

Analisis Potensi Biomassa Limbah Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Untuk Pembangkitan Energi Listrik Di Kabupaten Landak Provinsi Kalimantan Barat

Yohannes M. Simanjuntak¹⁾, Danial²⁾, M. Taufiqurrahman³⁾, Eddy Kurniawan⁴⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Elektro,
^{3,4)} Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Elektro,
Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura
e-mail : yohanes_john56@yahoo.com

Abstract– *The potency of palm oil mills (PKS) biomass in Kabupaten Landak have been evaluated as alternative for electrical energy in that area. The results have shown that solid biomass (empty fruit bunches and shells) produced by those of PKS in 2016 have significant potency for generating electrical power. By using steam turbine technology, the biomass potency equal to 2 units of 13 MW power plant.*

Keywords– *Biomass, empty fruit bunch, shell, alternative energy, Landak*

1. Pendahuluan

Luas areal perkebunan sawit di Kabupaten Landak mencapai 106.695 hektar, perkebunan terbesarnya berada di Kecamatan Ngabang. Selain menghasilkan CPO dan inti sawit sebagai produk utama dari pengolahan TBS (tandanbuah segar), juga dihasilkan limbah berbentuk padat dan cair. Limbah padat terdiri dari serat (fiber), cangkang (shell) dan TKS (tandan kosong sawit), sedangkan limbah cair, yang sering disebut *palm oil mill effluent* atau POME, berupa sisa minyak dan lumpur. Serat dan sebagian dari cangkang digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk proses pengolahan TBS, sisa cangkang dijual di pasar lokal sedangkan TKS sebagian dimanfaatkan sebagai pupuk atau dibakar di incenerator. Limbah cair ada yang memanfaatkannya sebagai pupuk atau diproses secara mikro organisme sebelum dilepas ke pembuangan akhir.

TKS dalam jumlah besar sering menimbulkan permasalahan dan cukup merepotkan, dibakar mengganggu lingkungan, asap yang dihasilkan menimbulkan pencemaran udara berlebihan, sedangkan dibuat pupuk organik kurang ekonomis. TKS memiliki kandungan energi yang setara dengan serabut bilamana dikeringkan hingga kandungan air didalamnya (MC) mencapai kurang dari 40%. Proses pengolahan TKS dapat dilakukan dengan beberapa metode dan tahapan, salah satunya adalah dengan dicacah, dipres, kemudian dikeringkan dengan dryer. Metode lainnya adalah dengan memasukkan TKS ke dalam mesin grinder-dryer. TKS yang telah dikeringkan dan diperkecil ukurannya dicampur dengan cangkang dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk pembangkit tenaga listrik.

Biomassa limbah PKS (pabrik kelapa sawit) yang sangat melimpah, terutama TKS, dapat dimanfaatkan sebagai salah satu energi alternatif untuk pembangkitan energi listrik. Oleh karena kandungan air pada TKS relatif tinggi (MC 60%) maka diperlukan teknologi yang tepat untuk memanfaatkannya sebagai sumber energi listrik. Proses konversi energi biomassa menjadi listrik dapat menggunakan teknologi gasifikasi atau pembakaran langsung, namun keduanya memiliki persyaratan yang sama, yaitu kandungan air biomassa tidak boleh lebih dari 40%.

Dalam upaya memberikan nilai tambah terhadap biomassa limbah PKS (terutama TKS dan cangkang) bagi peningkatan kesejahteraan masyarakat, maka dilakukan studi potensi biomassa limbah PKS menjadi energi listrik.

2. Limbah Sawit

Secara rata-rata, pada setiap PKS, untuk 1 ton TBS akan dihasilkan limbah sawit sebagai berikut.

- Limbah padat, meliputi
 - TKS sekitar 23%
 - Serat sekitar 13%
 - Cangkang sekitar 5,5%
 - Wet decanter solid sekitar 4%
 - Abu boiler sekitar 50%
- Limbah cair, sekitar 50%

Pemanfaatan limbah padat (cangkang dan serabut) sebagai bahan-bakar sudah dilakukan pada boiler (ketel-uap) di PKS untuk menghasilkan uap air untuk kebutuhan proses pabrik, dan membangkitkan listrik untuk kebutuhan pabrik dan perumahan pegawai di sekitar PKS. Karena karakteristiknya berbeda, TKS tidak dapat digunakan sebagai sumber energi secara langsung dengan menggunakan fasilitas yang sama dengan cangkang dan serabut [1].

TKS diketahui mempunyai kandungan air yang sangat tinggi, sekitar 50 persen sampai 60 persen, dan mengandung potasium (K) yang mencapai 2,4 persen, selain itu diketahui juga mengandung klorin (Cl) [1]. Efek korosi akan meningkat dengan meningkatnya kandungan Cl, dan unsur potasium dapat berperan

dalam pembentukan deposit pada superheater yang dapat mengganggu proses pemindahan panas di tungku bakar.



Gambar 1. Tandan kosong sawit (TKS)

Karakteristik yang berbeda dari TKS menyebabkan dibutuhkan teknologi yang khusus dalam pemanfaatannya sebagai bahan-bakar. Pada prinsipnya, untuk meningkatkan efisiensi pembakaran, kandungan air TKS harus dikurangi sampai sekitar 40 persen dan efek dari unsur alkali harus diatasi. [1]

Unsur-unsur penting yang mempengaruhi nilai kalori pada tanaman kelapa sawit ditunjukkan dalam Tabel 1. Tingginya unsur C dan O akan sangat berpengaruh terhadap tingginya nilai kalori dari biomassa tersebut. Selain kandungan unsur dalam material biomassa, nilai kalori juga dipengaruhi oleh besarnya kandungan air atau tingkat kekeringan dari bahan biomassa. Hubungan antara nilai kalori dan kandungan air pada TKS ditunjukkan dalam Gambar 2 dan 3. Pada Gambar 2 dan 3, TKS dibagi menjadi dua jenis, yaitu TKS yang mengandung minyak (*oily*) dan yang sudah tidak mengandung minyak (*pure*).

Kedua jenis TKS ini mempunyai nilai kalor yang berbanding terbalik dengan kandungan kadar air, dimana nilai kalor akan naik apabila kadar air TKS berkurang, dan pada saat bersamaan jumlah massa TKS juga berkurang akibat hilangnya sebagian kandungan air dari TKS. Persamaan empiris yang menghubungkan antara nilai kalor dan kandungan air pada kedua jenis TKS ini ditunjukkan oleh kedua persamaan berikut. [1] Untuk TKS yang mengandung minyak (*oily* EFB),

$$y = -213,47x + 18836 \quad (1)$$

Untuk TKS kering (*pure* EFB)

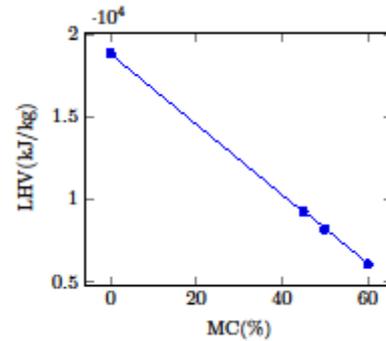
$$y = -202,07x + 17563 \quad (2)$$

Dalam persamaan ini, x adalah kadar air dalam persen (%) dan y adalah nilai kalor dalam kJ/kg.

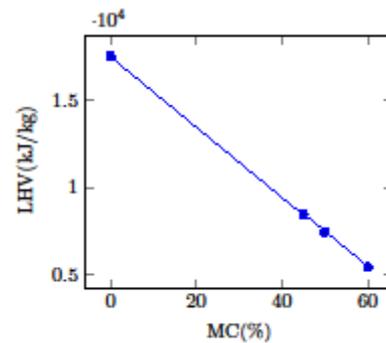
Untuk menghitung massa TKS setelah diturunkan kandungan airnya dari kondisi sebelumnya digunakan formulasi berikut. Jika pada saat keluar dari proses pengolahan, TKS memiliki kandungan air (MC) 60%, berarti setiap 1 kg TKS mengandung 0,6 kg air dan 0,4 kg biomassa. Dan, jika TKS tersebut ingin diturunkan kandungan airnya menjadi 45%, maka massa TKS pada MC 45% dapat dihitung sebagai berikut:

$$0,45 = x / (0,4 + X) \quad (3)$$

didapat $X = 0,33$. Massa TKS pada MC 45% = $0,4 + 0,33 = 0,73$ kg. Massa tersebut yang digunakan sebagai dasar perhitungan untuk menentukan besarnya nilai kalori dari TKS selanjutnya.



Gambar 2. Oily EFB



Gambar 3. Pure EFB

Tabel 1. Kandungan unsur kimia pembentuk kalor pada tanaman kelapa sawit (dalam persen)

Elemen	TKS	Batang	Pelepah
C	53,78	40,64	52,28
H	4,37	5,09	-
O	41,50	53,12	-
N	0,35	2,15	0,75
S	-	-	-
CV (MJ/kg)	17,08	17,27	-

Selain TKS, limbah pabrik minyak sawit yang dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler adalah cangkang atau shell. Rata-rata limbah cangkang yang dihasilkan dari proses pengolahan TBS adalah sebesar 5%. Cangkang memiliki nilai kalori yang lebih tinggi dari TKS, yaitu sekitar 18 MJ/kg pada MC 30%. Berbeda dengan TKS, cangkang tidak memerlukan perlakuan awal untuk dijadikan bahan bakar di dalam boiler. Untuk proses pengolahan minyak sawit umumnya bahan bakar yang digunakan tidak cukup hanya menggunakan serat (*fiber*), sehingga memerlukan tambahan sedikit cangkang. Volume cangkang sisa dari proses

pengolahan minyak sawit yang tidak digunakan berkisar antara 3%.

Untuk PKS yang menggunakan boiler berefisiensi tinggi biasanya cukup menggunakan bahan bakar dari serat saja. Penggunaan bahan bakar cangkang sebagai campuran serat dalam jumlah banyak akan menimbulkan kerak (*clinker*) di dalam tungku. Timbulnya clinker di dalam tungku merupakan permasalahan yang harus menjadi perhatian secara terus-menerus, karena dapat mengganggu proses pembakaran, terutama untuk boiler yang tidak dilengkapi dengan travelling grate. Volume clinker yang besar akan mempersempit ruang pembakaran, sehingga harus dilakukan pembersihan secara rutin dan sebagainya dampaknya kontinuitas produksi uap akan terganggu. Pada sistem pembangkit listrik yang memerlukan kontinuitas pelayanan yang tinggi, pemilihan jenis boiler yang tepat merupakan kunci sukses dari operasional power plant.

Selain limbah padat, PKS juga menghasilkan limbah cair (POME) yang dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan karena memiliki kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang sangat tinggi. Sebelum dilepas ke saluran pembuangan, limbah cair PKS tidak boleh mengandung BOD lebih dari 250 mg/l dan COD lebih dari 500 mg/l. Untuk menurunkan kandungan BOD dan COD tersebut PKS membangun kolam pengolahan limbah yang terdiri dari 8-10 kolam, dimana 2 kolam pertama merupakan kolam an-aerobic dan sisanya merupakan kolam aerobic.

Limbah cair ini rata-rata didesain dengan waktu tinggal sekitar 25-30 hari untuk setiap kolam. Jika melebihi waktu, maka volume air akan melebihi dayatampung kolam, sehingga air meluber ke kolam sebelahnya. Rata-rata desain kedalaman kolam adalah 5-6 meter. Tetapi pada kenyataannya pendangkalan terjadi lebih cepat, sehingga kedalaman rata-rata hanya 2-3 m. Pendangkalan ini sebenarnya mengganggu proses an-aerobic, dan proses terbentuknya gas metana (CH_4). Gas ini secara kasat mata dapat dilihat dalam bentuk gelembung-gelembung yang timbul di permukaan kolam, apabila terkumpul dalam konsentrasi yang cukup tinggi dapat menimbulkan kebakaran dan efek pemanasan global. Efek pemanasan global yang ditimbulkan oleh gas metana empat kali lebih besar dari gas CO_2 .



Gambar 4. Volume dan nilai kalori limbah PKS

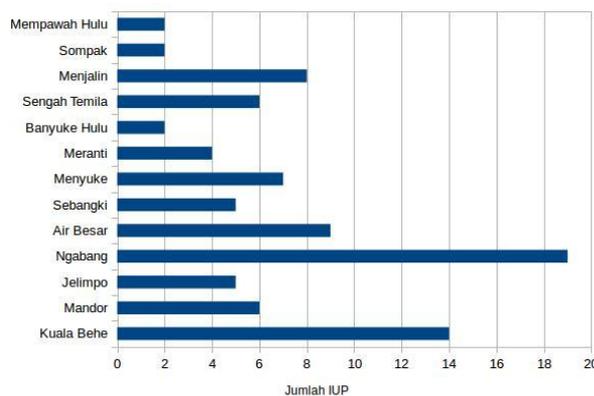
Besarnya kalori yang terkandung dalam limbah hasil pengolahan TBS dan energi listrik yang dapat dibangkitkan dari pemanfaatan limbah tersebut

ditunjukkan dalam Gambar 4. Dari hasil pengolahan 1 (satu) metrik ton TBS akan menghasilkan limbah padat dan cair yang memiliki potensi untuk menghasilkan energi listrik sebesar 284 kWh, dengan asumsi efisiensi konversi energi panas menjadi listrik sebesar 25%.

3. Hasil Eksperimen

3.1. Potensi Biomassa Sawit

Jumlah perusahaan perkebunan sawit yang memegang IUP di Kabupaten Landak mencapai 46 perusahaan dengan luas lahan sebesar 444.814 hektar. Lokasi IUP tersebar di seluruh kabupaten, yang terbanyak berada di Kecamatan Ngabang dan Kuala Behe. Luas lahan realisasi tanam adalah 116.815 ha dengan intisebesar 92.434 ha dan plasma sebesar 24.381 ha. [2]



Gambar 5. Lokasi IUP di Kabupaten Landak. [2]

Tabel 2. Potensi biomassa sawit [2]

No	PKS	Produksi (ton/jam)	TKS (ton/jam)	Cangkang (ton/jam)
1	PT.SMS	60	13,8	3,6
2	PTPN XIII	45	10,35	2,7
3	PT.MPS	30	6,9	1,8
4	PT.IGP	60	13,8	3,6
5	PT.KRS	60	13,8	3,6
6	PT.ANI	45	10,35	2,7
		300	69	18

Sampai tahun 2015, terdapat 6 pabrik kelapa sawit (PKS) di Kabupaten Landak dengan total produksi sebesar 300 ton TBS/jam [2]. Produksi masing-masing PKS ditunjukkan pada Tabel 2. Perusahaan tersebut adalah PT. Satria Multi Sukses (SMS), PT. Perkebunan Nusantara XIII (PTPN XIII), PT. Multi Perkasa Sejahtera (MPS), PT. Ichtar Gusti Pudi (IGP), PT. Kapuas Rimba Sejahtera (KRS), dan PT. Agro Nusa Investama (ANI).

Jumlah TKS dan cangkang pada Tabel 3.1 dihitung berdasarkan hasil perhitungan LaCrosse (2004). Apabila jam operasi setiap PKS adalah 20 jam perhari dan beroperasi selama 285 hari per tahun [2], maka potensi limbah sawit di Kabupaten Landak adalah seperti diberikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Potensi limbah biomassa sawit per tahun

No	Limbah PKS	Jumlah limbah (ton/tahun)
1	TKS	393.300
2	Cangkang	102.600

3.2. Analisa Kebutuhan Bahan Bakar Power Plant

Untuk menghitung besarnya volume bahan bakar cangkang dan TKS yang dibutuhkan oleh power plant, diperlukan data mengenai sistem boiler sebagai peralatan pengubah kalor menjadi tenaga uap dan data mengenai turbin generator sebagai pengubah tenaga uap menjadi tenaga listrik. Untuk itu diambil asumsi sebagai berikut.

- 1) Power plant direncanakan beroperasi selama 7008 jam per tahun (ability factor 80%) dan memasok energi listrik ke jaringan PLN minimal sebesar 80% (capability factor 80%) dari kapasitas terpasang (penggunaan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan operasional power plant diperkirakan sebesar 10% - 15% dari kapasitas terpasang).
- 2) Power plant direncanakan memiliki kemampuan untuk memasok energi listrik ke jaringan PLN sebesar 10 MWe, maka power plant harus memiliki kemampuan daya terpasang minimal sebesar 13 MWe.

Spesifikasi komponen boiler dan turbin generator untuk power plant adalah sebagai berikut.

- 1) Data boiler
 - a. Jenis boiler: superheated
 - b. Efisiensi: 80%
 - c. Kapasitas: 35 ton uap/jam
 - d. Tekanan kerja: 40 kg/cm²
 - e. Temperatur uap: 400⁰C
 - f. Suhu air umpan: 100⁰C

Dari data tersebut, pada tabel uap diperoleh karakteristik berikut.

Entalphy uap: 3.214,1 kJ/kg

Enthalphy air umpan: 419 kJ/kg

Delta entalphy antara air umpan dan uap adalah sebesar 2.795,1 kJ/kg.

- 2) Data turbin

- a. Tipe: multi-stage condensing
- b. Tekanan uap masuk: 40 kg/cm²
- c. Temperatur: 400⁰C
- d. Efisiensi: 70%
- e. Tekanan uap keluar: 0,1 kg/cm²
- f. Temperatur air keluar: 46⁰C

Data dari turbin tersebut, pada tabel uap diperoleh karakteristik berikut.

Entalphy uap masuk: 3.214,1 kJ/kg

Entalphy uap keluar: 2.465,2 kJ/kg

Delta entalphy antara uap masuk dan uap keluar turbin adalah sebesar 748,9 kJ/kg.

Konsumsi uap untuk menghasilkan energi listrik/kWh dapat dicari dengan menghitung hasil bagi (3.600 kJ/kWh) dan (748,9 kJ/kg), yaitu 4,8 kg per kWh.

Untuk memproduksi 1 kg uap dari 100⁰C menjadi 400⁰C pada tekanan 40kg/cm², jika menggunakan bahan bakar campuran TKS MC 40% dengan nilai kalori 9.000 kJ/kg dan cangkang dengan nilai kalori 18.000 kJ/kg

pada efisiensi boiler 80%, maka jumlah bahan bakar TKS dan cangkang yang dibutuhkan adalah sbb:

$$\text{TKS} = (2795,1/9000)/0,8 = 0,3882 \text{ kg}$$

$$\text{Cangkang} = (2795,1/18000)/0,8 = 0,1941 \text{ kg}$$

Karena untuk menghasilkan energi listrik 1 kWh diperlukan uap sebesar 4,8kg uap pada tekanan 40 kg/cm² dan temperatur 400⁰C, maka besar bahan bakaryang diperlukan untuk setiap 1 kWh adalah

$$\text{TKS} = 0,3875 \times 4,8 = 1,86 \text{ kg pada MC 40\%, atau}$$

$$\text{TKS} = 2,52 \text{ kg pada MC 60\%, atau}$$

$$\text{Cangkang} = 0,194 \times 4,8 = 0,93 \text{ kg}$$

Kebutuhan bahan bakar power plant dengan berbagai komposisi campuran TKS MC 60% dan cangkang MC 30%, ditunjukkan pada Tabel 4. Kebutuhan bahan bakar per tahun pada AF = 80% (7008 jam) ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Kebutuhan bahan-bakar TKS (MC 60%) dan cangkang (MC 30%) pada berbagai komposisi campuran dan daya keluaran rata-rata per jam

Kapasitas Daya Rata-rata (kW)	Massa bahan-bakar dg berbagai komposisi (ton)							
	TKS & Cangkang		TKS & Cangkang		TKS & Cangkang		TK S	Can gka ng
	80 %	20 %	85 %	15 %	90 %	10 %	100 %	100 %
10.000	16,744	3,101	18,558	2,426	20,542	1,691	25,111	9,302
11.000	18,418	3,411	20,414	2,669	22,595	1,860	27,622	10,233
12.000	20,093	3,721	22,270	2,911	24,650	2,029	30,133	11,163
12.500	20,930	3,876	23,198	3,033	25,676	2,113	31,388	11,628
13.000	21,767	4,031	24,127	3,154	26,703	2,198	32,645	12,093
13.500	22,604	4,186	25,054	3,275	27,730	2,282	33,901	12,558

Tabel 5. Kebutuhan bahan bakar TKS (MC 60%) dan cangkang (MC 30%) pada berbagai komposisi campuran per tahun

Kapasitas Daya Rata-rata (kW)	Massa bahan-bakar dg berbagai komposisi (ton)							
	TKS & Cangkang		TKS & Cangkang		TKS & Cangkang		TK S	Can gka ng
	80 %	20 %	85 %	15 %	90 %	10 %	100 %	100 %
10.000	117,342	21,732	130,058	17,001	143,958	11,851	175,988	65,188
11.000	129,074	23,904	143,066	18,704	158,345	13,035	193,577	71,713
12.000	140,815	26,077	156,075	20,400	172,745	14,219	211,175	78,230
12.500	146,680	27,163	162,574	21,255	179,935	14,808	219,978	81,489
13.000	152,546	28,249	169,083	22,103	187,135	15,404	228,781	84,748
13.500	158,411	29,335	175,584	22,951	194,335	15,992	237,580	88,006

Dengan menganalisa kebutuhan dan ketersediaan bahan bakar seperti tercantum dalam Tabel 5 dan 3, maka power plant sebesar 13 MW dapat mempergunakan biomassa sawit dengan berbagai komposisi, baik cangkang 100% atau TKS 100%, ataupun komposisi lain seperti diberikan pada Tabel 5. Maksimum dua buah power plant dapat dibangun dengan menggunakan bahan bakar cangkang dan TKS.

4. Kesimpulan

Kesimpulan hasil penelitian adalah sebagai berikut.

- 1) Potensi TKS dan cangkang dari PKS yang ada di Kabupaten Landak mampu memenuhi kebutuhan bahan bakar power plant dengan kapasitas 2×13 MW.
- 2) Dengan operasi power plant per tahun selama 7008 jam, setiap power plant sebesar 13 MW memerlukan bahan bakar 228.781 ton TKS per tahun atau 84.748 ton cangkang per tahun.

Referensi

- [1] Irhan Febijanto. "Kajian Teknis & Keekonomian Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit Pinang Tinggi Sei Bahar Jambi." *Jurnal Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, 2011.
- [2] BPS Kabupaten Landak. "Kabupaten Landak Dalam Angka," 2016.
- [3] Jarman. "Electricity Program and Breakthrough Policies Towards Achieving New Renewable Energy and Energy Conservation Target in National Energy Policies." Directorate General of Electricity. 2014.
- [4] PLN. "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2015 – 2024." 2015.

Biography

Yohannes M. Simanjuntak, adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak. Lahir di Ketapang, tanggal 30 Januari 1956. S1 diperoleh tahun 1985 bidang ilmu Teknik Tenaga Listrik, S2 tahun 2009 bidang ilmu Manajemen Energi pada Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. (*yohanes_john56@yahoo.com*)

Danial, adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak. Lahir di Sambas, tanggal 12 Pebruari 1962. S1 diperoleh tahun 1991 bidang ilmu Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, S2 tahun 1995 bidang ilmu Elektroteknik pada Institut Teknologi Bandung. (*danial.noah@ee.untan.ac.id*)

M. Taufiqurrahman, adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak. Lahir di Pontianak, tanggal 3 Juni 1982. S1 diperoleh tahun 2005 bidang studi Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, S2 tahun 2011 bidang studi Teknik Mesin pada Universitas Brawijaya. (*hwelex@gmail.com*)

Eddy Kurniawan, adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak. Lahir di Pontianak, tanggal 26 Desember 1984. S1 diperoleh tahun 2009 bidang ilmu Teknik Mesin pada Universitas Gajah Mada, S2 tahun 2013 bidang ilmu Teknik Industri pada Universitas Gajah Mada. (*eddy_ugm@yahoo.com*)