

Charpy impact test pada kampas rem hybrid komposit phenolic resin matrik dengan penguat serbuk basalt-Alumina-kulit kerang

I N. G. Suma Wijaya¹⁾, I D. G. Ary Subagia^{2)*}, Wayan Nata Septiadi³⁾

^{1,2,3)} Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran (80362) Bali

²⁾Advance material and Automotive Lab. Center, Kampus Bukit Jimbaran-Badung (80362) Bali

Abstrak

Penelitian ini adalah difokuskan untuk mengamati ketahanan impact dari material kampas rem kendaraan bermotor. Kampas rem yang diujikan adalah kampas yang terbuat dari material hybrid komposit dengan penguat serbuk basalt – serbuk kulit kerang dan alumina dan pengikat phenolic resin. Material kampas rem hybrid komposit diproses melalui proses sintering dengan penekanan 2 ton, temperatur 150°C selama 30 menit. Tujuan penelitian adalah menginvestigasi kekuatan impact dari pada bahan hybrid komposit untuk masing – masing variasi terhadap perlakuan impact charpy yang didasarkan pada standar ASTM D6110–04. Pengujian dilakukan dengan menganalisa nilai energy yang mampu diserap oleh bahan akibat beban impact, selanjutnya patahan impact charpy dianalisa dengan SEM. Diperoleh hasil pengujian charpy impact untuk masing – masing variasi hybrid komposit adalah nilai kekuatan yang tinggi terjadi pada hybrid komposit variasi 2 (HK2) dengan nilai 0,000339547 J/mm², ini disebabkan karena mempunyai ikatan antara metrik dan basalt yang lebih kuat dan sempurna dibandingkan dengan hybrid komposit lainnya. Untuk nilai hybrid komposit variasi 1 (HK1) adalah 0,000304851 J/mm², hybrid komposit variasi 3 (HK3) adalah 0,000334516 J/mm², hybrid komposit variasi 4 (HK4) adalah 0,000325059 J/mm², hybrid komposit variasi 5 (HK5) adalah 0,0003327 J/mm². (2) Dari perbandingan antara kampas rem dipasaran dengan kampas rem hybrid komposit maka didapat nilai kekuatannya berbeda pada hybrid komposit variasi 2 (HK2) dengan kampas pembeding (KP) yang memiliki nilai kekuatannya lebih besar yaitu, 0,000374867 J/mm².

Kata kunci : Kampas rem, Impact charpy, Hybrid komposit, Basalt, Aluminium, Kulit Kerang

Abstract

This research is focused to observe the impact resistance of motor vehicles brake lining material. Brake tested are canvas made of hybrid composite materials with basalt powder reinforced – seashells, alumina powder, and a phenolic resin matrix. Hybrid composite brake material processed through the sintering process with emphasis 3 tons at curing temperatures of 150°C at least 30 minutes. The research objective was to investigate the impact strength of the hybrid composite material for each variation to the treatment charpy impact based on the standard ASTM D6110-04. Testing was carried out by analyzing the value of energy that can be absorbed by the material due to the impact load, impact charpy subsequent fracture was analyzed by SEM. The results of charpy impact's test for each variation of hybrid composites are high strength values that occurred in variation of hybrid composite 2 (HK2) with a value is 0.000339547 J / mm², is due to have ties between metric and basalt stronger and more perfect than the hybrid composite more. For hybrid composite value variation 1 (HK1) is 0.000304851 J / mm², hybrid composite variation 3 (HK3) is 0.000334516 J / mm², hybrid composite variation 4 (HK4) is 0.000325059 J / mm², hybrid composite variation 5 (HK5) is 0.0003327 J / mm². For hybrid composite value variation 1 (HK1) is 0.000304851 J / mm², hybrid composite variation 3 (HK3) is 0.000334516 J / mm², hybrid composite variation 4 (HK4) is 0.000325059 J / mm², hybrid composite variation 5 (HK5) is 0.0003327 J / mm².

Keywords: Brake, Charpy Impact, Hybrid composite, Basalt, Aluminium, Kulit Kerang

1. Pendahuluan

Kendaraan bermotor sangat penting fungsinya yaitu sebagai alat transportasi. Kinerja kendaraan bermotor disamping diukur dari kemampuan engine, juga ditentukan oleh kinerja komponen kendaraan, baik sebagai komponen keamanan aktif maupun pasif [1] (R Bosch GmbH,2006) (R Bosch GmbH,2006). Peraturan pemerintah nomor 55 th 2012 tentang kendaraan bermotor telah menjelaskan bahwa salah satu komponen keamanan aktif yang paling penting adalah sistem rem.

Sistem rem adalah keamanan aktif kendaraan yang berfungsi mengendalikan *energy kinetic* oleh gesekan antara kampas rem dan bidang geseknya untuk memperlambat atau mengurangi kecepatan, dan

bahkan menghentikan kendaraan tanpa terjadi slip atau skid [2]. Ikhbal Mursan, et.al [3] mengungkapkan bahwa kualitas kampas rem sangat dipengaruhi oleh faktor komposisi bahan, jenis bahan dan kekerasan. Pengaruh dari kualitas bahan yang kurang dapat menurunkan performancenya kampas rem, seperti mudah aus, keausan tidak merata sehingga memberikan dampak beban kejut saat pengereman dapat yang mempengaruhi kestabilan kendaraan [4].

Sebagaimana dijelaskan diatas, kampas rem terbuat dari campuran asbes, tembaga. Keunggulan dari bahan – bahan tersebut adalah sangat baik dalam penyerapan panas gesekan. Akan tetapi dari segi sifat kimia untuk bahan asbes adalah sangat berbahaya bagi kesehatan karena baik langsung maupun tidak

Tabel 2. Karakteristik Phenolic Resin

Properties	Nilai	satuan
Density	1200	Kg/m ³
Modulus Elasticity	4500	MPa
Modulus Geser	1600	MPa
Poisson Ratio	0.4	V
Tegangan Tarik	130	Mpa
Elongation	2(100°C); 6(200°C)	%
Koefisien Konduktifitas termal	0.2	W/m°C
Temperatur operasi	90 - 200	°C



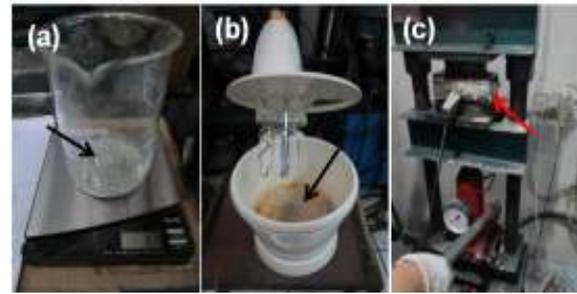
Gambar 2. Material penguat (filter) a. Bubuk basalt, b. Bubuk cangkang kerang, c. Aluminium Oxide, d. Phenolic Resin

2.2 Proses Manufaktur Hibrid Komposit

Tahapan pembuatan material hibrid komposit secara sistematik ditunjukkan seperti pada Gambar 3. Pengukuran dan penyetaraan ukuran serbuk alumina, kulit kerang dan basalt ditunjukkan pada Gambar 3a dengan ukuran partikel adalah sebesar 0.25 micron, masing-masing. Selanjutnya ketiga sebuk di campur dengan komposisi seperti ditunjukkan pada Tabel 3, dengan proses pencampuran ditunjukkan pada gambar 3b. Tahap ketiga adalah pencetakan campuran dengan temperatur konstan 250°C, selama 30 menit untuk masing-masing variasi benda uji.

Tabel 3. Komposisi fraksi berat hybrid komposit

Kode	Bahan (%)		
	Serbuk Basalt	Serbuk Alumina	Serbuk Kulit Kerang
HK-1	45	10	5
HK-2	40	10	10
HK-3	35	10	15
HK-4	30	10	20
HK-5	25	10	25



Gambar 3. Proses pembuatan material hybrid composite; a. Proses penimbangan/pengukuran, b. Tahap pencampuran, c. Tahap pencetakan

2.3 Metode dan Proses Manufaktur Benda Uji

2.3.1 Perhitungan Fraksi Berat

Penentuan variasi matriks dengan penguat menggunakan perbandingan fraksi berat (%wt) pada hybrid komposit saat proses casting, pada kondisi tanpa void dapat dirumuskan sebagai berikut [11] :

$$w_c = w_m + w_f \tag{1}$$

$$W_m = \frac{w_m}{w_c} ; W_f = \frac{w_f}{w_c} \tag{2}$$

$$w_f = (w_B + w_k + w_A)$$

$$W_m = \frac{w_m}{w_c} = \frac{\rho_m v_m}{\rho_c v_c} = \frac{\rho_m}{\rho_c} V_m \tag{3}$$

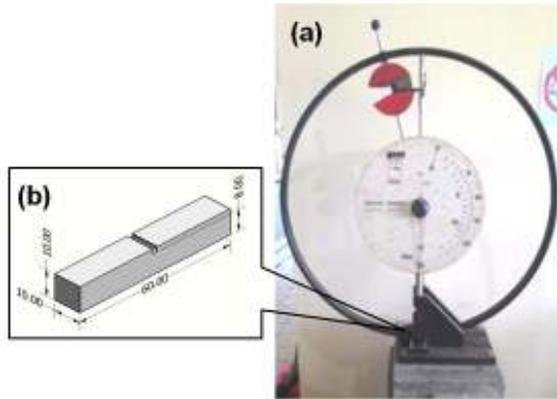
$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f v_f}{\rho_c v_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} V_f \tag{4}$$

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{W_m}{\rho_m}\right) + \left(\frac{W_f}{\rho_f}\right)} \tag{5}$$

dimana; W_c adalah fraksi berat dari komposit (gram), W_f dan W_m adalah fraksi berat untuk penguat dan pengikat masing-masing dalam satuan gram. w_c , w_f dan w_m menunjukkan berat dari bahan yang digunakan dalam pembentukan material komposit masing-masing dalam satuan gram. ρ menunjukkan *density* dari bahan (kg/cm³). V adalah volume bahan (cm³). Sedangkan *suffix* : m , f dan c masing- masing menunjukkan matriks, fiber dan komposit

2.3.2 Pengujian Impak

Pada penelitian ini uji *Charpy Impact* dilakukan untuk menentukan energy yang diserap (*absorbed*) dalam mematahkan benda uji. Skematik pengujian impact dan mesin uji impact yang digunakan adalah seperti gambar ditunjukkan pada gambar 4a-b.



Gambar 4. Set-up charpy Impact test (a) Mesin charpy Impact, (b) Geometri spesimen charpy impact.

Energi pembenan impact pada material hibrid komposit penolic resin matrik dengan penguat partikel basalt, alumina dan kulit kerang dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut;

Besaran energy impact.

$$E_0 = W \cdot h_0 = w \cdot l(1 - \cos \alpha) \tag{6}$$

$$E_1 = W \cdot h_1 = w \cdot l(1 - \cos \beta) \tag{7}$$

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_0 - E_1 \\ &= W(h_0 - h_1) \end{aligned} \tag{8}$$

atau

$$\Delta E = W \cdot l(\cos \beta - \cos \alpha) \tag{9}$$

Kekuatan impak (*I_s*) adalah ditentukan dengan membagi energy impact dengan luas penampang efektif benda uji, yang dihitung dengan persamaan seperti dibawah;

$$I_s = \frac{\Delta E}{A} = \frac{W \cdot l(\cos \beta - \cos \alpha)}{A} \tag{10}$$

Dimana : *E₀* adalah energi awal (J), *E₁* adalah energi akhir (J), *W* menunjukkan berat pendulum (N), *m* adalah massa pendulum (kgm), *g* adalah nilai konstanta grafitasi (m/det²), *h₀* menunjukkan ketinggian bandul sebelum dilepas (m), *h₁* menunjukkan ketinggian bandul setelah dilepas (m), *cos α* dan *cos β* adalah nilai sudut bandul awal dan sudut akhir masing -masing.

3. Hasil dan Pembahasan

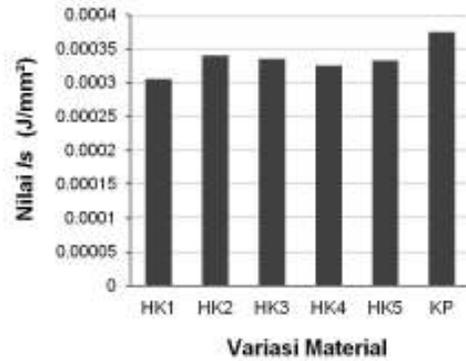
3.1 Hibrid komposit dan tegangan Impact

Tabel 4. adalah menunjukkan hasil pengujian *charpy impact* untuk masing – masing variasi material hibrid komposit kampas rem. Hasil yang diperoleh dari pengujian dibandingkan dengan material kampas rem dengan bahan asbes sebagai control.

Tabel 4. Nilai Rata-rata Kekuatan Impact Hibrid Komposit dan Kampas Pembanding

Variasi Material	ΔE (J)	I _s = ΔE / A (J/mm ²)
HK 1	0,022012589	0,000304851
HK 2	0,023739901	0,000339547
HK 3	0,023739901	0,000334516
HK 4	0,023739901	0,000325059
HK 5	0,023739901	0,0003327
KP	0,026656442	0,000374867

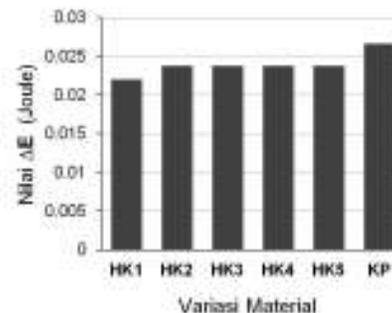
Gambar 5 menunjukkan diagram batang hubungan kekuatan impact versus bahan hybrid komposit phenolic resin matrik berpenguat serbuk basalt, alumina dan kulit kerang



Gambar 5. Nilai Kekuatan *Impact* (*I_s*)

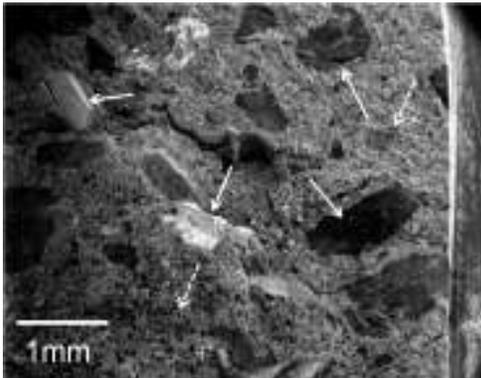
Gambar 5. menunjukkan grafik batang hubungan antara kekuatan impact dari material hybrid komposit phenolic resin dengan penguat partikel alumina, basalt dan kulit kerang (HK-1, HK-2, HK-3, HK-4, dan HK-5). Hasil percobaan ditunjukkan pada grafik untuk kekuatan impact dari hybrid komposit adalah rebih rendah dari pada kampas rem dari bahan asbes (lihat Tabel 4).

Pada hybrid komosit dengan variasi HK-2 menjadi material yang memiliki nilai tertinggi diantara material hybrbrid komposit yaitu sebesar 0,000339547 J/mm² atau lebih kekuatan impact sebesar 0.09%. Rendahnya nilai kekuatan impact dari material hybrid komposit berpenguat partikel adalah disebabkan beberapa fantor yaitu tidak meratanya bentuk partikel, perbedaan phase masing-masing partikel terhadap matrik, luas permukaan terikat, sehingga menyebabkan ikatan mudah terlepas.



Gambar 6. Nilai Energi yang diserap yang terjadi pada pengujian *impact*

Gambar 6. menunjukkan hubungan variasi material kanvas rem hybrid komposit dengan energy yang diserap (E). Sebagaimana dihasilkan besarnya energy yang diserap oleh material hybrid komposit adalah meningkat secara linier terhadap menurunnya jumlah berat fraksi basalt dan meningkatnya kandungan serbuk kulit kerang. Adapun hasil pengujian untuk energy yang diserap oleh material adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Selanjutnya, material kanvas rem hybrid komposit masih lebih rendah penyerapan energinya dibandingkan dengan kanvas rem dengan bahan asbes. Perbedaan energy yang diserap antara material hybrid komposit dengan material asbes untuk kanvas rem akibat dari pembebanan charpy impact adalah sebesar 18%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa hybrid komposit phenolic resin matrik dengan penguat serbuk basalt, alumina dan kulit kerang memiliki potensi yang positif untuk dipergunakan sebagai bahan kanvas rem pengganti asbes.



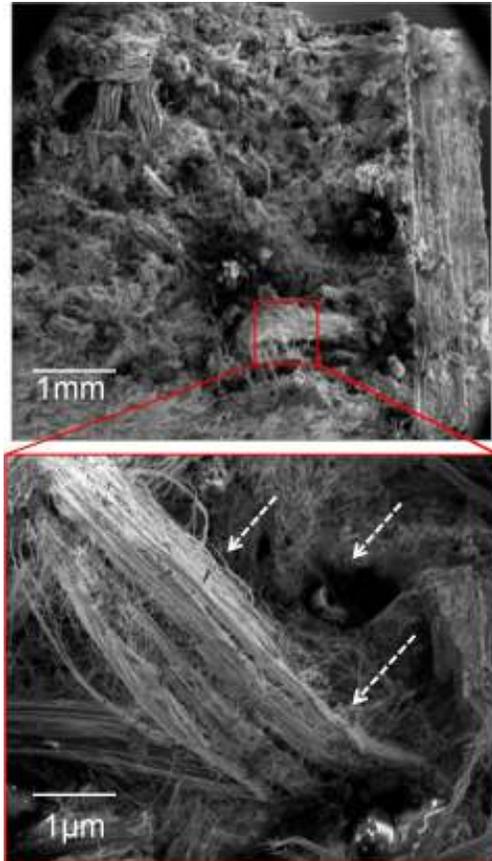
Gambar 7. Foto SEM Hibrid Komposit (HK2)

3.2 Karakteristik patahan Impact hybrid komposit

Gambar 7. menunjukkan karakteristik patahan bahan kanvas rem dengan hybrid komposit phenolic resin dengan penguat serbuk basalt, alumina dan kulit kerang. Pengamatan patahan dilakukan pada pembesaran rendah menggunakan scanning electron microscope (SEM-JEOL). Secara umum untuk karakteristik patahan disetiap variasi benda uji akibat pembebanan charpy impact adalah adanya serbuk alumina (tanda panah). Kemudian untuk serbuk basalt dan serbuk kulit kerang karena ukuran yang sama memiliki ikatan yang sangat baik seperti ditunjukkan oleh tanda panah putus-putus.

Dapat dilihat dari pengamatan bahwa karakteristik patahan setelah mendapatkan perlakuan impact terjadi ikatan yang cukup baik antara material penguat dan pengikatnya sehingga energy yang dibutuhkan untuk mematahkannya cukup besar. Disamping itu tidak terjadi pelepasan butiran dan delaminasi. Akan tetapi, terdapat sedikit retakan mikro pada matrik (matrix microcrack) seperti ditunjukkan oleh tanda

panah, dan juga terdapat void (lihat tanda panah putus – putus).



Gambar 8. Kanvas Pembanding (asbes)

Sedangkan untuk material kanvas rem dengan bahan asbes setelah mendapat perlakuan charpy impact adalah ditunjukkan seperti pada Gambar 8. Insert pada gambar 8 adalah menunjukkan serat asbes yang apabila terlepas menjadi debu akan sangat berbahaya bagi kesehatan karena dapat menjadi penyebab kanker paru-paru dan saluran pernapasan.

4 Kesimpulan

Penelitian ini telah menghasilkan bahan hybrid komposit yang dapat dipergunakan sebagai bahan alternatif kanvas rem kendaraan bermotor, menggantikan kanvas rem dari bahan asbes. Benda kerja hybrid komposit dengan variasi fraksi berat telah dibuat dengan menggunakan metode cetakan panas (hot-press). Sifat mekanis bahan telah diuji dengan metode charpy impact. Adapun hasil pengujian diperoleh adalah:

Material hybrid komposit memiliki ketahanan impact lebih rendah dari pada material dengan bahan asbes.

Kemampuan penyerapan energy impact bahan hybrid komposit adalah linier dengan penurunan jumlah fraksi berat serbuk basalt dan kenaikan fraksi berat serbuk kulit kerang yaitu HK2, HK3, HK4, HK5 sebesar 0,023739901 J, sedangkan nilai pada HK1

lebih kecil yaitu 0,022012589 J. Energi kanvas pembanding (KP) adalah 0,026656442 J lebih tinggi dari nilai energi Hibrid Komposit. Perbedaan anatar material hybrid komposit dan material asbes terhadap pembebanan charpy impact adalah sebesar 9% untuk ketahanan impact dan 18% terhadap kemampuan pmenyerap energy akibat pembebanan impact.

Kesimpulan diperoleh bahwa material hybrid komposit phenolic resin dengan penguat serbuk basalt, alumina dan kulit kerang dapat menjadi bahan alternatif pengganti kanvas rem terbuat dari bahan asbes.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan atas dukungan dana yang telah diberikan sehingga manuscript ini dapat diterbitkan, dan dapat menjadi bahan kajian dimasa datang.

Daftar Pustaka

- [1]. R Bosch GmbH, 2006. **Safety, Comfort and Convenience System**, England: John Wiley & Son Ltd.
- [2]. Sukanto 2012, **Analisis Keausan Kanvas Rem Pada Sepeda Motor**. Jurnal Teknik. 2 NO. 1: p. 31-39.
- [3]. M Ikhbal Mursan, Daswarman Daswarman & Alwi, E. 2014. **Pengaruh Intensitas Tekanan Kanvas Rem Terhadap Tingkat Keausan Kanvas Rem Sepeda Motor Yamaha Mio Tahun 2008**. *Automotive Engineering Education Journal*, 1, No 2.
- [4]. Darius G. Solomon and M.N. Berhan 2007. **Characterization of Friction Material Formulations for Brake Pads. in The World Congress on Engineering (WCE)**. London, U.K.: Proceedings of the World Congress on Engineering vol.II.
- [5]. Cherie J.W, Gibson H, Mcintosh C, Maclaren W.M & G, A. L. 2000. **Exposure To Fire Airborne Dust Amongst Processor Of Para-Aramid**. Edinburgh: Institute Of Occupational Medicine.
- [6]. Puja, I. G. K. 2010. **Studi Sifat Impak Ketahanan Aus Dan Koefisien Gesek Bahan Komposit Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Glugu Dengan Matrik Epoxy**. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*.M 4 No.2, 155-159.
- [7]. Pramuko Ilmu Purboputro 2012. **Pengembangan Kanvas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serat Bambu, Fiber Glass, Serbuk Aluminium Dengan Pengikat Resin Polyester Terhadap Ketahanan Aus Dan Karakteristik Pengeremannya**. in *Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*. Yogyakarta.
- [8]. Telang A K, et al. 2010, **Alternate Materials In Automobile Brake Disc Applications With Emphasis On Al Composites- A Technical**

Review. Journal of Engineering Research and Studies JERS,. I(Issue I): p. 35-46.

- [9]. Kunal Singha, 2012. **A short review on basalt fiber**. *International Journal of Textile Science*, 1 (4): p. 19-28.
- [10]. Pramuko Ilmu Purboputro, 2014. **Pengembangan Ketahanan Keausan Pada Bahan Kanvas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Bonggol Jagung**. *Media Mesin*, 15, No.1: p. 41-48.
- [11]. N.L.Hancox, 1981. **Fibre Composite Hybrid Materials**: New York, Macmillan Publishing Co., Inc.



I Nyoman Gede Suma Wijaya menyelesaikan studi program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari Tahun 2011 sampai 2016. Ia menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian Studi Sifat Mekanis Charpy Impact Kanvas Rem Berbasis Hibrid Komposit Epoxy / Serbuk Basalt/ Aluminium/ Serbuk Kulit Kerang.



Lahir di Klungkung pada tanggal 12 September 1984. memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) bidang teknik mesin pada tahun 2006 di Universitas Udayana. Diangkat menjadi dosen di Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2008 dan pada september 2009 melanjutkan ke jenjang Magister di Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia dan mendapatkan Gelar Magister Teknik (M.T.) pada tahun 2011. Tahun 2011 kembali melanjutkan pendidikan ke jenjang doktoral pada program doktor Teknik Mesin Universitas Indonesia dan mendapatkan gelar Doktor (Dr.) pada tahun 2014. Aktif dalam bidang penelitian perpindahan kalor; "Pipa Kalor (Heat Pipe) dan Nanofluida"



Lahir tanggal 01 Juni 1968 di singaraja. memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) bidang Teknik Mesin pada tahun 1994. Sejak tahun 1994 menjadi dosen di Teknik Mesin Universitas Udayana. Gelar Megister Teknik (MT) diperoleh di Institute technology Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya bidang Rekayasa Perancangan Manufaktur pada tahun 2004. Pada tahun 2009 melanjutkan pendidikan program doktor di Chonbuk National University, Korea Selatan dengan gelar Philosophy of Doctor (Ph.D) pada tahun 2014. Aktif dalam bidang penelitian advance material, composite dan automotive technology.