	28
Gambar 4. 1 panjang sudu	33
Gambar 4. 2 Ketebalan Sudu	35
Gambar 4. 3 Kelengkungan sudu	36
Gambar 4. 4 Lebar sudu	38
Gambar 4. 5 jarak sudu bagian dalam	39
Gambar 4. 6 jarak antar sudu bagian luar	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Dimensi dari berbagai besaran fisik.....	22
Tabel 4. 1 Panjang Sudu.....	32
Tabel 4. 2 Ketebalan Sudu	34
Tabel 4. 3 Kelengkungan Sudu	35
Tabel 4. 4 Lebar Sudu	37
Tabel 4. 5 Jarak Antar Sudu (Dalam).....	38
Tabel 4. 6 Jarak Antar Sudu (Luar).....	40
Tabel 4. 7 Parameter	41

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki sumber daya air yang "melimpah, dapat berupa sungai, danau, saluran irigasi, dan lain-lain", dengan "ketersediaan air di Indonesia mencapai 694 milyar m³/tahun", dan lebih dari 5.590 sungai di negara itu digunakan sebagai saluran irigasi. Jumlah potensi PLTM dan PLTMH di Indonesia adalah 19.385 MW, tersebar di 31 provinsi, menurut statistik "Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (EBTKE) tahun 2016". Beberapa keuntungan menggunakan PLTMH sebagai pembangkit listrik adalah bahwa mereka adalah "sumber energi yang efisien, sumber energi bersih, sumber energi" dan "sumber energi yang handal, sedikit dampak bagi lingkungan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik "untuk negara"(Widiana et al., 2020).

Energi meningkat seiring dengan kebutuhan manusia. Sumber daya energi yang ada semakin menipis seiring dengan peningkatan kebutuhan energi, jadi perlu dilakukan upaya untuk tidak tergantung pada sumber daya yang telah menipis. Memanfaatkan energi baru dan terbarukan adalah cara untuk menyelesaikannya. Sumber energi air setempat (SES) memiliki potensi yang besar, tetapi seringkali tidak dimanfaatkan sepenuhnya. Oleh karena itu, SES dapat digunakan untuk menyediakan energi listrik di daerah yang belum mendapat sumber listrik dari PLN, seperti di daerah pedesaan, di mana aliran sungai dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). (Pada et al., 2022).

Turbin air merupakan mesin konversi energi yang digunakan untuk mengubah energi potensial yang dimiliki oleh air menjadi energi mekanik pada poros turbin. Jenis turbin air yang digunakan pada penelitian ini yaitu turbin *crossflow*. Turbin *crossflow* merupakan turbin air dengan aliran menyilang atau aliran fluida bergerak searah permukaan secara tegak lurus, turbin ini memanfaatkan kecepatan aliran air untuk memutar *blade runner* dengan *head* yang

rendah agar putaran dan daya yang dihasilkan semakin besar. Turbin *crossflow* dapat digunakan pada rentang aliran dan *head* rendah. Pemilihan jenis turbin ini berdasarkan tingginya tingkat keefektifan yang dihasilkan oleh turbin *crossflow*. (Suripto, et. al, 2020).

Perbedaan efisiensi antara model dan metode prototipe turbin *crossflow* dipertimbangkan dengan metode *scale-up*, karena metode ini juga ditetapkan dalam standar IEC. Metode *scale-up* untuk mengubah efisiensi turbin *crossflow* didasarkan pada penggunaan bilangan Froude, Reynolds, dan Weber. telah ditunjukkan bahwa salah satu dari tiga bilangan tak berdimensi ini dapat dinyatakan sebagai fungsi dari dua bilangan lainnya. Karena alasan ini, metode *scale-up* telah direkonstruksi sebagai fungsi dari bilangan Froude dan Reynolds. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa metode baru dan sederhana ini secara memuaskan mendekati metode sebelumnya yang dijadikan acuan.(Zhang, 2020)

Analisis dimensi untuk menentukan debit aliran optimal dan diameter pipa pesat optimal saat merancang turbin impuls dan reaksi untuk sistem tenaga air. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memberikan wawasan umum untuk meminimalkan konsumsi air saat memproduksi tenaga air. Analisis ini didasarkan pada karakteristik geometris dan hidrolis pipa pesat, total *head* hidrolis dan produksi daya yang diinginkan. Sebagai bagian dari analisis ini, berbagai hubungan tanpa dimensi antara produksi daya, debit aliran dan kehilangan head diturunkan. Hubungan ini digunakan untuk menarik wawasan umum tentang penentuan debit aliran optimal dan diameter pipa pesat optimal. Misalnya, ditemukan bahwa untuk meminimalkan konsumsi air, rasio kehilangan *head* terhadap head kotor tidak boleh melebihi sekitar 15%. Dua contoh aplikasi disajikan untuk menggambarkan prosedur untuk menentukan debit aliran optimal dan diameter pipa pesat optimal untuk turbin impuls dan reaksi. (Leon & Zhu, 2021)

Dengan dibuatnya model ini akan dapat diprediksi kelakuan dan kerja dari suatu bangunan atau mesin yang akan dibuat. Beberapa kekurangan yang tidak/belum diperkirakan akan terjadi dapat segera diketahui sehingga kekurangan tersebut dapat segera dihindari pada prototip yang akan dibuat. Selain itu dengan model ini dapat dipelajari beberapa alternatif perencanaan sehingga akan dapat

dipilih bangunan atau mesin yang paling optimum. Bentuk sesungguhnya dari bangunan yang diselidiki disebut prototipe, dan model bisa lebih besar, sama besar atau yang bisa dilakukan adalah lebih dari prototip.

Pemanfaatan turbin crossflow untuk pembangkitan daya listrik disesuaikan dengan potensi air ditempatkan. Optimalisasi kesesuaian dibentuk dalam model fisis dan model matematis. Penelitian ini difokuskan pada studi model matematis dengan memperhatikan parameter terkait. Perubahan kuantitas parameter yang sangat berhubungan dengan turbin *crossflow* akan sangat menentukan besaran daya dan gaya tarik yang akan terbentuk.

Kajian penelitian yang dilakukan dilatarbelakangi oleh beragamnya besaran parameter yang ada di lokasi sistem turbin ditempatkan. Aspek analisis dimensi sangat dibutuhkan untuk memastikan bahwa besaran mekanis dan elektrik pada sistem dapat dibentuk dalam model matematis sebelum diwujudkan dalam bentuk model fisik. Melalui analisis dimensi yang mendalam sesuai dengan kuantitas parameter sistem maka akan didapatkan perbesaran dalam bentuk matematis.

1.2. Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dimensi turbin *crossflow* melalui metode buckingham.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini berada dalam ruang lingkup kajian analisis dimensi turbin *crossflow* melalui metode Buckingham.

1.4. Sistem penulisan

Secara sistematis penulisan skripsi ini akan ditulis sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan tentang latar belakang, tujuan, dan batasan masalah.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan tentang teori pendukung yang digunakan untuk pembahasan dan cara kerja dari alat dan bahan pendukung, serta karakteristik dari komponen-komponen pendukung.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas secara rinci mengenai metode pengerjaan skripsi

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas data dari rangkaian dan sistem kerja alat, penjelasan mengenai komponen dan rangkaian yang digunakan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran dari alat ataupun data yang dihasilkan dari alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, F. A. F., & Fachudin, A. R. (2022). Optimasi Turbin Air Crossflow Dengan Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Intekna*, 22(01), 60–64.
- Augustone, Nelson, and Pujo Pamungkas. 2020. “Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong Sebagai Sumber Energi Terbarukan Melalui Pltmh.” *Journal of Civil Engineering and Planning* 1(1): 1–6. doi:10.37253/jcep.v1i1.714.
- Eksitasi Dan Governor Untuk Mengatur Tegangan Dan Frekuensi Keluaran Generator Pada PLTMH Aek Raisen I.” *Jurnal Elpotecs* 4(2): 22–28. doi:10.51622/elpotecs.v4i2.431.
- Irawan, Heri. 2019. “Perancangan Turbin Air Tipe Crossflow
- Laksana, Dewa Putu Ari, Ida Ayu Dwi Giriantari, and I Nyoman Satya Kumara. 2020. “Redesain Turbin 175 KW Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Desa Mekar Sari Buleleng Bali.” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro* 19(2): 241. doi:10.24843/mite.2020.v19i02.p17.
- Maulana, A., & Adiwibowo, P. (2023). Crossflow poros horizontal Arif Yusuf Maulana Priyo Heru Adiwibowo. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(02).
- Muharnif, and Elvy Nasution. 2019. “Pembuatan Hydrofoil Turbin” 2 (1): 69–94.
- Nainggolan, Marcopolo. 2023. “Sistem Proteksi Generator Turbin PLTA Di PT Inalum (Persero),” 1–14.
- Ofi, Shofiyah, Mutiah Calista, and Vincensia Ariyanti. 2023. “Efektivitas Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Penyedia Energi Baru Terbarukan Berbasis Komunitas” 1 (1): 63–77.
- Risdianto, Rizky. 2019. “Experimental Study Of Crossflow Turbines With Variations,” 9–10.
- Saleh, Z., Apriani, Y., Ardianto, F., & Purwanto, R. (2019). Analisis Karakteristik Turbin Crossflow Kapasitas 5 kW. *Jurnal Surya Energy*, 3(2), 255. <https://doi.org/10.32502/jse.v3i2.1484>
- Simanjorang, Barani, Sahat Siahaan, and Jubel Lasro Hutabarat. 2021. “Studi Analisis Eksitasi Dan Governor Untuk Mengatur Tegangan Dan Frekuensi Keluaran Generator Pada PLTMH Aek Raisen I.” *Jurnal ELPOTecs* 4(2): 22–28. doi:10.51622/elpotecs.v4i2.431.

- Sugiharto, Agus. 2019. "PLTMH Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan," 107–18.
- Thoby, Andreas, and Rosyida Permatasari. 2020. "Kocenin Serial Konferensi No. 1 (2020) Webinar Nasional Cendekiawan Ke 6 Tahun 2020, Indonesia" 1 (1): 1–7.
- Triatmodjo, B. (2016). *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Widiana, I. N., Giriantari, I. A. D., & Setiawan, I. N. (2020). Perancangan Penstock (Pipa Pesat) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Banjar Dinas Mekarsari, Desa Panji, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 19(2), 235. <https://doi.org/10.24843/mite.2020.v19i02.p16>
- Wulandari, L., Umar, D. D., Septiani, D., Iskandar, H. H., Safina, M., & Haq, V. A. (2022). Analisis Pengaruh Globalisasi Dan Perkembangan Teknologi Nuklir Terhadap Lingkungan Hidup Yang Berkelanjutan (Sustainable Environment). *Jurnal Bisnis Dan Manajemen West Science*, 1(01), 36–50. <https://wnj.westscience-press.com/index.php/jbmws/article/view/81>