



Teknologi Nano dan Karbon : Produksi dan Aplikasi di Bidang Material Komposit dan Kesehatan

Prof. Dr. Ir. Praswasti Pembangun Dyah Kencana Wulan, M.T.

Pidato pada Upacara Pengukuhan sebagai Guru Besar
dalam Bidang Ilmu Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Depok, 1 Maret 2023

*“Jangan terlalu mencemaskan sesuatu,
Karena hidup ini hanya sebatas
sabar tanpa tepi dan syukur tanpa tapi,
Berdoalah,
bahkan ketika semuanya telah dilakukan
atau bahkan tidak ada yang bisa dilakukan
Jangan berhenti berharap,
Karena doa dapat mengubah semuanya dalam sekejap,*

*Tetaplah bersemangat,
Tetaplah menjadi baik,
Tetaplah lakukan yang terbaik,
Dan serahkan semua hasilnya kepada Allah SWT,
Jangan pernah bosan untuk mengulang-ngulang doamu”*

**Sumber: Tausiyahku
@obathatiquotes**

Kata Pengantar

Dengan Rahmat Allah SWT dan segala puja dan puji bagi Allah SWT, kami dapat menyelesaikan buku Pidato Pengukuhan Guru Besar Tetap Bidang Ilmu Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia dengan judul " Teknologi Nano dan Karbon: Produksi dan Aplikasi di Bidang Material Komposit dan Kesehatan".

Buku ini dikemas secara umum, berdasarkan kesinambungan penelitian produksi carbon nanotubes (CNT) berbasis fosil sebagai upaya mengatasi masalah emisi karbondioksida. Penelitian ini mulai dilakukan tahun 2008 saat penulis mengambil program doktor dengan mengintegrasikan ilmu katalis saat penelitian magister. Penulis melanjutkan riset di bidang teknologi nano dan karbon setelah lulus tahun 2011 untuk produksi CNT. Penulis melihat potensi sumber karbon berbasis limbah plastik dan tanaman kamper sebagai sumber karbon alternatif pengganti fosil. Di samping itu, hasil produksi CNT diaplikasikan untuk bidang material komposit dan sistem penghantar obat (SPO) di bidang kesehatan.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka ide yang disampaikan melalui buku pidato pengukuhan ini berhubungan dengan tiga hal: produksi nano karbon dalam hal ini yang ditekankan adalah CNT ditinjau dari reaktor dan sumber karbon, aplikasi CNT di bidang material komposit untuk menjadi penguat (*reinforcement*) dan aplikasi CNT sebagai Sistem Pengantaran Obat (SPO) obat anti kanker.

Tak ada gading yang tak retak, penelitian ini masih perlu penyempurnaan serta kolaboratif lintas bidang ilmu untuk aplikasi di berbagai bidang demi pemberdayaan hasil guna penelitian sebagai solusi masalah bangsa dan negara Indonesia. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penyelesaian buku pidato pengukuhan ini.

Depok, 10 Februari 2023

Penulis,

Prof. Dr. Ir. Praswasti PDK Wulan, MT

Daftar Isi

Pendahuluan	1
Alotrop Karbon	2
Aplikasi di Bidang Material Komposit	10
Aplikasi di Bidang Kesehatan	12
Penutup	14
Daftar pustaka	14
Ucapan Terima Kasih	16
Daftar Riwayat Hidup	27

Bismillahirrahmanirrahiim

Yang Terhormat:

- Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia;
- Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia;
- Rektor, Wakil Rektor dan Sekretaris Universitas Indonesia;
- Ketua dan Anggota Senat Akademik Universitas Indonesia;
- Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Indonesia;
- Para Dekan, Pimpinan Sekolah, dan Direktur di lingkungan Universitas Indonesia;
- Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia beserta seluruh jajarannya;
- Ketua dan Anggota Senat Akademik Fakultas Teknik Universitas Indonesia;
- Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Indonesia;
- Para Ketua dan Sekretaris Departemen serta Ketua Program Studi di Fakultas Teknik Universitas Indonesia;
- Para Staf Pengajar, Staf Tenaga Kependidikan, Mahasiswa dan Alumni Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia;
- Seluruh Sivitas Akademika Universitas Indonesia;
- Sanak Keluarga dan Kerabat semua yang saya cintai;
- Bapak dan Ibu Undangan serta Seluruh Hadirin yang saya muliakan.

**Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh
Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua**

Segala puja dan puji kita panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga kita dapat berkumpul di ruangan yang mulia ini dalam keadaan sehat wal'afiat untuk menyaksikan acara pengukuhan Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Saya mendapat kehormatan di hari bersejarah Rabu, 1 Maret 2023 dapat berdiri di podium ini untuk kepercayaan memangku jabatan Guru Besar Bidang Ilmu Teknik Kimia yang diberikan Pemerintah Republik Indonesia melalui Surat Keputusan yang ditandatangani pada tanggal 12 Desember 2022 oleh Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia, Bapak Nadiem Anwar Makarim B.A., M.B.A.

Hari ini selaras dengan peresmian Presiden RI Pak Joko Widodo pada tanggal 24 Februari 2022 yang menetapkan bahwa setiap tanggal 1 Maret akan diperingati sebagai Hari Penegakan Kedaulatan Negara. Hal ini sekaligus mengingatkan kita pada Peristiwa Serangan Umum 1 Maret 1949 yang merupakan tonggak penting bagi tegaknya Kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Bapak dan ibu hadirin yang berbahagia, izinkan saya menyampaikan pidato ilmiah yang berjudul

***Teknologi Nano dan Karbon : Produksi dan Aplikasi
di Bidang Material Komposit dan Kesehatan***

Hadirin yang terhormat,

***Teknologi Nano dan Karbon : Produksi dan Aplikasi
di Bidang Material Komposit dan Kesehatan***

Pendahuluan

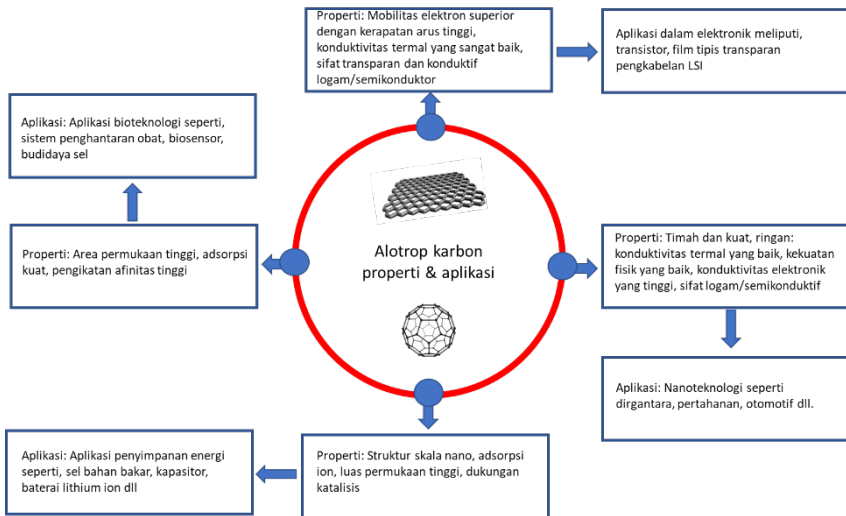
Teknologi nano adalah teknologi yang merujuk pada studi dan aplikasi materi pada skala nanometer ($1-100 \times 10^{-9}$ meter). Teknologi nano merupakan bidang multidisiplin yang mencakup ilmu material, fisika, kimia, biologi, dan teknik untuk memahami dan mengontrol materi pada skala nanometer.

Penelitian dan pengembangan pada bidang teknologi nano berfokus pada pengembangan bahan, perangkat, dan sistem pada skala nano, dimana sifat unik fisik, kimia, dan biologis akan muncul. Aplikasi teknologi nano sangat banyak dan dapat ditemukan di berbagai bidang seperti elektronik, energi, kedokteran, dan ilmu material.

Teknologi karbon, di sisi lain, melibatkan penggunaan bahan dan sistem berbasis karbon untuk berbagai aplikasi. Salah satu contohnya adalah penangkapan, pemanfaatan dan penyimpanan karbon (CCUS), yang ditujukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari proses industri dengan menangkap karbon dioksida dan menyimpannya di bawah tanah. Selain itu, penggunaan komposit serat karbon di berbagai industri juga menjadi tren yang berkembang, karena rasio kekuatan dan daya tahannya yang tinggi.

Teknologi nano dan teknologi karbon adalah dua bidang penting dan berkembang pesat dalam dunia sains dan teknologi saat ini. Teknologi nano maupun teknologi karbon merupakan ilmu multidisiplin dan berpotensi membawa kemajuan dan peningkatan yang signifikan di berbagai industri dan berdampak

signifikan pada kehidupan kita sehari-hari seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



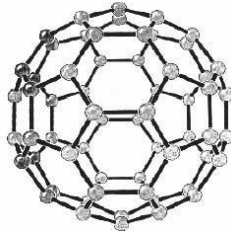
Gambar 1. Sifat-Sifat dan Aplikasi Nano Karbon (1)

Bahan nano berbasis karbon memiliki sifat optik, listrik, kimia, mekanik dan termal yang unik, dengan prospek yang menjanjikan dalam aplikasi lanjutan seperti elektronik, baterai, kapasitor, pengolahan air limbah, membran, katalis heterogen, dan ilmu kedokteran. Aplikasi yang dilakukan tergantung pada sifat atau perilaku yang diperlihatkan oleh beberapa unsur kimia yang dikenal sebagai alotrop dalam hal ini adalah karbon. Sintesis makroskopis bahan karbon untuk keperluan industri merupakan tantangan besar saat ini. Sehingga memicu perkembangan penelitian berbagai macam alotrop karbon (*fullerene*, *carbon nanotubes (CNT)*, dan *graphene*), teknik sintesis, aplikasinya khususnya untuk bidang material komposit dan kesehatan serta prospek masa depan.

Alotrop Karbon

Alotrop karbon merupakan senyawaan yang terbentuk dari atom unsur karbon dengan struktur yang berbeda. Pada tahun 1985,

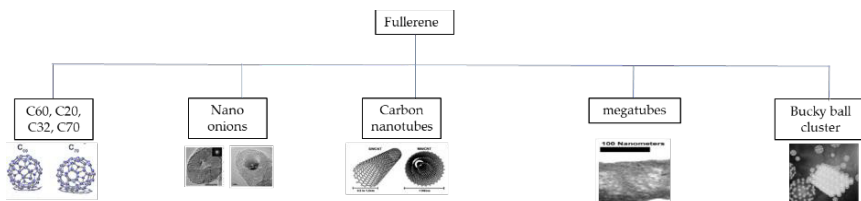
Richard E Smalley, Robert F Curl, Jr (keduanya dari Rice University, Houston, Amerika Serikat), dan Sir Harold W Kroto (dari University of Sussex, Brighton, Inggris) menemukan struktur karbon murni yang tersusun atas 60 atom karbon (C₆₀) (2,3). Penemuan ini cukup menarik mengingat selama ini hanya ada dua bentuk unsur karbon murni (karbon kristalin) yang dikenal yaitu grafit dan intan (1).



Gambar 2. Struktur molekul *buckminsterfullerene* (sebuah *bucky ball*) (1-3)

Struktur C₆₀ tersebut diberi nama *buckminsterfullerene* atau disebut juga *bucky ball* (Gambar 2). Nama ini dipilih karena strukturnya menyerupai bangunan berkubah seperti bola yang dirancang oleh seorang arsitek Amerika Serikat, R Buckminster Fuller untuk World Exhibition 1967 di Montreal, Kanada (3). Dalam perkembangan berikutnya, molekul C₆₀ ini lebih dikenal dengan nama *fullerene*. Selanjutnya nama ini digunakan untuk menamai molekul-molekul serupa yang ditemukan sesudahnya, seperti C₇₀, C₇₄, dan C₈₂ (4).

Penemuan *fullerene* ini kemudian memicu ditemukannya material baru seperti pada Gambar 3:

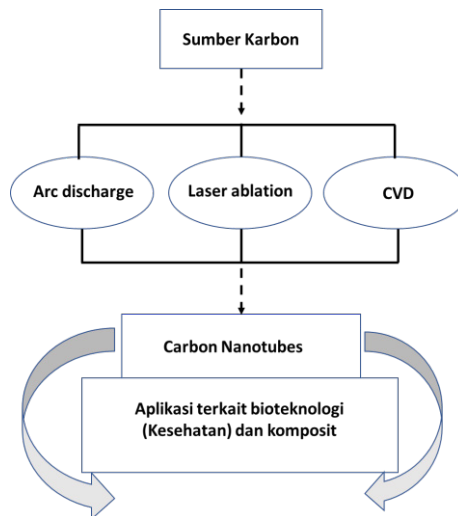


Gambar 3 Tipe Fullerene

Di antara alotrop karbon, CNT mampu menjadi salah satu material unggul teknologi nano yang membawa banyak keuntungan. CNT dikenal dengan struktur antar karbon membentuk heksagonal dengan ikatan C-C berhibridisasi sp^2 (terjadi penggabungan 1 orbital s dengan 2 orbital p). CNT ditemukan pertama kali oleh Sumio Iijima, seorang ilmuwan dari Jepang pada tahun 1991 melalui metode *arc discharge* dalam sintesis fullerene (5,6). CNT punya kelebihan berupa sifat mekanik yang baik, seperti modulus tinggi, kekuatan yang baik, dan fleksibilitas tinggi. Hal ini menjadikan CNT banyak dimanfaatkan di berbagai aplikasi *nano-devices*, material komposit dan bidang kesehatan (7).

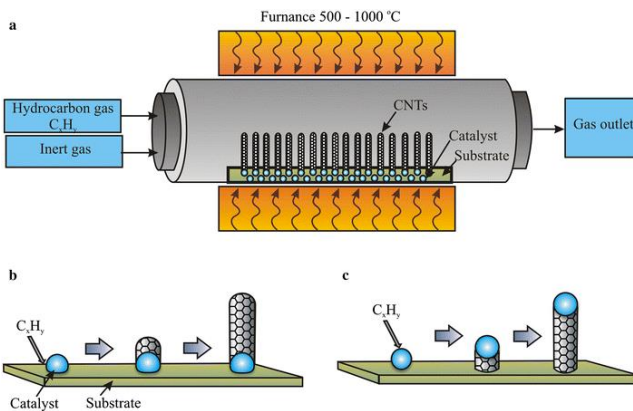
Para hadirin yang kami muliakan,

Penelitian tentang sintesis partikel karbon lebih tertuju pada optimasi struktur, morfologi, dan ukuran yang ditujukan untuk memperoleh karbon yang berukuran kecil dengan kristalinitas tinggi menggunakan metode yang efisien dalam penggunaan energi. Beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan CNT adalah teknik sintesis, sumber karbon, jenis katalis, dan kondisi operasi seperti suhu reaksi dan waktu reaksi.



Gambar 4. Teknik Sintesis dan Aplikasi Carbon Nanotubes (1)

Berbagai metode sintesis partikel karbon yang telah dikembangkan secara umum dapat dilihat pada Gambar 4. Secara umum terdapat tiga (3) metoda sintesis karbon yang utama yaitu *arc discharge*, *laser ablation*, dan *chemical vapour deposition* (CVD). Pendekatan CVD menggunakan sumber karbon dalam wujud gas. Sumber karbon ini akan terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana (dekomposisi) dengan bantuan katalis berbasis logam. Katalis ini digunakan sebagai media reaksi untuk pertumbuhan awal CNT. Reaksi kimia ini hanya berhasil dilakukan dengan menggunakan katalis pada suhu 500-1000°C seperti pada Gambar 5. Dengan menggunakan sumber karbon dari fosil, struktur CNT yang terbentuk akan melibatkan jumlah dinding, panjang CNT, keteraturan, dan diameter CNT. Hal ini membuktikan bahwa proses CVD dapat mengendalikan operasi.



Gambar 5 Skema Proses CVD (8)

Pendekatan CVD memiliki cakupan dan keunggulan yang lebih besar dibandingkan metode lain yang menunjukkan kondisi operasi relatif rendah dengan biaya minimal dan proses selektif.

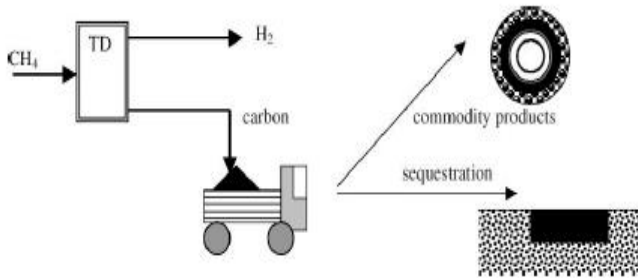
Penelitian menggunakan metana (9) sebagai sumber karbon dilakukan dalam rangka mengatasi masalah emisi karbondioksida yang termasuk strategi dekarbonisasi langsung (*direct decarbonization strategy* = DD). Strategi ini melibatkan dekomposisi termal (TD) (atau perengkahan, pirolisis) dari metana dan

hidrokarbon lain dalam udara dan atau lingkungan bebas air dengan skema konsep DD yaitu seperti pada Gambar 6.

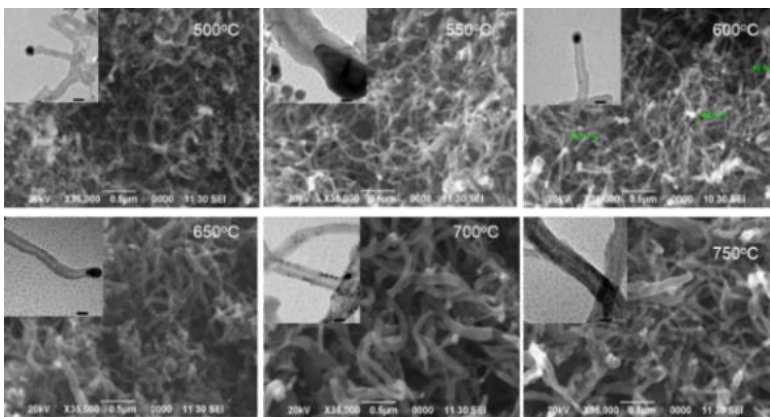
Dekomposisi metana (CDM) melibatkan pemutusan ikatan rantai H-C dari metana menjadi komponen yang lebih sederhana yaitu hidrogen dan karbon, dengan reaksi seperti pada persamaan:



Proses ini berlangsung pada suhu yang lebih rendah dengan kebutuhan energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan proses *steam reforming of methane* dan mengkonversi unsur karbon menjadi CNT.

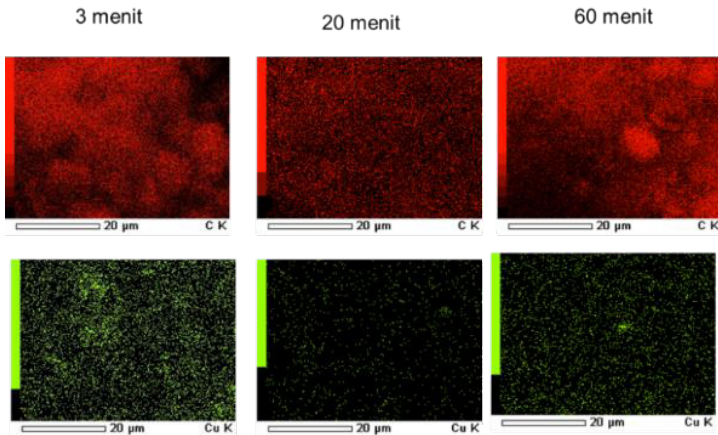


Gambar 6. Skema Konsep Dekarbonisasi Metana (9)



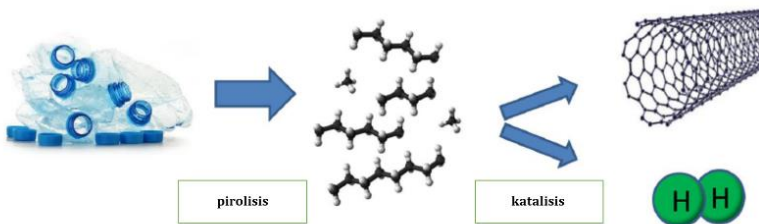
Gambar 7 Pengaruh Suhu Reaksi

Gambar 7 dan 8 merupakan contoh hasil penelitian pada berbagai suhu dan waktu reaksi dengan katalis multimetal Ni-Cu-Al. Katalis ini merupakan katalis CDM yang paling baik ditinjau dari kualitas produk CNT maupun selektivitas hidrogen serta stabilitas (9)



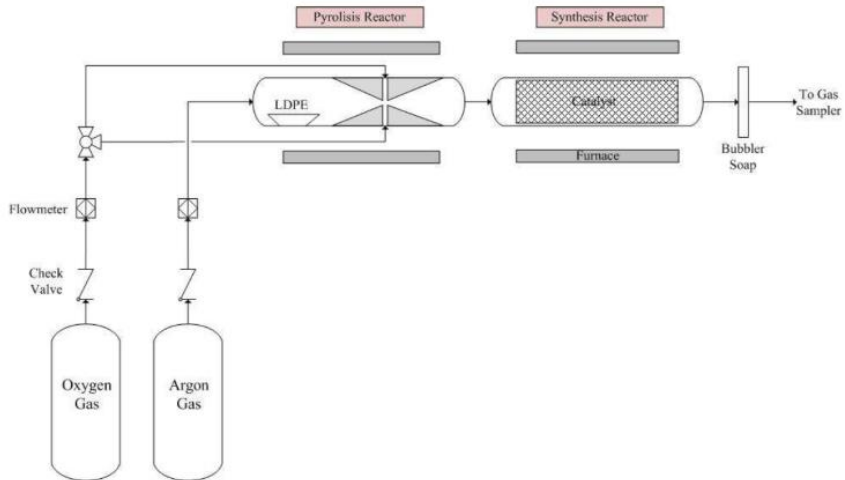
Gambar 8 Pengaruh Waktu Reaksi

Sumber karbon dapat berasal dari limbah plastik. Sumber hidrokarbon alternatif berbahan baku limbah plastik mulai dilirik sejak pirolisis limbah plastik menghasilkan rangkaian senyawa yang kaya hidrokarbon sehingga dapat digunakan sebagai prekursor karbon untuk produksi CNT. Pemanfaatan bahan baku plastik sebagai sumber karbon dapat dilakukan melalui proses seperti tampak pada (Gambar 9):

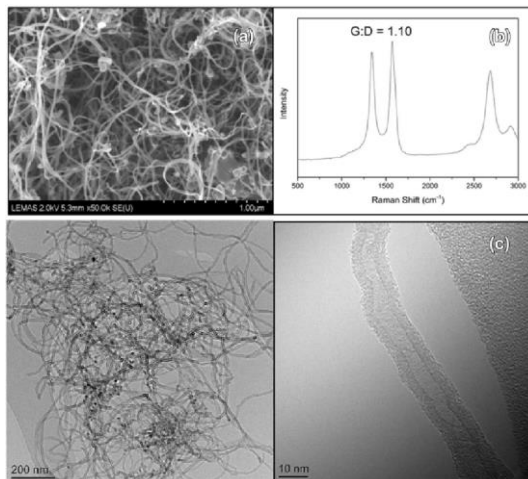


Gambar 9 Skema Pemanfaatan Bahan Baku Plastik Sebagai Sumber Karbon (10)

Produksi CNT dari limbah plastik lebih rumit daripada menggunakan hidrokarbon murni, sehingga umumnya penelitian menggunakan reaktor nyala seperti pada Gambar 10 untuk menghasilkan CNT.



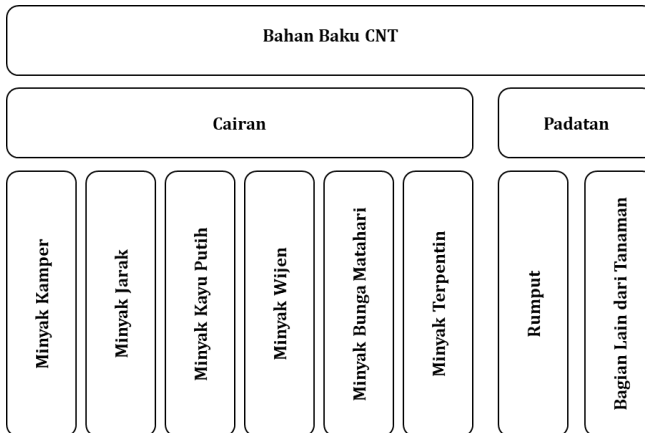
Gambar 10 Skema Sintesis CNT dengan Reaktor Nyala (11)



Gambar 11 Analisis CNT berbahan baku LDPE (10,11)

Reaktor tersusun atas dua tahap, tahap pertama adalah pirolisis untuk mengubah plastik menjadi bentuk gas. Tahap dua adalah sintesis CNT melalui penambahan oksigen di antara kedua tahap

untuk memperkaya gas CO sehingga mampu menumbuhkan CNT pada katalis yang tersedia. Hasil analisis CNT berbahan baku plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) yang biasa kita jumpai pada kemasan air mineral, dapat dilihat pada Gambar 11. Analisis menunjukkan kurang murninya hasil CNT, dengan adanya perbandingan puncak G:D=1:10. Peak D menyajikan adanya gugus amorf pada produk yang menunjukkan karbon berkualitas rendah.



Gambar 12 Sumber Bahan Baku CNT (12)

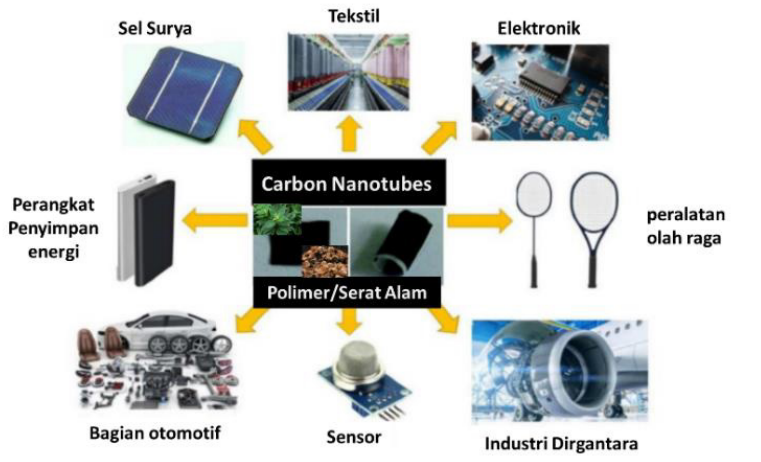
Sumber bahan baku lain dapat dilihat pada Gambar 12. Bahan baku ini banyak terdapat di Indonesia untuk dimanfaatkan sebagai sumber karbon dari produk CNT. Penggunaan bahan baku ini tentunya akan mempengaruhi jenis reaktor yang digunakan serta kondisi operasinya.

Para Hadirin yang saya hormati,

Pemanfaatan hasil CNT dapat dilakukan jika produksi CNT yang diperoleh telah melalui proses pemurnian (purifikasi) dan dispersi. Tujuan proses ini adalah menghilangkan pengotor pada CNT (seperti karbon amorf dan partikel nano karbon) serta partikel katalis yang belum habis bereaksi.

Aplikasi di Bidang Material Komposit

CNT sebagai material canggih yang memiliki sifat mekanik, listrik, dan termal yang luar biasa serta luas kontak antar muka yang tinggi. Aplikasi CNT-polimer pada bidang material komposit paling disukai karena memiliki kompatibilitas yang baik seperti pada Gambar 13.



Gambar 13 Aplikasi Carbon Nanotubes di Bidang Material Komposit (13)

Komposit adalah material yang dibentuk dari kombinasi dua atau lebih material, sehingga menghasilkan material baru yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya. Komposit tersusun dari campuran dua atau lebih material dimana material satu sebagai pengisi (matriks) dan material lainnya sebagai penguat (*reinforcement*). Matriks pada umumnya terbentuk dari material dasar seperti logam, keramik dan polimer, sedangkan penguat yang biasa digunakan adalah dalam bentuk serat dan partikulat (13,14).

Serat alam seperti limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan serat rami berpotensi dimanfaatkan di bidang material komposit sebagai penguat. Keuntungan dari produk komposit ini adalah biaya

produksi yang lebih rendah, bahan baku yang melimpah, fleksibilitas dalam proses manufaktur dan sifat yang lebih baik seperti kepadatan tinggi, kadar air rendah dan stabilitas dimensi yang baik. Hibridisasi satu serat alam dengan serat alam lain misal TKKS dengan serat rami maka masing-masing komponen penguat dapat menutupi kelemahannya. Penambahan CNT dilakukan untuk meningkatkan kekuatan tekan, lentur dan tarik dari komposit serat alam. Campuran material penguat ini dengan matriks polimer akan menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya (13,14).

Secara umum, aplikasi yang luas di bidang material komposit tersusun sebagai berikut:

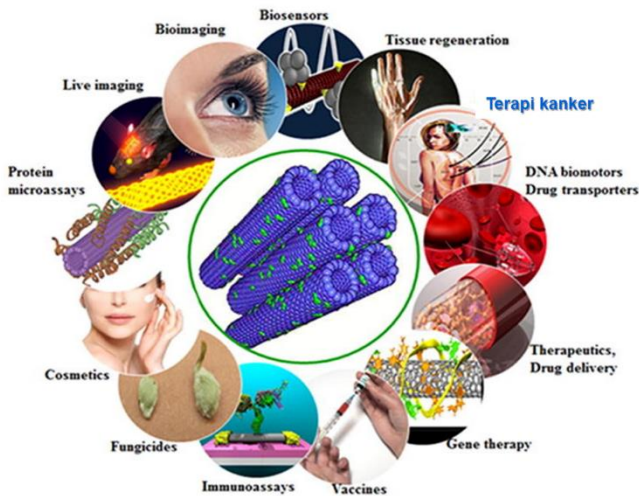
1. Bahan Struktural: carbon fiber digunakan sebagai bahan pengisi dalam pembuatan material komposit, memberikan kekuatan dan ketahanan tinggi, dan membuat material lebih ringan dibandingkan dengan bahan tradisional seperti logam.
2. Bahan Konduktif: CNT dan *graphene* digunakan sebagai bahan konduktif dalam material komposit, membuat material lebih baik dalam mengalirkan listrik dan memiliki sifat elektronik yang unik.
3. Bahan Anti-Interferensi: karbon memiliki sifat elektromagnetik yang unik dan dapat digunakan untuk membuat material komposit yang memiliki sifat anti-interferensi, membantu mengurangi interferensi elektromagnetik dan memperkuat sinyal.
4. Bahan Peredam: carbon fiber dapat digunakan sebagai bahan peredam dalam material komposit, membantu mengurangi kebisingan dan getaran.

Dengan kombinasi sifat unik seperti kekuatan, kelincahan, dan konduktivitas, teknologi nano dan karbon memiliki potensi besar untuk membantu menciptakan material komposit yang lebih baik dan lebih efisien untuk berbagai aplikasi industri.

Aplikasi di Bidang Kesehatan

Aplikasi CNT di bidang kesehatan dapat dilihat pada Gambar 14. Salah satu aplikasi CNT di bidang kesehatan adalah sebagai penghantar obat kanker.

Pendekatan *nanomedicine* menggunakan CNT dikembangkan untuk menangani kelemahan pengobatan kanker eksisting. CNT berpotensi memiliki tingkat *targeting* obat yang tinggi tanpa bereaksi dengan sel-sel sehat lainnya. Dengan luas permukaannya yang besar, CNT juga memiliki kapasitas *loading* obat kanker yang tinggi (15).



Gambar 14. Aplikasi CNT di Bidang Kesehatan (15)

Namun demikian, CNT murni atau *pristine* masih bersifat hidrofobik (tidak suka dengan air) dan mengandung pengotor karbon dan partikel katalis logam yang bersifat toksik, sehingga CNT masih belum memenuhi syarat sebagai SPO. Untuk menangani masalah tersebut, modifikasi (fungsionalisasi) CNT perlu dilakukan untuk memunculkan gugus fungsi hidrofilik (mudah larut dalam air) dan meminimalisir sifat toksik CNT murni. Modifikasi dapat dilakukan dengan asam (disebut fungsionalisasi kovalen) seperti H_2SO_4 dan

HNO₃ atau bukan asam seperti polimer *polystyrene sulfonate* dan *sericin* (disebut fungsionalisasi non-kovalen). Modifikasi dapat pula dilakukan 2 tahap dengan fungsionalisasi primer menggunakan asam dan fungsionalisasi sekunder menggunakan polimer seperti *polyethylene glycol* (PEG). Kombinasi fungsionalisasi ini dapat dilakukan karena sifat PEG yang memiliki kemampuan dalam mempertahankan struktur permukaan CNT sehingga dapat membantu melindungi permukaan CNT dari kecenderungan terbentuknya agregasi. Hal ini akan membantu mencegah munculnya sifat toksik dari CNT.

Secara umum, aplikasi teknologi nano dan karbon di bidang kesehatan, adalah:

1. Biomedis: CNT dan *graphene* digunakan sebagai bahan dasar untuk membuat implant medis, seperti artifisial sendi, gigi dan telinga, serta pembuatan bahan bantu medis seperti sensornya.
2. Diagnostik: karbon memiliki sifat elektronik yang unik dan dapat digunakan untuk membuat biosensor yang sensitif dan akurat untuk mendeteksi penyakit dan zat berbahaya.
3. Terapi: CNT dan *graphene* dapat digunakan untuk membuat sistem pengiriman obat yang lebih efektif dan tepat sasaran, membantu mengurangi efek samping dan meningkatkan efek terapeutik.
4. Penelitian: nanomaterial digunakan dalam penelitian biologi dan medis untuk mempelajari struktur dan fungsi sel dan jaringan, serta membantu menemukan solusi untuk masalah kesehatan.

Teknologi nano dan karbon memiliki potensi besar untuk membantu mengatasi masalah kesehatan dan menjadi solusi inovatif dalam bidang kesehatan.

Penutup

Teknologi nano dan karbon memiliki prospek yang sangat cerah karena memiliki banyak aplikasi dalam berbagai bidang. Teknologi nano menawarkan solusi inovatif untuk masalah yang berhubungan dengan ukuran, seperti pembuatan material yang lebih kuat dan tahan lama, serta perbaikan dalam medis dan farmasi. Teknologi karbon memiliki potensi besar untuk membantu meningkatkan kualitas dan efektivitas perawatan kesehatan dan memberikan solusi inovatif untuk masalah kesehatan global. Kedua teknologi ini memiliki potensi besar untuk membantu memecahkan masalah global dan membuat kemajuan dalam berbagai bidang. Oleh karena itu, prospek untuk investasi dan penelitian lebih lanjut sangat baik dilakukan. Kolaborasi lintas bidang ilmu akan meningkatkan daya guna dan hasil guna penelitian

Daftar pustaka

1. Onyancha RB, Ukhurebor KE, Aigbe UO, Osibote OA, Kusuma HS, Darmokoesoemo H. Review Article: A Methodical Review on Carbon-Based Nanomaterials in Energy-Related Applications, *Hindawi Adsorption Science & Technology* Volume 2022, Article ID 4438286. :1-21. Available from: <https://doi.org/10.1155/2022/4438286>.
2. Rao CNR, Satishkumar BC, Govindaraj A, Nath M. Nanotubes. *ChemPhysChem*. 2001 Feb 16;2(2):78-105.
3. Yardley J. The Discovery of Buckminsterfullerene, the Fullerenes and Their Potential Applications. 1997 [cited 2008 Sep 15]; Available from: <http://endor.hsutx.edu/~chemist/FullerLecture/fuller.htm>
4. Hill JW, Petrucci RH. *General chemistry: An integrated approach*. 3rd ed. Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall; 2022.
5. Ashok J, Subrahmanyam M, Venugopal A. Development of methane decomposition catalysts for CO_x free hydrogen. *Catalysis Surveys from Asia* [Internet]. 2008 Sep 3;12(3):229-37. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10563-008-9054-4>
6. Ermakova MA, Ermakov DY. Ni/SiO₂ and Fe/SiO₂ catalysts for

- production of hydrogen and filamentous carbon via methane decomposition. *Catal Today*. 2002 Dec 15;77(3):225–35.
7. Yu W, Xiang-Gui N, Xiu-Xi W, Heng-An W. Effect of temperature on deformation of carbon nanotube under compression. *Chinese Physics*. 2003 Sep;12(9):1007–10.
 8. Zaytseva O, Neumann G. Carbon nanomaterials: production, impact on plant development, agricultural and environmental applications. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2016 Dec 19;3(1):17.
 9. P.D.K Wulan P, Muharam Y, Purwanto WW. Kinetics Study on Catalytic Decomposition of Methane using Parallel Flat Plate Structured Catalyst Reactor [Internet]. *Research India Publications*. 2010. p. 231–41. Available from: https://www.researchgate.net/publication/282973698_Kinetics_Study_on_Catalytic_Decomposition_of_Methane_using_Parallel_Flat_Plate_Structured_Catalyst_Reactor
 10. Williams PT. Hydrogen and Carbon Nanotubes from Pyrolysis-Catalysis of Waste Plastics: A Review. *Waste Biomass Valorization*. 2021 Jan 2;12(1):1–28.
 11. P.D.K. Wulan P, Wijardono SB. Finding an Optimum Period of Oxidative Heat Treatment on SS 316 Catalyst for Nanocarbon Production from LDPE Plastic Waste. *Int J Adv Sci Eng Inf Technol*. 2017 Apr 18;7(2):552.
 12. Janas D. From Bio to Nano: A Review of Sustainable Methods of Synthesis of Carbon Nanotubes. *Sustainability*. 2020 May 18;12(10):4115.
 13. Mohd Nurazzi N, Asyraf MRM, Khalina A, Abdullah N, Sabaruddin FA, Kamarudin SH, et al. Fabrication, Functionalization, and Application of Carbon Nanotube-Reinforced Polymer Composite: An Overview. *Polymers (Basel)*. 2021 Mar 26;13(7):1047.
 14. P.D.K Wulan P, Yolanda Y. Mechanical Properties Improvement Of Oil Palm Empty Fruit Bunches Composite By Hybridization Using Ramie Fiber On Epoxy-CNT Matrix. *Science And Engineering Of Composite Materials*. 2022;(Under Review).
 15. Merum S, Veluru JB, Seeram R. Functionalized carbon nanotubes in bio-world: Applications, limitations and future directions. *Materials Science and Engineering: B*. 2017 Sep;223:43–63.

Ucapan Terima Kasih

Para hadirin sekalian yang saya muliakan, perkenankanlah saya memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala karunia, nikmat, serta rizki-Nya kepada kami sekeluarga.

Pada kesempatan yang baik ini, saya pun mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung saya mencapai jabatan fungsional akademik tertinggi di Universitas Indonesia:

- Pemerintah Republik Indonesia, melalui Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Nadiem Anwar Makarim, B.A., M.B.A., yang telah menetapkan dan mengangkat saya sebagai Guru Besar di Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Rektor Universitas Indonesia Prof. Ari Kuncoro, SE, MA, PhD, para Wakil Rektor, Sekretaris Universitas, para Direktur, serta Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia yang telah mengusulkan pengangkatan saya sebagai Guru Besar Tetap di Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Rektor Universitas Indonesia periode 2014-2019 Prof. Muhammad Anis yang senantiasa memberikan dorongan dan dukungannya di setiap kesempatan.
- Ketua Dewan Guru Besar Universitas Indonesia Prof. Harkristuti Harkrisnowo dan seluruh Anggota Dewan Guru Besar Universitas Indonesia, Ketua Tim PAK Universitas Indonesia Prof. Heru Suhartanto dan seluruh anggota Tim PAK Universitas Indonesia yang telah mengusulkan hingga menyetujui pengukuhan saya pada hari ini dan telah menerima saya dalam lingkungan akademik yang terhormat ini.
- Prof. Dr.-Ing. Amalia Suzianti, ST, MSc Direktur Sumber Daya Manusia Universitas Indonesia dan seluruh kasubdit, kepala seksi serta staff di Direktorat Sumber Daya Manusia Universitas Indonesia, terima kasih atas kesabaran dan ketangguhan timnya

dalam membantu pengusulan guru besar kami dengan Sistem Baru di Dikti hingga kami bisa berdiri di mimbar ini.

- Ketua dan Sekretaris Senat Akademik Universitas Indonesia Prof. Nachrowi Djalal Nachrowi dan Prof. Yudho Giri Sucahyo, S.Kom., M.Kom., Ph.D serta seluruh anggota Senat Akademik Universitas Indonesia yang telah menyetujui dan merekomendasikan saya untuk menjadi Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Terima kasih Ketua dan Sekretaris Komisi 3 Senat Akademik Universitas Indonesia (SAUI) Periode 2019-2024 Prof. Dr. A. Harsono M.Sc. dan Prof. Dr. Rr. Tutik S Hariyati yang dilanjutkan oleh Prof. Dr.-Ing. Ir. Kalamullah Ramli, M.Eng. dan Prof. Omas Bulan Samosir, Ph.D serta Tim Panja SDM serta Tim Panja Kerja sama dan Hubungan Alumni atas pembelajaran, kegyuban dan kekeluargaan yang luar biasa dalam menjalankan fungsinya, semoga terpelihara silaturahmi kita. Teruntuk, Prof. Dr. Anna Erliyana, S.H., M.H., Prof.Dr. Frieda Maryam Mangunsong Siahaan, M.Ed., Prof. Dr. Ali Nina Liche Seniati, M.Si., Prof. Dr. Amy Yayuk Sri Rahayu, M.Si, Prof. drg. Dewi Fatma Suniarti, M.S., Ph.D., Prof. dr. Meiwita P. Budiharsana, MPA, Ph.D, terima kasih untuk semangat dan motivasi yang tak pernah putus bagi semua anggota komisi 3 yang belum guru besar. Dr. Drs. R. Yugo Kartono Isal, M.Sc. dan Dr. dra. Dwi Anita Suryandari, M.Biomed tetap semangat untuk menggapai jabatan akademik tertinggi sebagai dosen di UI. Khususon Prof. dr. Ponco Birowo, SpU (K), PhD sebagai Ketua Panja Kerja sama dari awal kita menjadi anggota SAUI hingga pak dokter diangkat menjadi guru besar, terima kasih kebersamaannya. Anggota Komisi 3 yang saat ini menjadi anggota Komisi 2, Dr. Telisa Aulia Falianty, S.E., M.E. apapun hambatan yang dihadapi tetaplah semangat untuk pengusulan guru besarnya, semoga dimudahkan dan dilancarkan semua urusannya. Aamiin.

- Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia Periode 2022-2026 Prof. Dr. Heri Hermansyah, MEng, Wakil Dekan Bidang Pendidikan, Penelitian dan Kemahasiswaan Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Eng., M.Sc dan Wakil Dekan Bidang Sumber Daya, Ventura dan Administrasi Umum Prof. Ir. Mahmud Sudibandriyo, M.Sc., Ph.D. yang tak bosan-bosannya mendorong dan membantu pemenuhan persyaratan kami untuk memenuhi prasyarat menjadi Guru Besar di Tingkat Dikti sehingga pengukuhan guru besar ini dapat terlaksana.
- Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia Periode 2017-2021, Dr. Hendri D.S. Budiono, Wakil Dekan Bidang Pendidikan Prof. Dr. Muhammad Asvial dan Wakil Dekan Bidang Sumber Daya, Ventura, dan Administrasi Umum Prof. Nandy Putra, Manajer SDM serta Administrasi Umum FTUI, Jos Istiyanto, PhD dan tim, yang memulai secara rutin melakukan monitoring dan evaluasi dosen-dosen yang memiliki potensi dari Lektor Kepala menjadi Guru Besar.
- Manajer Sumber Daya Manusia dan Fasilitas FTUI, Dr. Ajib Setyo Arifin, S.T., M.T., Mbak Amida, Mbak Tikka dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknik UI khususnya bidang SDM yang dengan sabar, tabah dan telaten dalam membantu proses pengusulan guru besar saya hingga tahap saya berdiri di mimbar kehormatan pada hari ini.
- Ketua Dewan Guru Besar FTUI Prof. Ir. Yulianto Sulisty Nugroho, M.Sc., Ph.D dan seluruh anggota Dewan Guru Besar FTUI, yang telah menyetujui, mendukung dan memproses lebih lanjut pengusulan guru besar saya.
- Ketua Senat Akademik FTUI Prof. Kemas Ridwan Kurniawan, ST., M.Sc., Ph.D serta seluruh anggota Senat Akademik FTUI Periode 2019-2024, yang telah mendukung dan menyetujui proses Guru Besar hingga bisa lolos di tingkat selanjutnya.

- Ketua dan Sekretaris Senat Akademik FTUI periode 2015-2019 Prof. Djoko M. Hartono dan Prof. Dr. Fitri Yuli Zulkifli, S.T., M.Sc., IPM serta seluruh anggota Senat Akademik FTUI atas kerja sama yang luar biasa dan memberi kesempatan studi banding ke berbagai perguruan tinggi di Indonesia.
- Tim reviewer usulan guru besar saya, Prof. Dr. Ir. Setijo Bismo, DEA. dan Prof. Dr. Ing. Ir. Misri Gozan, M.Tech. IPU. dari Departemen Teknik Kimia FTUI, serta Prof. Dr. rer. nat. Heru Susanto, ST, MM, MT dari Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk mereview karya-karya ilmiah saya.
- Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI Periode 2022-2026 Dr. Bambang Heru Susanto, S.T., M.T dan Sekretaris Departemen Teknik Kimia Dr. Dianursanti, ST. MT yang dengan setia mendukung dan membantu keperluan kelanjutan proses pengusulan hingga pengukuhan guru besar hari ini.
- Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI Periode 2017-2022 Prof. Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng. dan Sekretaris Departemen Teknik Kimia FTUI Dr. Bambang Heru Susanto, S.T., M.T yang telah mendukung dan membantu proses awal pengusulan guru besar saya.
- Seluruh dosen di Grup Riset Teknologi Energi Berkelanjutan Departemen Teknik Kimia FTUI: Prof. Widodo Wahyu Purwanto, Prof. Mahmud Sudibandriyo, Prof. Asep Handaya Saputra, Prof. Dijan Supramono, Caprof. Abdul Wahid, Caprof. Andy Noorsaman Sommeng, Caprof. Yuswan Muharam, Riezqa Andika PhD, Rahma Muthia PhD, Habiburrahman Ph.D., Cindy Dianita, ST. MEng (yang akan segera mendapatkan gelar doktor di Semester Genap 2022-2023 ini), *Doctor Candidate* Ahmad Syauqi, ST. M.T, yang telah membidani usulan guru besar saya ini.

- Prof. Slamet, Prof. Mahmud Sudibandriyo dan Prof. Widodo Wahyu Purwanto, terima kasih untuk kesempatan yang diberikan kepada saya menjadi Ko-Promotor pada program S3 Program Studi Teknik Kimia UI. Terima kasih, Prof. M. Nasikin, Prof. Misri Gozan, Prof. Setijo Bismo yang telah memberikan kesempatan pada saya untuk menguji mahasiswa S3-nya sehingga bisa menjadi penunjang dalam pengusulan guru besar ini.
- Seluruh Guru Besar di lingkungan Departemen Teknik Kimia FTUI: Prof. Roekmijati, Prof. Nasikin, Prof. Widodo, Prof. Bismo, Prof. Slamet, Prof. Sutrasno, Prof. Nelson, Prof. Misri, Prof. Mahmud, Prof. Heri H, Prof. Asep, Prof. Kamarza yang selalu mendorong saya untuk segera menjadi guru besar. Teruntuk sohib tercinta, Prof. Anondho Wijanarko (Alm) hanya doa yang kami panjatkan supaya dirimu dikumpulkan bersama orang-orang sholeh di Jannah-Nya, Aamiin YRA.
- Seluruh dosen di lingkungan Departemen Teknik Kimia FTUI yang telah bekerjasama, baik dalam pengajaran, penelitian dan juga pengabdian masyarakat sehingga semua karya tersebut menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam proses pengajuan Guru Besar saya. Terima kasih untuk perhatian, kebaikan, dan persaudaraannya yang menjadikan suasana akademik kondusif untuk melaksanakan tridharma perguruan tinggi.
- Ibu-ibu dosen tangguh yang pantang mundur dan menyerah serta baik hati, Bu Roekmijati W.S., Bu Atastina Sri Basuki, dan Bu Tilani yang mengembangkan Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia saat kami, dosen muda, masih dalam tuntunan dan bimbinganmu serta berjuang untuk melanjutkan studi. Semoga Allah SWT mencatat semuanya sebagai ladang amal ibu semua, Aamiin.
- Seluruh dosen yang telah berjuang bersama secara konsisten dalam menerapkan metode pembelajaran PBL di Departemen Teknik Kimia UI, Dr. Dianursanti, Dr. Eva Karamah, Rita Arbianti, MSi, Dr. Tania Utami, Cadok Cindy Dianita, MEng. Khususon guru

dan kolega kami, Prof. Kamarza dan Elsa Krisanti, PhD, serta guru kami di Fasilkom Prof. Dr. Dra. Kasiyah, M.Sc. yang membuka wacana berpikir kami dan tak bosan mendorong penerapan PBL serta berupaya menjadikan proses tersebut untuk dipublikasikan.

- Prof. Kamarza, partner dosen yang sudah mendidik dan membimbing untuk bersama-sama mengampu mata ajar Termodinamika dari kuliah ceramah hingga tak bisa pindah ke lain hati dari PBL.
- Selamat dan semoga dilancarkan proses pengukuhanannya untuk dosen dan kolegaku Prof. Dr. Ir. Dijan Supramono, M.Sc. Rekan dosen yang menjelang menjadi Guru Besar: Dr. Dewi Tristantini, Dr. Andy Sommeng, Dr. Abdul Wahid, Dr. Rer-nat. Yuswan Muharam, segera menyusul setelahnya: Dr. Bambang Heru, Dr. Eva Karamah, Dr. Dianursanti, Dr. Tania Surya Utami, Dr. Yuliusman, Dr. Sahlan, Dr. Eny Kusriani serta yang tetap diharapkan semangat menjadi guru besar: dosen dan kolega kami Dr. Setiadi dan Dr. Sukirno. Semoga dilancarkan semua urusan dan usahanya, Aamiin
- Seluruh tenaga kependidikan di lingkungan Departemen Teknik Kimia FTUI, Fenty Fauziah (semoga sukses di tempat yang baru), Deva Alifah dan Dinny Ratnasari yang dengan kesabaran tingkat dewa telah membantu melengkapi berbagai dokumen pengajuan guru besar saya. Mbak Ita Repelita, Hagi Fikinera, Novi Widya, Reni Warni, Dini Kista Rianti, Pak Masturo, Fadly Syahril Pasha, Eko Anjang, Ikhwanul Muslimin, Taufik Ahmad, Mas Wanizal, Kang Jajat Sudrajat, Albi Wiladatika, so pasti Mas Mugni dan Mas Sriyono serta Mas Rinan, Mas Endang, Pak Endang dan Mas Yoga yang selalu siap sedia dan siaga membantu aktivitas penelitian di laboratorium, hal-hal teknis dan non teknis serta administrasi pendidikan dan laboratorium.
- Tim solid Unit Pelayanan Masyarakat (UPPM) Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia sebagai unit ventura

dibawah koordinasi DTK-FTUI dengan Direktur Riezqa Andika, S.T., Ph.D.; Manajer Proyek Khususul Khatimah, Manajer Pelatihan Najma Badri, Urusan Administrasi Keuangan: Eka Prasdika Putra dan Fauzan serta Miranda Hasanah, S.T. (partner berjibaku di awal saya terlibat UPPM), terima kasih atas kesempatan yang diberikan pada saya untuk mengaplikasikan dan memperdalam ilmu teknik kimia serta dukungannya hingga terlaksana pengukuhan ini.

- Khususon Dr. Bambang Heru S, Dr. Tania Surya Utami, Dr. Dianursanti, Dr. Eva Fathul Karamah, Ita Repelita SPd, Reni Warni, Fadly dan tim yang selalu sabar membantu proses kelancaran pengukuhan ini mulai dari pengumpulan bahan mentah video hingga pemberian ucapannya dan masukan untuk buku pidato ini. Serta Sohib Dosen Cantik lainnya yang tak pernah putus memberi semangat (Rita yang akan segera menyajikan makanan rasa promosi, Cindy yang akan segera menjadi doktor, Dik April selamat atas kelahiran bayi cantiknya), Bu Elsa, Bu Dewi, Bu Eny, Dik Muthia, Dik Eno, Dik Kanya, Dik Intan, Dik Fatimah yang tak pernah lepas menularkan senyum dan keceriaannya.
- Prof. Joko Hartanto, Prof. Misri serta Pak Basari sebagai bidan dari *Research Center for Biomedical Engineering (RCBE)* UI serta Dr. Yudan Whulanza, S.T., MSc, Ghiska Ramahdita, S.T., M.T., M.Sc. (semoga segera memperoleh Gelar PhD) dan Mbak Intan yang bersama menyelenggarakan *International Symposium on Biomedical Engineering* di awal berdirinya RCBE serta seluruh dosen yang terlibat dan mengembangkan RCBE hingga menjadi jaya dan gaya seperti saat ini.
- Rekan dosen teman saat menikmati makan siang bersama di Kantin Dosen FT, terutama Prof. Benyamin, Prof. Johnny Wahyuadi, Bu Erlinda Muslim, MSc yang selalu mengingatkan dan mengikuti proses saya dari awal pengusulan hingga turunnya SK.

- Prof. Slamet dari DTK UI dan Prof. Boy Bahtiar dari FKG UI yang kolaborasi risetnya menjadi bahan-bahan pelengkap yang dapat saya ajukan untuk memenuhi persyaratan Guru Besar.
- Seluruh mahasiswa bimbingan tingkat doktoral Dr. Pugh Setyoprato, Dr. Desi Heltina dan Cadok Novi Muharam; mahasiswa bimbingan tingkat magister diantaranya M. Syafaat, M.T., Frans Namara M.T., Irfina, M.T., Joko Prastowo, M.T., Yogi Yolanda, M.T., Yavi Ashraf, M.T.; mahasiswa bimbingan tingkat sarjana yang mohon maaf tidak saya sebut satu persatu. Terima kasih untuk dedikasi dan keteguhannya selama menjadi bimbingan saya. Semoga kalian semua sukses berkontribusi di bidangnya masing-masing
- Pimpinan DRPM UI beserta jajarannya atas segala bantuan yang diberikan khususnya dalam melaksanakan program-program penelitian yang pendanaannya berasal dari Universitas Indonesia maupun dari DIKTI.
- Para Guru SD Yapenka Cipete Selatan, SMP Negeri 68 Cipete Jakarta Selatan, dan SMA Negeri 34 Pondok Labu Jakarta Selatan untuk kesabarannya menyampaikan ilmu dan membuka wawasan serta budi baiknya yang tidak mungkin saya balas.
- Semua dosen saya di Jurusan/Departemen Teknik Gas dan Petrokimia serta Teknik Kimia FTUI, khususnya Dipl-Ing. RW Afiat (Alm) sebagai pembimbing skripsi, Prof. Dr.Ir. Subagio dari Teknik Kimia ITB dan Prof. Kamarza Mulia sebagai pembimbing Tesis; Prof. Widodo Wahyu Purwanto dan Dr. rer-nat. Ir. Yuswan Muharam, M.T. sebagai promotor dan ko-promotor yang telah memberi kesempatan untuk menjalani studi dan mendorong untuk bereksplorasi serta berpikir kritis dan analitis.
- Teman-teman alumni SD Geng DPurple 80, SMP 68, SMA 34 (Ai Made, Yanti, Meilina, Nina, Nuning, Babang Sahat, Kipong, Rudi Suangkupon, Setyarini, Dundin, Mprit Setyaningsih, Boy Satria,

Epoey, Dian Setyawati, Bang Haji Aci), Sohib Sera 86 yang persaudaraannya masih terjaga hingga kini serta Sera gals, My Best Friend Forever: Indy, Chipy, Ani, Lily, Maya, Budi. Teman-teman di Perumahan Taman Puspa khususnya Blok C (Mbak Rini, Mbak Anthi, Fia, Beby, Bu Ambo, Teh Elin, Dita, Fina, Mbak Retno, serta Nuke dan Mbak Odah yang meski sudah tidak di Blok C tapi tetap di hati) terima kasih persahabatan dan dukungannya. Dengan mengangkat kedua tangan, Al Fatihah untuk Mbak Nanies (Alm), ibu kami di TP Bu Andono (Alm) yang biasa kami panggil, Mbah Ti, serta Mbak Reni (Alm) dan Pak Ambo (Alm), Semoga Allah SWT mengumpulkan kalian semua bersama para kekasih Allah di Jannah-Nya. Aamiin YRA

- Terima kasih saya sampaikan untuk kakak, adik serta kakak ipar tercinta: Mas Yudho, Teh Iceu, Mbak Widya, Mas Toto, atas curahan kasih sayang dan doa yang tak pernah putus. Semoga kalian senantiasa berada dalam curahan kasih sayang Allah SWT. Untuk adikku tercinta M. Wisnu Damarjaya Pratikto Yudho Bin Soegijono Pratikto (Alm), semoga Allah SWT memberikan tempat mulia dan terpuji di Jannah-Nya. Aamiin
- Kakak dan adik ipar yang selalu kompak: Mbak Yus, Mas Anto, Oso, Sri, Taufik dan Dian, terima kasih kebersamaannya, semoga semakin erat dan kuat tali persaudaraan kita karena Allah SWT. Aamiin
- Keponakan dan cucu keponakan tersayang: Mas Bintang dan Kak Indri serta Pelangi, Hana, Farhan dan Sarah, Mas Ais, Mbak Aul serta Sahla dan Ghazi, Mas Ocan, Mbak Rana serta Rami, Izza dan Mas Yana juga Alika dan Aqila. Khususon ponakan kesayangan, Raihan Rasyid, terima kasih dukungan dan jerih payah melengkapi video; Semoga kesehatan, kesuksesan dan kebahagiaan dunia akhirat bersama kalian semua. Aamiin

- Seluruh saudara keluarga besar Aki Sastra Prawira, Mbah Sumodiharjo, Sedulure Dewek, Bani Jamhuri dan Hadi Suwiryo Community terima kasih untuk dukungan dan perhatiannya.
- *My husband, friend, and discussion partner*, Mas Makmur Solahudin, terima kasih atas kebersamaan dan dukungannya dalam mengarungi pembelajaran sepanjang hayat tentang lika-liku, pasang surut kehidupan, kesabaran dan keikhlasan yang bersama kita jalani untuk selalu bergandengan tangan dalam meraih rumah tangga Sakinah Mawaddah wa Rahmah Rahmatan Lil 'Alamiin.
- Untuk anak-anakku: Alqiz, Alkindi, Avi dan mantuku: Hesti, ibu berpesan, bersungguh-sungguhlah dalam melakukan sesuatu sehingga kita akan mencapai hasil yang maksimal, proses tidak akan pernah mengkhianati hasil. Semoga Allah SWT melindungi dan membimbing kalian dalam setiap langkah dan aktivitas. Aamiin Yaa Mujibassailiin.
- Teruntuk cucuku, Alisa Aprilita, penambah semangat Nilan. Tak putus doa Ni' panjatkan semoga Alisa sayang menjadi anak sholehah, berakhlak mulia, senantiasa terjaga iman dan islam-mu, cerdas, tangguh serta sesuai nama-mu akan menjadi putri jelita yang lahir di Bulan April. Aamiin
- Terima kasih tak terhingga atas kasih sayang yang diberikan dan doa dari hati yang paling dalam bagi kedua orang tua saya, Bapak Soegijono (Alm) dan ibu Tin Kartini (Almh) yang setelah saya menikah biasa dipanggil Bapak-Ibu Cipete dan setelah memiliki anak menjadi Mbah Akung dan Mbah UtI. Kalian lah pelita di kegelapan hidupku, cahaya yang selalu menerangi jalanku semangat yang membuatku kuat untuk terus melangkah menghadapi semua hambatan. Juga Mertua saya, Bapak Said Jamhuri (Alm) dan Ibu Siti Zubaedah (Almh) yang biasa kami panggil Bapak- Ibu Ciputat dan terbiasa menjadi Eyang Akung dan Eyang UtI setelah kami memiliki anak, terima kasih atas dorongan

dan dukungan yang diberikan untukku hingga bisa berdiri di podium terhormat ini. Khususon mohon maaf untuk ibu Ciputat yang saat SK Guru Besar terbit di 22 Desember 2022 dengan penuh semangat akan hadir di pengukuhan ini, ternyata Allah SWT lebih sayang pada ibu sehingga memanggilnya pada 15 Januari 2023. Dengan mengangkat kedua tangan ke Haribaan Illahi, teriring doa yang kupanjatkan untuk ibu dan bapak berempat: Ya Allah, ampunilah kami dan kedua orang tua kami. Sayangilah mereka sebagaimana mereka menyayangi kami di waktu kecil. Semoga Bapak dan Ibu akan berkumpul di Jannah-Nya. Aamiin YRA. Ibu dan Bapak Cipete serta Ibu dan Bapak Ciputat, this professorship is dedicated to you.

Akhirnya sebelum saya menutup pidato ini, izinkan saya ucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada kolega, sahabat, kerabat, teman dan para hadirin yang hadir di ruangan ini guna mengikuti upacara pengukuhan kami. Mohon maaf yang sebesar-besarnya, jika namanya tidak saya sebutkan satu persatu. Saya minta maaf bila ada kekeliruan dan kekhilafan dalam pidato pengukuhan ini. Semoga Allah SWT membalas budi baik Bapak dan Ibu sekalian dengan balasan yang lebih baik lagi. Barakallahufikum.

***Wabillahi taufiq wal hidayah,
Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh***

Daftar Riwayat Hidup



Nama Lengkap : Praswasti Pembangun Dyah Kencana Wulan
NIP/NUP : 196805061992032001
Pangkat/Golongan: Pembina Tingkat I / IVb
Jabatan : Guru Besar
Tempat/Tanggal lahir : Jakarta, 6 Mei 1968
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Nama Suami : Dr. Ir. Makmur Solahudin, M.Eng, IPM
Nama Anak : 1. Alqiz Lukman, S.Hum, M.A.
2. Alkindi Hakim, S.Sos
3. Avicenna Inovasanti, S.KL
Nama Menantu : Hesti Aprianti, S.Kel.
Nama Cucu : Alisa Aprilita
Orang Tua : Ibu Tintin Kartini Binti Sastraprawira
Bapak Soegijono Pratikto Gendromaruto Bin
Soemodiharjo

Pendidikan Formal:

Tahun	Keterangan
1974-1980	SD Yapenka Cipete Jakarta Selatan
1980-1983	SMPN 68 Cipete Jakarta Selatan
1983-1986	SMAN 34 Pondok Labu Jakarta Selatan
1986-1991	S1 Teknik Gas dan Petrokimia FTUI
1994-1996	S2 Kekhususan Teknik Gas Bidang Ilmu Teknik Metalurgi, PPSBIT-FTUI
2008-2011	S3 Program Studi Teknik Kimia Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Pendidikan Non Formal (2015-2023):

Tahun	Keterangan
2015 -2023	Pelatihan dan Penyegaran Fasilitator MPKT
2015	Workshop Pabrik Pendidikan Terpadu Biodiesel di Lingkungan Kampus UI Depok
2020	Pelatihan Kelas Online Moodle
2021	Pelatihan Pembelajaran Jarak Jauh dan E-Learning
2022	Pelatihan Massive Open Online Courses (MOOCs)

Riwayat Pekerjaan/Jabatan (2015-2022):

Tahun	Keterangan
1991-sekarang	Staf pengajar Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia/Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia (TGP/TK-FTUI).
2018-2024	Kepala Laboratorium Energi Berkelanjutan dan Teknik Proses DTK.
2022-2026	Head of Research Group Thermochemical Processes.
2019-2024	Anggota Senat Universitas Indonesia.
2017-2019	Tim Penyusun Standar Industri Hijau Kemenperin Republik Indonesia.
2016-2019	Tim Reviewer PKMP Direktorat Penalaran UI.
2015-2019	Anggota Senat Fakultas Teknik UI.

Penghargaan (2015-2022):

Tahun	Keterangan
2021	Satyalancana 25 Tahun dari FTUI
2018	Peningkatan Nilai Edom Terbaik Tahun Ajaran 2017/2018
2016	Satyalancana Karya Satya XX
2016	The Highest Number of Course Marking Parameters Even Semester 2015/2016 Course: Fluid Mechanics and Particles
2015	Best Paper Award 7th International Conference on Thermofluids and 3rd Aun-Seed/Net Regional Conference On Energy Engineering, Universitas Gajah Mada
2015	Teaching Excellence Award, Faculty of Engineering Universitas Indonesia

Riwayat Mengajar:

- Program Sarjana : Termodinamika Teknik Kimia, Teknik Reaksi Kimia 1, Mata Kuliah Pengembangan Kepribadian Terintegrasi (MPKT), Manajemen Proyek Industri, Mekanika Fluida dalam Bioproses, Peristiwa Perpindahan, Kimia Dasar, Termodinamika Terapan, Chemical Reaction Engineering 2.
- Program Pascasarjana : Termodinamika Teknik Kimia Lanjut, Metodologi Penelitian, MK Kekhususan S3

Buku:

Digitalisasi Depok Lama: Sejarah, Peristiwa dan Tinggalan Materinya, Praswasti PDK Wulan, Alqiz Lukman, Danang Aryo Nugroho, Muhammad Jazmi, Ide Nada Imandiharja, Khaesyar Nisfhan Akbar R, Fathya Afifah, dan Muhammad Sabiq Danurrahman, Desember 2018, Leutikaprio Press, Yogyakarta, 76 halaman, ISBN 978-602-371-657-9

Paten:

Reaktor CVD (Chemical Vapor Deposition) Untuk Produksi Nanotube Karbon Tegak Lurus, nomor permohonan paten P00201417224

Riwayat Jabatan:

Jabatan	Mulai Jabatan	Masa Jabatan
Pengajar	1 Mar 1992	8 tahun 10 bulan
Asisten Ahli	1 Jan 2001	3 tahun 4 bulan
Lektor	1 Mei 2004	3 tahun 2 bulan
Lektor Kepala (kum 400)	1 Juli 2007	6 tahun 3 bulan
Lektor Kepala (kum 670)	1 Okt 2013	9 tahun 2 bulan
Guru Besar (kum 922)	1 Des 2022	0 tahun 2 bulan

Reviewer Jurnal:

1. Composites Part B: Engineering, Elsevier.
2. Diamond & Related Materials, Elsevier.
3. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Elsevier.
4. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, Iranian Institute of Research and Development in Chemical Industries.
5. Energy Engineering, Tech Science Press.

Instruktur dan Tenaga Ahli (2015-2022):

1. Tim Penyusunan TOR FEED Ethanol Plant, Pelatihan Plant Design dan Simulasi Proses Kimia serta Pendampingan, PI-NVBD-PIMR Pertamina Tahun 2015.
2. Tenaga Ahli Penyusunan DEDC Biodiesel, Kemenristekdikti, 2016.

3. Jasa Konsultansi Penyusunan Dokumen FS Dan Bid Doc Pengadaan Pengadaan Infrastruktur LNG Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Di Bangka, Belitung, Pontianak, Dan Nias, PT PLN (Persero), 2016.
4. Tim Penyusunan Standar Industri Hijau Untuk Industri Hilir Kelapa Sawit Untuk Pangan, Industri Perlengkapan Rumah Tangga Dari Keramik, Industri Batik, Industri Kertas Budaya, Industri Biskuit, industri Ubin Kemenperin (2017-2019).
5. Instruktur Pelatihan Manajemen Proyek Industri, PT Pos Energi Indonesia, 2018.
6. Pembimbing Program Kreativitas Mahasiswa (Pimnas) Tahun 2020 dengan Sertifikat Nomor: 27/E2/KM/2020.
7. Tenaga Ahli Kajian Kebutuhan Jenis BBM Tertentu untuk Konsumen Transportasi, BPH MIGAS dengan SK Dekan No. 650 Tahun 2020 tgl 12 Agustus 2020.
8. Tenaga Ahli Kajian Pengaturan penyalur JBT dan JBKP di seluruh Wilayah 3T, BPH MIGAS dengan SK Dekan No. 722 Tahun 2021.
9. Tenaga Ahli Kajian Infrastruktur Gasoline Methanol Etanol , PT Pertamina (Persero) dengan Surat Tugas Nomor : ST 002/UN2.F4.DTK/UPPM/X/2022.

Pengalaman Riset (2015-2022):

1. Daur Ulang Limbah Plastik Menjadi Carbon Nanotubes Sebagai Alternatif Teknologi Hijau Dalam Mengatasi Masalah Lingkungan, Hibah PUPT Riset Multidisiplin UI 2015 – 2016.
2. Modifikasi Carbon Nanotube Sebagai Material Alternatif Sistem Penghantaran Obat Baru Untuk Terapi Anti Kanker, Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi 2017-2019.
3. Aplikasi Teknologi Oxidative Heat Treatment Pada Stainless Steel (SS) Sebagai Substrat Katalitik Efektif Media Pertumbuhan Carbon Nanotube, Hibah Publikasi Internasional Terindeks Untuk Tugas Akhir Mahasiswa Universitas Indonesia (Pitta) 2018.

4. Optimasi Sintesis Carbon Nanotube Sebagai Material Adi dengan Berbagai Sumber Karbon pada Media Pertumbuhan Katalitik Stainless Steel, Hibah Publikasi Internasional Terindeks Untuk Tugas Akhir Mahasiswa Universitas Indonesia (Pitta) 2018.
5. Pengembangan Digitalisasi Dan Konsep Berwawasan Budaya Sebagai Upaya Penyelamatan Aset Bangunan Bersejarah Di Kota Depok, Hibah Pengabdian Masyarakat UI 2018.
6. Optimalisasi Produksi dan Fungsionalisasi Carbon Nanotubes sebagai Sistem Penghantar Obat, PITTA B 2019.
7. Pengembangan Sistem Produksi Carbon Nanotubes Sebagai Material Masa Depan, PITTA QQ 2019.
8. Produksi Carbon Nanotube Dan Pemanfaatannya Dengan Serat Alami Sebagai Bahan Penguat Untuk Meningkatkan Kekuatan Mekanis Komposit, PUTI Proceedings 2020.
9. Produksi Carbon Nanotube Dan Pemanfaatannya Dengan Serat Alami Sebagai Bahan Penguat Untuk Meningkatkan Kekuatan Mekanis Komposit, PUTI Saintekes 2020.
10. Modifikasi Carbon Nanotube dengan Hibridisasi Serat Alami sebagai Alternatif Bahan Penguat Matriks Komposit untuk Mengurangi Deforestasi, Hibah PUTI Pascasarjana 2022.

Pengalaman Pengabdian Masyarakat dan Penunjang (2015-2022):

1. Penyusunan TOR FEED Ethanol Plant, Pelatihan Plant Design dan Simulasi Proses Kimia serta Pendampingan, PI-NVBD-PIMR Pertamina Tahun 2015.
2. Penyusunan DEDC Biodiesel, Kemenristekdikti Tahun 2016.
3. Jasa Konsultansi Penyusunan Dokumen FS Dan Bid Doc Pengadaan Pengadaan Infrastruktur Lng Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Di Bangka, Belitung, Pontianak, Dan Nias, PT PLN (PERSERO) Tahun 2016.
4. Penyusunan Standar Industri Hijau Untuk Industri Hilir Kelapa Sawit Untuk Pangan, Industri Perlengkapan Rumah Tangga Dari Keramik, Industri Batik, Industri Kertas Budaya, Industri

- Biskuit, Pusat Industri Hijau Kemenperin Periode 2017-2019.
5. Pelatihan Manajemen Proyek Industri, PT Pos Energi Indonesia Tahun 2018.
 6. Kajian Kebutuhan Jenis BBM Tertentu untuk Konsumen Transportasi, BPH MIGAS Tahun 2020.
 7. Kajian Pengaturan penyalur JBT dan JBKP di seluruh Wilayah 3T, BPH MIGAS Tahun 2021.
 8. Kajian Infrastruktur Gasoline Methanol Etanol, PT Pertamina (Persero) Tahun 2022.

Publikasi (2015-2022)

1. Adsorption Capacity And Its Dynamic Behavior Of The Hydrogen Storage On Carbon Nanotubes (Mahmud Sudibandriyo, Praswasti PDK Wulan, Prolessara Prasadjo) International Journal Of Technology (2015) 7:1128-1136 ISSN 2086-9614.
2. Mathematical Model Controlled Potassium Chloride Release Systems From Chitosan Microspheres (Yuswan Muharam, Widodo Wahyu Purwanto, Kamarza Mulia, Praswasti PDK Wulan, Ismail Marzuki, Mubarokah N. Dewi) International Journal Of Technology (2015) 7: 1228-1237 ISSN 2086-9614.
3. Synthesis And Characterization Of Hydrogel From Cellulose Derivatives Of Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) Through Chemical Cross-Linking Method By Using Citric Acid (A. H.Saputra, M. Hapsari, A. B. Pitaloka, P. P. D. K. Wulan) Journal Of Engineering Science And Technology Special Issue On Somche 2014 & RSCE 2014 Conference, January (2015) 75 – 86.
4. Synthesis And Characterization Of Titania Nanotube-Carbon Nanotube Composite For Degradation Of Phenol (Desi Heltina, Praswasti PDK Wulan, Slamet) International Journal Of Technology (2015) 7: 1137-1145 ISSN 2086-9614.
5. Synthesis Of Aligned Carbon Nanotube (ACNT) Through Catalytic Decomposition Of Methane By Water-Assisted Chemical Vapor Deposition (WA-CVD) (Praswasti PDK Wulan, Widodo Wahyu Purwanto, Mahmud Sudibandriyo)

- International Journal Of Technology (2015) 7: 1119-1127 ISSN 2086-9614.
6. Perlakuan dan Karakterisasi Carbon Nanotube (CNT) Menggunakan Asam Nitrat (HNO_3) (Desi Heltina, Praswasti PDK Wulan, Davin Philo, Slamet) Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia UNPAR (Inovasi Teknologi Proses dan Produksi Berbasis Sumber Daya Alam Indonesia) Bandung, 19 November 2015 ISSN 2477-1694.
 7. Sintesis Komposit $\text{TiO}_2/\text{CNT}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ untuk Aplikasi Fotodegradasi Limbah Industri Migas (Slamet, Praswasti PDK Wulan, Desi Heltina, Adel Fisli, Indriana Lestari, Davin Philo) Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia UNPAR (Inovasi Teknologi Proses dan Produksi Berbasis Sumber Daya Alam Indonesia) Bandung, 19 November 2015 ISSN 2477-1694.
 8. Production of Carbon Nanotubes: Chemical Vapor Deposition Synthesis from Liquefied Petroleum Gas Over Fe-Co-Mo Trimetallic Catalyst Supported on MgO (P. Setyoprato, Praswasti P. D. K. Wulan, and M. Sudibandriyo) Proceedings of the 3rd AUN/SEED-NET Regional Conference on Energy Engineering and the 7th International Conference on Thermofluids (RCEnE/THERMOFLUID 2015) AIP Conf. Proc. 1737, 030007-10; doi: 10.1063/1.4949287.
 9. Finding an Optimum Period of Oxidative Heat Treatment on SS 316 Catalyst for Nanocarbon Production from LDPE Plastic Waste (Praswasti P.D.K. Wulan, Satrio Bimo Wijardono) International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology Vol.7 (2017) No. 2 ISSN: 2088-5334.
 10. Synthesis Of ACNT On Quartz Substrate With Catalytic Decomposition Reaction From Cinnamomum Camphora By Using FC-CVD Method (Praswasti P. D. K. Wulan and Toni Partogi Johannes Silaen) International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering 2016 (ISFACHE 2016) AIP Conf. Proc. 1840, 080003-8; DOI: 10.1063/1.4982301.

11. The development of Ti6 Al₄ V based anti bacterial dental implant modified with TiO₂ nanotube arrays doped silver metal (Ag) (Slamet, Bachtiar B.M, Praswasti PDK Wulan, Setiadi, Sari D.P) AIP Conference Proceedings Volume 1840, 24 May 2017, Article number 080006 3rd International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering 2016, ISFAChe 2016.
12. Identification of Carbon Loss in The Production of Pilot-Scale Carbon Nanotube Using Gauze Reactor (Wulan, P.P.D.K., Purwanto, W.W., Yeni, N., Lestari, Y.D.) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 334, Issue 1, 6 April 2018, Article number 012044 3rd International Conference on Chemical Engineering Sciences and Applications 2017.
13. The Effect Of Metal Loading On The Performance Of Tri-Metallic Supported Catalyst For Carbon Nanotubes Synthesis From Liquefied Petroleum Gas (Puguh Setyoprato, Praswasti P.D.K. Wulan, Mahmud Sudibandriyo) International Journal of Technology (2018) 1: 120-129 ISSN 2086-9614.
14. The Effect of Oxidative Heat Treatment on The Preparation of Stainless Steel 304 and 316 as The Effective Catalytic Substrate For Carbon Nanotube Growth (Praswasti PDK Wulan, Yuni Dwi Lestari) International Journal of Technology (2018) 2:353-363, ISSN 2086-9614.
15. Carbon Nanotubes Synthesis In Fluidized Bed Reactor Equipped With A Cyclone (P Setyoprato, M Sudibandriyo and P P D K Wulan) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 316 (2018) 012009.
16. Modification Of Carbon Nanotubeâs Dispersion Using Cetyltrimethyl Ammonium Bromide (CTAB) As Cancer Drug Delivery (Praswati PDK. Wulan, Hanifia Wulandari, Sekar H. Ulwan, Widodo W. Purwanto, and Kamarza Mulia) 2nd Biomedical Engineeringâs Recent Progress in Biomaterials, Drugs Development, and Medical Devices AIP Conf. Proc. 1933, 030008-1â030008-7; <https://doi.org/10.1063/1.5023955>.
17. Photocatalytic Activity Of Titania Nanotube (TiNT)-Carbon Nanotube (CNT) Composite For Degradation Of Phenol (Desi

- Heltina, Praswasti PDK Wulan, Slamet) International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering 2016 (ISFACHE 2016) AIP Conf. Proc. 1840, 080007-1â080007-6; DOI: 10.1063/1.4982305 Published by AIP Publishing. 978-0-7354-1510-2/\$30.00.
18. Synthesis Of Carbon Nanotube Using Camphor With SS 316 As Catalytic Substrate Via Oxidative Heat Treatment Preparation Method (Praswasti Pembangun Dyah Kencana Wulan and Dian Angelina) Proceedings of the 3rd International Symposium on Applied Chemistry 2017 AIP Conf. Proc. 1904, 020080-1â020080-8; <https://doi.org/10.1063/1.5011937>.
 19. The Effect Of Hydrochloric Acid Addition To Increase Carbon Nanotubes Dispersibility As Drug Delivery System By Covalent Functionalization (Wulan, P.P.D.K., Ulwani, S.H., Wulandari, H., Purwanto, W.W., Mulia, K.) (IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 316 (2018) 012013 DOI:10.1088/1757-899X/316/1/012013).
 20. Synthesis and Characterization of Magnetically Modified Composites (TiNT/CNT/Fe₃O₄) (Slamet, Wulan, P.P.D.K., Heltina, D., Fisli, A., Philo, D.) IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1091 (2018) 012024 doi:10.1088/1742-6596/1091/1/012024.
 21. The Effect Of Pyrolysis Temperature And Time Of Polypropylene On Quality Of Carbon Nanotube With Flame Synthesis Method (Wulan, P.P.D.K., Sidauruk, Juan.O.Daniel., Ningtyas, J.A.) E3S Web of Conferences Volume 67, 26 November 2018, 3rd International Tropical Renewable Energy Conference.
 22. The Effect Of Nickel Coating On Stainless Steel 316 On Growth Of Carbon Nanotube From Polypropylene Waste (Wulan, P.P. Ningtyas, J.A., Hasanah, M) Evergreen Volume 6, Issue 1, March 2019, Pages 98-102.
 23. The Effect Of Hydrogen Peroxide (H₂O₂) On Carbon Nanotubes Solubility As Drug Delivery Material For Cancer With Covalent Functionalization (Pujiastuti, S., Wulan, P.P.D.K.) AIP

- Conference Proceedings Volume 2092, 9 April 2019, 3rd International Symposium of Biomedical Engineering's Recent Progress in Biomaterials, Drugs Development, and Medical Devices, ISBE 2018; Jakarta; Indonesia; 6 - 8 August 2018.
24. The Effect of Mass Ratio of Ferrocene to Camphor as Carbon Source and Reaction Time on the Growth of Carbon Nanotubes (Wulan, P.P.D.K., Setiawati, N.S.) E3S Web of Conferences Volume 67, 26 November 2018, 3rd International Tropical Renewable Energy Conference.
 25. Synthesis of Carbon Nanotube using Ferrocene as Carbon Source and Catalyst in A Vertical Structured Catalyst Reactor (Wulan, P.P.D.K., Rivai, G.T.) E3S Web of Conferences Volume 67, 26 November 2018, 3rd International Tropical Renewable Energy Conference.
 26. The Influence Surface Modification of CNT Using Surfactant to Formation of Composite (Heltina, D., Fisli, A., Wulan, P.P.D.K., Slamet, S.) Journal of Physics: Conference Series Volume 1351, Issue 1, 18 December 2019, Universitas Riau International Conference on Science and Environment 2019, URICSE 2019; Grand Suka Hotel Pekanbaru; Indonesia; 10 September 2019.
 27. Utilization Of Camphor As An Alternative Carbon Source For The Synthesis Of Carbon Nanotubes Using Floating Catalyst (Wulan, P.P.D.K., Fathony, A., Ulfa, A.S.) Journal of Physics: Conference Series Volume 1349, Issue 1, 3 December 2019, International Conference on Nanomaterials: Science, Engineering and Technology 2019, ICoNSET 2019; Rainbow Paradise Beach Resort Penang Island; Malaysia; 5 - 6 August 2019.
 28. Carbon Nanotubes Synthesis Using Fe-Co-Mo/MgO Tri-Metallic Catalyst: Study The Effect Of Reaction Temperature, Reaction Time And Catalyst Weight (Setyoprato, P., Wulan, P.P.D.K., Sudibandriyo, M.) International Journal of Nanomanufacturing Volume 16, Issue 1, 2020, Pages 1-20.
 29. Thermo-economic Assessment and Optimization Of Wells To Flash Binary Cycle Using Pure R601 And Zeotropic Mixtures In The Sibayak Geothermal Field (Pratama, F., Reyseliani, N,

- Syauqi, A., Daud, Y., Purwanto, W.W., Wulan, P.P.D.K., Hidayatno, A.) Geothermics Volume 85, May 2020.
30. Formation Of TiO₂ Nanotubular Layers On Ti-6Al-4V Based Dental Implants For Inhibiting Biofilm Growth (Slamet, Bachtiar, B.M., Wulan, P.P.D.K., Aprianto, B., Ibadurrohman, M.) Asian Journal of Chemistry, volume 32, Issue 7, July 2020, Pages 1543-1548.
 31. Nanocarbon Production From Polyethylene (PE) Plastic Bag Waste Using Flame Synthesis Reactor (Wulan, P.P.D.K., Chairat, M.I., Kusumastuti, R.F.) AIP Conference Proceedings Vol 2255, 3 September 2020,4th, i-TREC 2019; Bali; Indonesia; 14 - 16 August 2019.
 32. The Effect Of Optimization HCl Addition To Dispersibility In Carbon Nanotubes Functionalization As Drug Delivery (Wulan, P.P.D.K., Permana, G., Putri, W.A) AIP Conference Proceedings Vol 2255, 3 September 2020,4th, i-TREC 2019; Bali; Indonesia; 14 - 16 August 2019.
 33. The Effect Of Polyethylene Glycol On The Toxicity Properties Of Functionalized Carbon Nanotubes With The Variations Of Hydrochloric Acid (HCl) (Wulan, P.P.D.K., Salsabila, N.) International Journal of Engineering Research and Technology, 2020, 13(10), pp. 2541–2545.
 34. The Effect Of Iron-Carbon Ratio And On Carbon Nanotube Synthesis Using Camphor And Ferrocene As Carbon Sources In The Gauze Reactor (Wulan, P.P., Sinaga, T.E.) South African Journal of Chemical Engineering, volume 36, April 2021, Pages 17-23.
 35. Effect of Carbon Nanotube Addition on Mechanical Strength Of Sugarcane Fiber (Bagasse) Composite with Epoxy Matrix (Praswasti Pembangun Dyah Kencana Wulan, Muhammad Daffa, and Sulthan Daffa Raihan) The 5th international Tropical Renewable EnergyConference (The 5th i-TREC) AIP Conf. Proc. 2376.

36. Effect of H₂O₂ Concentration as Electron Acceptor on Bioregeneration of Activated Carbon Contaminated with A Benzene-Toluene Mixture (Clara Novia, Benget P Sitorus, Edwin Rizki Safitra, Catia Angli Curie, Praswasti PDK Wulan and Misri Gozan, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science , 1108(1), 012072 DOI 10.1088/1755-1315/1108/1/012072.
37. Mechanical Properties Improvement Of Oil Palm Empty Fruit Bunches Composite By Hybridization Using Ramie Fiber On Epoxy-CNT Matrix (Praswasti Pembangun Dyah Kencana Wulan, Yogi Yolanda), Science And Engineering Of Composite Materials, Elsevier (Under Review, Submitted December 2022).