



"Melintasi Batas dengan Inovasi Biomekanik"

Yudan Whulanza

**Pidato pada Upacara Pengukuhan sebagai Guru Besar Tetap
dalam Bidang Teknologi Biomekanik
Fakultas Teknik Universitas Indonesia**

Depok, 20 September 2023

*Yang telah menciptakanmu lalu menyempurnakan kejadianmu dan menjadikan (susunan tubuh)mu seimbang.
(Qs. Al-Infitar, [82]:7).*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, akhirnya kita bisa berkumpul hari ini. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada penerang bumi dan langit, Nabi Muhammad SAW beserta dengan pengikutnya.

Berkat ridho Allah SWT, doa serta dukungan dari keluarga, dosen, staf tendik, mahasiswa dan seluruh rekan sejawat, akhirnya saya dapat menyelesaikan buku Pidato Pengukuhan Guru Besar di bidang Teknologi Biomekanik dengan judul “Melintasi Batas dengan Inovasi Biomekanik”. Tulisan singkat ini saya harapkan dapat memberikan pemahaman perkembangan definisi, aplikasi teknologi terkini yang melaju cepat pada abad 21 dan harapan untuk edukasi pada generasi mendatang. Perkembangan global memperlihatkan perlunya kontribusi rekayasa biomekanik/bioenjiniring untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan, terutama pada aspek Kesehatan dan Kemuliaan Hidup; Solusi Inovatif pada Industri; Pengembangan Kota dan Komunitas dan Kolaborasi antar profesi periset, inovator, klinisi kesehatan dan pembuat kebijakan.

Saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penyelesaian buku pidato pengukuhan ini. Insya Allah saya akan memberikan kontribusi terbaik bagi institusi yang telah membesarkan saya dan masyarakat lebih luas.

Depok, 20 September 2023

Penulis,

Prof. Dr. Yudan Whulanza

DAFTAR ISI

1.	Interkoneksi Biomekanik, Bionik dan Bioenjining	2
2.	Pembangunan Berkelanjutan	8
3.	Bioengineering-Biomechanics: Train New Innovators	11
4.	Innovation Mindset	14
5.	Kesimpulan	15
	Daftar pustaka	15
	Daftar Riwayat Hidup	26

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Yang kami hormati :

1. Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia;
2. Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi
3. Ketua, Sekretaris dan Para Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia;
4. Rektor, para Wakil Rektor dan Sekretaris Universitas Indonesia;
5. Ketua, Sekretaris dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Indonesia;
6. Ketua, Sekretaris dan Anggota Senat Akademik Universitas Indonesia;
7. Ketua, Sekretaris dan Anggota Dewan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Indonesia;
8. Ketua, Sekretaris dan Anggota Senat Akademik Fakultas Teknik Universitas Indonesia;
9. Para Dekan, Pimpinan Sekolah, dan Direktur di lingkungan Universitas Indonesia;
10. Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia beserta seluruh jajarannya;
11. Para Direktur PAU, Kepala UKK, Ketua Departemen/Program Studi, dan seluruh Sivitas Akademika di lingkungan Universitas Indonesia
12. Para dosen, ketenagapendidikan, mahasiswa dan alumni Fakultas Teknik Universitas Indonesia
13. Rekan Guru Besar yang dikukuhkan bersama
14. Sanak Keluarga dan kerabat semua yang saya cintai
15. Bapak dan Ibu serta seluruh hadirin yang saya muliakan.

Assalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh 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 pada acara pengukuhan saya sebagai Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Perkenankan pada kesempatan ini saya menyampaikan pidato ilmiah pengukuhan Guru Besar saya dengan judul

Melintasi Batas dengan Inovasi Biomekanik

Ibu/Bapak Hadirin yang saya hormati,

1. Interkoneksi Biomekanik, Bionik dan Bioenjining

"Everything in biology is mechanical." Julio Fernandez (Periset Senior Alexander von Humboldt).

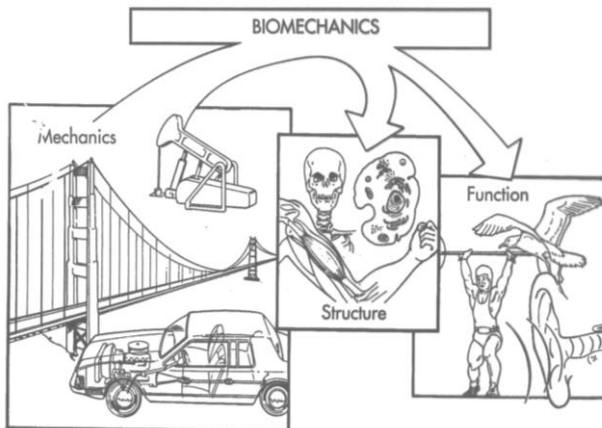
Dalam berbagai kesempatan, baik melalui percakapan antar sejawat maupun dalam penulisan ilmiah, terbuka diskusi terkait perkembangan ilmu biomekanik dan peranannya dengan bidang-bidang aplikasi lainnya. Bicara tentang biomekanik, terdapat dua (2) terminologis lain yang terkait, yaitu bionik dan bioenjining. Secara umum, biomekanik dan bionik adalah dua bidang yang berhubungan dengan studi sistem biologis dan interaksinya dengan komponen mekanik dan tiruan/artifisial. Namun, keduanya memiliki fokus dan aplikasi yang berbeda.

Biomekanik, adalah studi tentang aspek mekanik organisme hidup, termasuk manusia dan hewan. Bidang ini meneliti bagaimana struktur biologis, seperti tulang, otot, dan ligamen, berinteraksi satu sama lain dan dengan adanya gaya eksternal. Para peneliti di bidang biomekanik umumnya menggunakan prinsip-prinsip fisika dan teknik untuk menganalisis dan memodelkan proses biologis ini. Aplikasi biomekanik yang kita kenal saat ini adalah peningkatan kinerja atletik

(*sport science*), perancangan produk ergonomis, pemahaman mekanisme cedera, dan pengembangan perangkat medis seperti prostetik dan implan ortopedi/dental [1].

Sedangkan terminologi Bionik/*bionic*, kependekan dari "*biologically inspired engineering*" adalah bidang yang mengambil inspirasi dari sistem biologis untuk merancang dan menciptakan sistem, perangkat tiruan. Bidang ini melibatkan pengembangan teknologi seperti organ tiruan, prostetik robotik, atau implan yang berinteraksi dengan tubuh manusia [2].

Terdapat tumpang tindih antara kedua bidang tersebut (biomekanik dan bionik). Khususnya dalam pengembangan prostetik dan perangkat ortopedi, dimana prinsip-prinsip biomekanik memberikan pemahaman pada kebutuhan rekayasa bionik. Umumnya, bionik akan melibatkan integrasi elektronik dan ilmu material untuk menciptakan solusi yang sesuai dengan fungsinya secara biologis. Inilah yang diterapkan ke berbagai domain ilmu lain, misalkan kedokteran, robotika, dan kedirgantaraan (gambar 1).

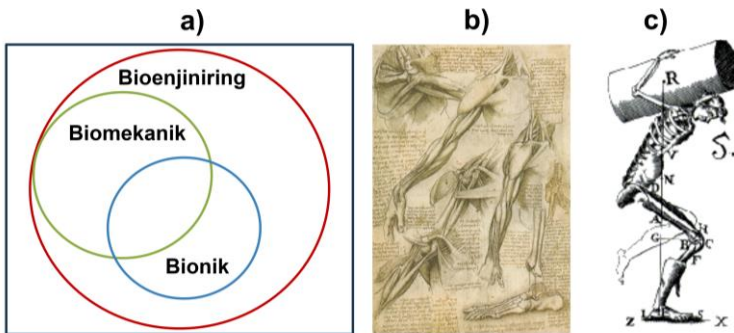


Gambar 1. Definisi biomekanik, bionik dan bioenjining [1]

Terminologi ketiga, bioenjining (*bioengineering*), terkadang dikenal juga sebagai rekayasa biomedis (*biomedical engineering*), memiliki fokus yang lebih luas dalam hal aplikasi. Bidang ini melibatkan penggunaan prinsip-prinsip teknik untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan biologi dan

kedokteran. Beragam bidang tersebut termasuk desain perangkat medis, rekayasa jaringan, sistem penghantaran obat, rekayasa genetika, dan pengembangan alat diagnostik. Bioenjining mencakup spektrum aplikasi yang lebih luas dengan pelibatan ilmu elektronik, ilmu material, dan bioinformatika [3].

Sulit memberikan definisi yang tegas untuk ketiga bidang tersebut. Akan tetapi terdapat beberapa kata kunci penghubung, yaitu: gaya dan pergerakan anggota tubuh, integrasi multidisiplin, dan pemecahan solusi secara komprehensif untuk kebaikan manusia (gambar 2).



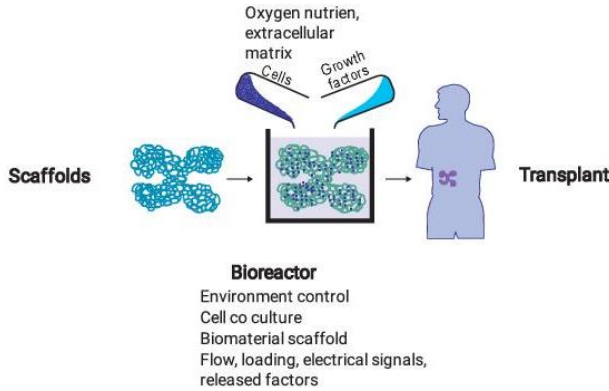
Gambar 2. a) Interkoneksi tiga bidang: biomekanik-bionik-bioenjiring; b) sketsa anatomi manusia oleh da Vinci; analisa gaya pada manusia oleh Borelli [3]

Kembali kepada biomekanik, sejarah di bidang ini diwarnai oleh pemikiran-pemikiran yang berkembang dan terbentuk selama 10 abad terakhir. Dapat kita lihat bahwa akar biomekanik ini sedari dini telah memiliki berbagai perlintasan ilmu. Literatur yang mendasari biomekanik antara lain [3]:

- Periode abad 11-15: Dasar Anatomi dan Fisiologis
Terdapat tulisan Ibnu Sina, "*al-Qānūn fī al-Ṭibb / The Canon of Medicine*" pada 1025, yang menjadi buku teks medis standar di Eropa dan dunia Timur Tengah selama beberapa abad. Karya ini diperkuat oleh Ibn al-Nafis dalam bukunya "*Al-Shamil fī al-Ṭibb / The Comprehensive Book on Medicine*". Literatur ini adalah deskripsi paling awal untuk sirkulasi darah dalam paru-paru, yang kemudian diperkenalkan kembali oleh William

Harvey (*De motu cordis / Motion of the Heart* – 1628).

- Periode abad 16-17: Gaya pada Tubuh
Leonardo da Vinci memberikan deskripsi akurat tentang sendi pada bahu dan pinggul, dalam "*Polo dell Uomo*". Berbagai karya sketsanya menggambarkan gaya mekanik yang bekerja di sepanjang garis otot. Galileo Galilei dalam salah satu karyanya, "*Il Saggiatore*" (1623) menganalisis biomekanik untuk gaya berjalan dan melompat seekor kuda, serta analisis dimensi tulang hewan. Giovanni Borelli, dalam karyanya yang terbit "*Motu Animalium/ On the Motion of Animals*" (1680), mengeksplorasi prinsip gerak dinamika tubuh, kontraksi otot, dan gerak jantung dan usus pada hewan (gambar 2b). Definisi gaya akhirnya diperkenalkan oleh Isaac Newton dalam buku "*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*" (1687), termasuk persamaan kontinuitas untuk cairan kental, yang menjadi dasar bagi perkembangan biomekanik.
- Periode abad 18-20: Generasi Awal Inovasi Biomekanik
Ernst Weber dan Eduard Weber dalam "*Die Mechanik der menschlichen Gangwerkzeuge/The mechanics of human gait tools*" (1836) merintis studi ilmiah tentang gaya berjalan manusia yang diaplikasikan rehabilitasi medik. Istilah bionik dikenalkan oleh Von Gierke "*Principles and Practices of Bionics*" (1970) mencakup riset yang dikembangkan untuk produk militer dengan hewan sebagai modelnya.
- Periode abad 21-kini: Generasi Inovasi Biomekanik Modern
Salah satu karya paling monumentalnya adalah rekayasa jaringan (*tissue engineering*). Diperkenalkan oleh Robert Langer (insinyur MIT) dan Joseph Vacanti (klinisi Harvard), melalui publikasi "*Principle of Tissue Engineering*" (2014). Pendekatan pada teknologi sebelumnya menggunakan bahan sintetik (implant ortopedik/dental atau grafting). Sedangkan pada teknologi rekayasa jaringan, dimungkinkan perbaikan dengan bahan organik yang ditandai dengan proses kultur sel pada substrat biomaterial hingga berkembang menjadi jaringan/organ secara fungsional. Penemuan ini mendorong batas-batas keberhasilan pada pengobatan regeneratif (*regenerative medicine*).

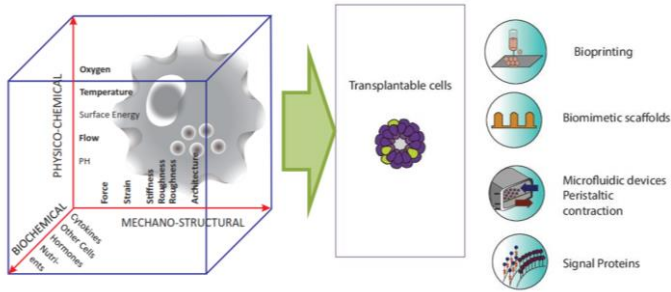


Gambar 3. Prinsip rekayasa jaringan dengan tiga pilar penopang: perancah/*scaffold*, lingkungan/*bioreactor* dan sel beserta bahan-bahan pendukungnya [4]

Ibu/Bapak Hadirin yang saya hormati,

Perjalanan keilmuan biomekanik saya, bermula saat studi doktoral di Universitas Pisa. Tema besar saya adalah studi biomekanik jaringan (*tissue biomechanics*) untuk sistem lokomotif tubuh [5-8]. Studi ini mencakup pengembangan jaringan terekayasa (*engineered tissue*) untuk tulang, otot dan syaraf -menggunakan pendekatan khusus pada perancah (*scaffold*). Sifat mekanik perancah ini harus meniru jaringan asli untuk memberikan isyarat biomekanik yang tepat bagi sel untuk menempel, berkembang biak, dan berdiferensiasi dengan benar [9].

Dalam rekayasa jaringan, sangat penting untuk merekayasa sifat mekanik dari perancah, guna memandu perilaku sel. Misalnya, pemberian gaya (regangan atau kompresi) pada perancah untuk mempengaruhi diferensiasi sel melalui jalur *mechanotransduction* [10]. Sel akan merasakan dan merespons stimulasi mekanis dari lingkungan mikro mereka (gambar 4).

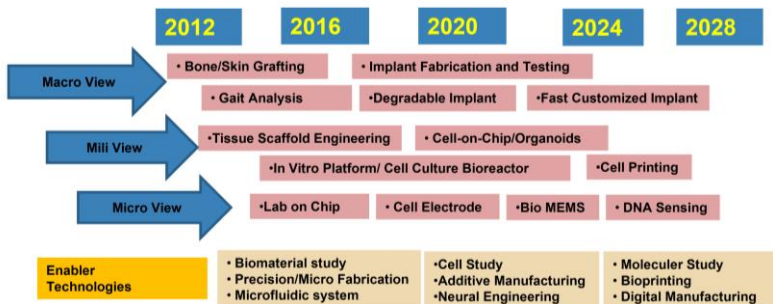


Gambar 4. Berbagai faktor pendukung/stimulant pada rekayasa sel untuk pembentukan jaringan/organ yang fungsional [5-6]

Pada tahun 2017, ASME (American Society of Mechanical Engineers) mengidentifikasi beberapa *emerging fields* untuk 20 tahun mendatang, dengan urutan lima teratas adalah [7]:

- *Nanomedicine*
- *Nanotechnology*
- *Bioengineering/Biomedical Engineering*
- *Smart Materials and Synthetic biology*
- *Renewable Energy*

Pada titik ini, kita dapat melihat bahwa kajian biomekanik tidak hanya menasar pada ukuran mikro pada studi stimulasi sel secara mekanik (*cell mechanobiology*), melainkan juga fokus pada perspektif nano - dengan melintas ke area molekuler [12-14]. Aplikasi mekanik, penghantaran kalor dan fluida telah banyak digunakan dalam deteksi molekuler pada hari ini. Gambar 5 memperlihatkan peta jalan riset saya dalam dua dekade:



Gambar 5. Perspektif makro-mikro pada riset biomekanik

Ibu/Bapak Hadirin yang saya hormati,

2. **Pembangunan Berkelanjutan**

"Healthy citizens are the greatest asset any country can have"-
Winston Churchill (Negarawan)

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mendefinisikan kesehatan sebagai kondisi berkualitas baik (*wellbeing*) secara fisik, mental, dan sosial-lebih dari sekadar tidak adanya penyakit. Akibatnya, faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kesehatan (*good health*), baik lingkungan alami maupun buatan manusia, menjadi ekosistem yang kompleks dengan unsur-unsur yang saling terkait dan berdampak pada individu tersebut.

Terdapat interpretasi lain sebagai ukuran kualitas hidup yang dapat dirujuk, yaitu *Muscle Quality Index* (MQI). Indeks ini mengukur perubahan usia fisik dalam fungsi otot. Secara tidak langsung, MQI mengevaluasi kesehatan fisik, berkualitas baik, psikologis, koneksi sosial, dan faktor lingkungan- sebuah perspektif holistik tentang kualitas hidup. Penelitian Brown dkk pada jurnal *Annual Epidemiology* mendukung hipotesis bahwa kualitas otot memiliki peran penting dalam umur panjang [15]. Pemikiran ini mendasari pengembangan ekosistem hidup manusia yang diwujudkan pada desain perkotaan dan kesehatan masyarakat yang menyeluruh.

Pemerintahan di berbagai negara telah berinvestasi dalam sistem angkutan massal, mempromosikan moda yang menstimulasi pergerakan aktif dan menghindarkan *sedentary lifestyle* - melalui perbanyak jalur sepeda dan trotoar ramah pejalan kaki. Langkah-langkah ini berkontribusi untuk meningkatkan perilaku *walkability*, mengatasi masalah obesitas, dan meningkatkan kesehatan mental dengan memberikan kesempatan berkegiatan di luar ruangan dan keterlibatan dengan lingkungan perkotaan. Dampak tersebut dipercaya akan beresonansi pada semua kelompok umur: bayi, remaja, dan orang tua [16].

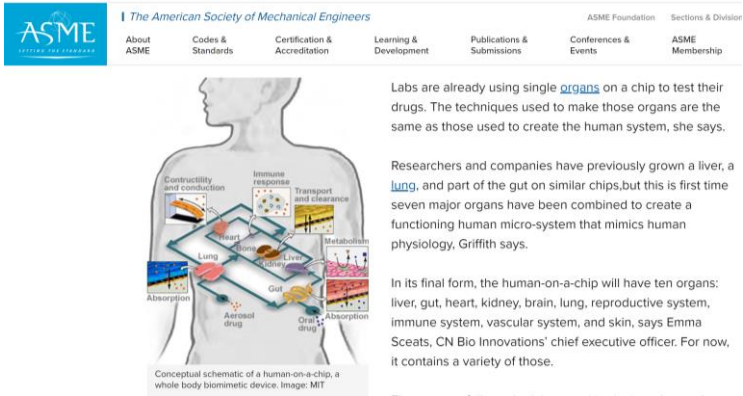
Ibu/Bapak Hadirin yang saya hormati,

Dari 8 miliar penduduk dunia, 60% berada di Asia, mayoritas (25%) berusia < 15 tahun, dan penduduk senior berusia > 65 tahun akan terus meningkat (saat ini 10% dan diprediksi menjadi 20-25% dalam 30 tahun). Rata-rata usia harapan hidup hari ini adalah 73 tahun dan diproyeksikan menjadi 83 tahun pada 2050. Terlepas dari dampak ekonomi dan sosial, diperlukan perencanaan teknologi untuk menopang kehidupan dengan kualitas yang baik, bagi warga di semua kelompok umur [17-18].

Beberapa perkembangan teknologi bioenjineri-biomekanik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas hidup, telah mulai masuk pada fase uji kepada manusia dan diperkirakan akan hadir secara masif dalam 10-20 tahun ke depan. Implan menjadi lebih nyaman digunakan dalam hal presisi pengerjaan dengan manufaktur aditif, lebih aman dan ramah karena menggunakan bahan yang dapat diserap tubuh [19-22].

Ibu/Bapak Hadirin yang saya hormati,

Salah satu contoh terkini diwakilkan oleh *Epibone*, perusahaan asal New York yang bertajuk "*grow bones from your own cells*". Perusahaan ini merealisasikan berbagai peran enjineri untuk melakukan stimulasi pada sel secara mekanis dalam satu ruang yang terkondisikan ketat (*bioreactor*) [23-24]. Bioreaktor dalam perkembangan teknologi fabrikasi presisi dan mikrofluidik telah bertransformasi menjadi *lab-on-chip*, melakukan peniruan sistem tubuh manusia dalam bagian terkecilnya - semisal *lung-on-chip* dan *gut-on-chip* [25]. Beberapa penelitian pada 5 tahun terakhir memperkenalkan istilah "*Homo chippiens*", sebuah proyek yang bertujuan melakukan proses peniruan tubuh manusia dengan mengintegrasikan berbagai organ tiruan tersebut (gambar 6).

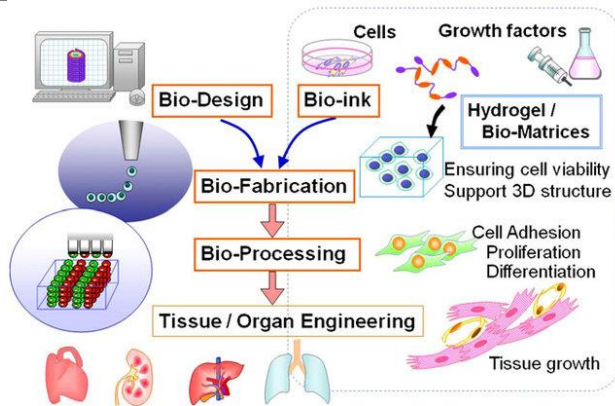


Gambar 6. Peran teknologi fabrikasi mikro dengan aplikasi pada kultur sel/organoid dalam chip untuk studi sistem manusia [26]

Kemajuan teknologi *lab-on-chip* ini telah berkontribusi pada organ dan organoid (organ mini) sejak awal tahun 2000an. Media *lab-on-chip* dengan berbagai upaya pengendalian fluida-nya telah diupayakan untuk mendeteksi sel kanker dalam spesimen darah. Sedangkan organoid saat ini digunakan untuk mempelajari penyakit dan respon obat [27-28].

Pengenalan teknologi *additive* pada tahun 2010-an dengan kombinasi pengetahuan biomaterial memulai era biofabrikasi atau bioprinting 3D. Hal ini memungkinkan penempatan sel dan biomaterial yang tepat, serta mengarah pada penciptaan jaringan yang lebih kompleks dan fungsional seperti kandung kemih, trakea, dan pembuluh darah [29].

Pencetakan material pada lokasi (*in-situ printing*) telah dimulai untuk kulit dan sekarang pada jantung. Pengembangan biofabrikasi ini melewati pengembangan *bio-ink*, yaitu medium cairan yang telah diisi dengan sel hidup [30-32].



Gambar 7. Perjumpaan teknologi manufaktur aditif/3D printing dengan sel mekanik dalam kontribusi *regenerative medicine* [32]

Organovo, perusahaan dari San Diego, berhasil menggabungkan kedua teknologi ini dan merevolusi bidang pengobatan *regenerative* dengan penciptaan jaringan manusia 3D (tiga dimensi) untuk pengujian obat dan pemodelan penyakit.

Terbaru, *Neuralink Corp.*, perusahaan neuroteknologi milik Elon Musk, berambisi mengembangkan antarmuka otak-mesin canggih (BMI/*brain machine interaction*) untuk pengobatan gangguan neurologis seperti epilepsi, Parkinson, dan cedera tulang belakang.

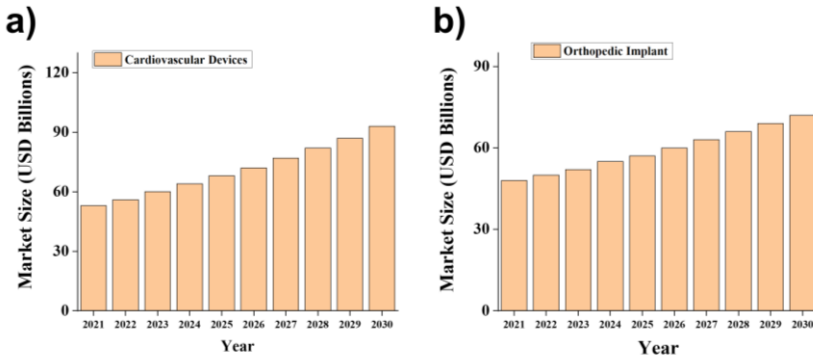
Ibu/Bapak Hadirin yang saya hormati,

3. Bioengineering-Biomechanics: Train New Innovators

"There's a way to do it better – find it." –Thomas A. Edison (Inventor)

Amerika Serikat, Uni Eropa, Jepang, dan Tiongkok, memimpin banyak disrupti produk inovasi dunia– tak terkecuali di Teknologi Kesehatan melalui produk alat kesehatan. Secara global, nilai ekonomi industri ini mencapai 550 miliar USD, dengan CAGR 5.5% dan diprediksi mencapai nilai 850 miliar USD di 2030 [33]. Dua *cluster* terbesar di industry ini adalah produk kardiovaskular (senilai USD 92

miliar/tahun) dan ortopedik (senilai USD 72 miliar/tahun) (gambar 8).



Gambar 8. Perkiraan ukuran pasar global untuk dua produk terbesar

Produk alat kesehatan dari negara-negara tersebut, secara masif masuk ke negara-negara dengan tingkat inovasi yang rendah, termasuk negara kita. Indonesia adalah salah satu pasar terbesar dunia dengan jumlah penduduk terbesar ke-4 (lebih dari 270 juta orang), dan memiliki potensi pertumbuhan industri alat kesehatan yang atraktif (CAGR 12.5% pada market senilai 1 miliar USD/tahun - data ASPAKI 2019). Sungguh suatu peluang, bagi pengembangan produk biomekanik nasional. Selain *political will*, hal ini mustahil terjadi tanpa kesiapan hadirnya generasi emas inventor Indonesia di bidang bioengineering-biomekanika.

Ibu/Bapak Hadirin yang saya hormati,

Terdapat tiga tiang (pillars) strategi bagi dunia pendidikan untuk mewujudkan generasi emas ini, yakni:

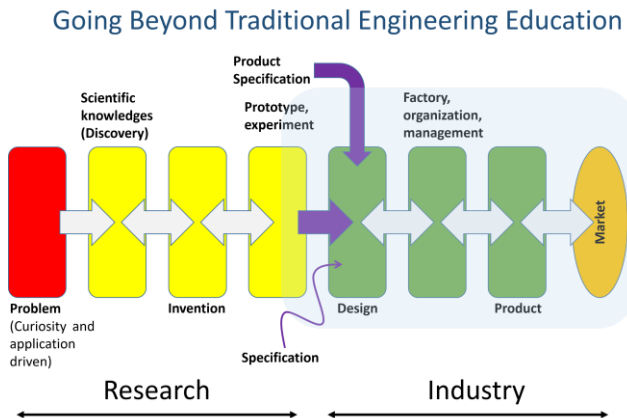
1. Collaborative Multidisciplinary Research:

- Solusi komprehensif dengan kolaborasi lintas ilmu dan institusi
- Kolaborasi antar institusi dan jejaring (*network*) dalam fasilitas uji serta validasi

- Pemenuhan dan penyusunan standar produk nasional dan pengujian produk
- Pemenuhan kajian kebijakan untuk penguatan produk nasional

2. Platform Teaching Industry [34]:

- Mentransformasi hak kekayaan intelektual ke produk komersil melalui pihak industri
- Menghasilkan HAKI alat kesehatan yang kredibel di tingkat nasional/regional.
- Menghasilkan publikasi bereputasi.
- Melakukan sosialisasi produk bagi calon pengguna/klinisi pada validasi awal untuk memberikan pengalaman “*bench to bed*” (dari pabrik ke aplikasi di ruang klinik) dengan cepat.



Gambar 8. Penapisan ide riset menjadi invensi matang yang masuk ke fase produksi menjadi inovasi pada Masyarakat [35]

3. Socio-Entrepreneuership Outreach Program:

- menginduksi produk inovatif baru kepada masyarakat secara langsung dengan keterlibatan masyarakat dan industri mitra
- memperkenalkan pusat riset dan pusat inovasi pada masyarakat luas

Ibu/Bapak Hadirin yang saya hormati,

4. Innovation Mindset

"If I have 1,000 ideas and only one turns out to be good, I am satisfied." —Alfred Nobel (inventor – filantropis)

Mewujudkan produk inovasi memang tidak mudah, tetapi bukannya tidak mungkin. Talenta dan fasilitas yang unggul, dukungan pimpinan, serta dukungan regulasi pemerintah, akan memperbesar peluang sukses inovasi tersebut.

Kami telah berhasil melakukan riset bersama (multi fakultas dan multi-institusi) dan kolega klinisi dari RSCM/RSUI/RS mitra lain dimana beberapa adalah mahasiswa S2/S3 dengan skema pembimbingan bersama.

Sedangkan salah satu produk inovasi yang berhasil, berangkat dari kisah pandemi tahun 2020. Tantangan saat itu adalah untuk menjawab keterbatasan supply global alat pengambil sampel uji Covid untuk kebutuhan nasional. Akhirnya kami berhasil mendistribusikan 600.000-unit produk (setara Rp 6M) ke berbagai pusat kesehatan pada pertengahan 2020 [36]. Bermula dari respon cepat DISTP UI yang memberikan seed funding sekitar Rp 300 juta untuk purwarupa, produk ini kemudian dikomersilkan mulai 2021 dengan nilai penjualan total sekitar Rp. 11 Milyar dan potensi royalti sekitar Rp 400an Juta (status tahun 2021). Salah satu proses dari pembuatan produk ini diinspirasi dari metode pembentukan substrat pada kultur jaringan. Kemudian proses scale-up dilakukan dengan teknologi yang biasa digunakan di industri otomotif.

Kami menyambut dengan antusias inisiatif dari pimpinan UI yang dijumpai oleh direktur DISTP dalam mewujudkan pusat inovasi UI yang modern dan segera beroperasi di 2024. InshaAllah saya, dan para periset di lingkungan UI siap berkontribusi melahirkan inovasi-inovasi berikutnya yang berdampak secara luas pada Institusi dan Masyarakat luas.

Ibu/Bapak Hadirin yang saya hormati,

5. Kesimpulan

Saya ingin menekankan bahwa biomekanik dan *mindset* inovasi merupakan dua sisi dalam satu mata uang yang saling mendukung untuk mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. Dengan kolaborasi dan upaya bersama, Inovasi biomekanis memiliki potensi untuk dampak yang besar bagi masyarakat dan kualitas hidup manusia secara keseluruhan. Terima kasih.

Daftar pustaka

1. Citron, P. and Nerem, R.M., 2004. Bioengineering: 25 years of progress—but still only a beginning. *Technology in Society*, 26(2-3), pp.415-431.
2. Rodríguez-Arco, L., Poma, A., Ruiz-Pérez, L., Scarpa, E., Ngamkham, K. and Battaglia, G., 2019. Molecular bionics—engineering biomaterials at the molecular level using biological principles. *Biomaterials*, 192, pp.26-50.
3. Enderle, J. and Bronzino, J. eds., 2012. *Introduction to biomedical engineering*. Academic press.
4. Vunjak-Novakovic, G., Lui, K.O., Tandon, N. and Chien, K.R., 2011. Bioengineering heart muscle: a paradigm for regenerative medicine. *Annual review of biomedical engineering*, 13, pp.245-267.
5. Mattioli-Belmonte, M., Vozzi, G., Whulanza, Y., Seggiani, M., Fantauzzi, V., Orsini, G. and Ahluwalia, A., 2012. Tuning polycaprolactone–carbon nanotube composites for bone tissue engineering scaffolds. *Materials Science and Engineering: C*, 32(2), pp.152-159.
6. Whulanza, Y., Battini, E., Vannozzi, L., Vomero, M., Ahluwalia, A. and Vozzi, G., 2013. Electrical and mechanical characterisation of single wall carbon nanotubes based composites for tissue engineering applications. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 13(1), pp.188-197.
7. Gattazzo, F., De Maria, C., Whulanza, Y., Taverni, G., Ahluwalia, A. and Vozzi, G., 2015. Realisation and characterization of conductive hollow fibers for neuronal tissue engineering. *Journal of*

- Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 103(5), pp.1107-1119.
8. Whulanza, Y., Ucciferri, N., Domenici, C., Vozzi, G. and Ahluwalia, A., 2011. Sensing scaffolds to monitor cellular activity using impedance measurements. *Biosensors and Bioelectronics*, 26(7), pp.3303-3308.
 9. Sbrana & Ahluwalia, 2012. Engineering quasi-vivo in vitro organ models. *Advances in experimental medicine and biology*. 1: 138-153
 10. Sayyar et al 2015. Fibronectin-Alginate microcapsules improve cell viability and protein secretion of encapsulated Factor IX-engineered human mesenchymal stromal cells. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 43(5), pp.318-327.
 11. Danielson, S. and Kirkpatrick, A., 2012. Mechanical Engineering Technology: ASME Vision 2030's Call for the Future. *Journal of Engineering Technology*, 29(2).
 12. Whulanza, Y., Aditya, R., Arvalido, R., Utomo, M.S. and Bachtiar, B.M., 2017, February. Ease fabrication of PCR modular chip for portable DNA detection kit. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1817, No. 1). AIP Publishing.
 13. Yulianti, E.S., Rahman, S.F. and Whulanza, Y., 2022. Molecularly imprinted polymer-based sensor for electrochemical detection of cortisol. *Biosensors*, 12(12), p.1090.
 14. Whulanza, Y., Arafat, Y.B., Rahman, S.F., Utomo, M.S. and Kassegne, S., 2022. On-chip testing of a carbon-based platform for electro-adsorption of glutamate. *Heliyon*, 8(5).
 15. Brown JC, Harhay MO, Harhay MN. The muscle quality index and mortality among males and females. *Ann Epidemiol*. 2016 Sep;26(9):648-53. doi: 10.1016/j.annepidem.2016.07.006. Epub 2016 Jul 18.
 16. Whulanza, Y. and Kusriani, E., 2023. Defining Healthy City and Its Influence on Urban Well-being. *International Journal of Technology*, 14(5), pp.948-953.
 17. Lutz, W., Butz, W.P. and Samir, K.E. eds., 2017. World population & human capital in the twenty-first century: An overview.
 18. Nadhif, M.H., Hadiputra, A.P., Whulanza, Y. and Supriadi, S., 2019, July. Gait Analysis for Biometric Surveillances Using Kinect™: A Study Case of Axial Skeletal Movements. In 2019 16th International Conference on Quality in Research (QIR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering (pp. 1-4). IEEE.
 19. Rahyussalim, A.J., Marsetio, A.F., Saleh, I., Kurniawati, T. and

-
- Whulanza, Y., 2016. The needs of current implant technology in orthopaedic prosthesis biomaterials application to reduce prosthesis failure rate. *Journal of Nanomaterials*, 2016.
20. Nurhudan, A.I., Supriadi, S., Whulanza, Y. and Saragih, A.S., 2021. Additive manufacturing of metallic based on extrusion process: A review. *Journal of Manufacturing Processes*, 66, pp.228-237.
 21. Whulanza, Y., Azadi, A., Supriadi, S., Rahman, S.F., Chalid, M., Irsyad, M., Nadhif, M.H. and Kreshanti, P., 2022. Tailoring mechanical properties and degradation rate of maxillofacial implant based on sago starch/poly lactid acid blend. *Heliyon*, 8(1).
 22. Rahyussalim, A.J., Aprilya, D., Handidwiono, R., Whulanza, Y., Ramahdita, G. and Kurniawati, T., 2022. The Use of 3D Polylactic Acid Scaffolds with Hydroxyapatite/Alginate Composite Injection and Mesenchymal Stem Cells as Laminoplasty Spacers in Rabbits. *Polymers*, 14(16), p.3292
 23. Whulanza, Y., Sagita, I.D., Nadhif, H. and Ibrahim, N., 2017. Design and Fabrication of Stimulated Bioreactors For Neural Stem Cell Engineering (Symbion Project). *International Journal of Mechanical And Production Engineering*, 5(1), pp.38-43.
 24. Irsyad, M., Whulanza, Y., Katili, P.A., Antarianto, R.D., Jasirwan, C.O.M. and Bugtai, N., 2022. Development of Auto-PIVOT: Automated Platform In Vitro for Cell Tissue Culture. *International Journal of Technology*, 13(8).
 25. Whulanza, Y., Widyaratih, D.S., Istiyanto, J. and Kiswanto, G., 2014. Realization and testing of lab-on-chip for human lung replication. *ARPN J. of Eng. and Applied Sci*, 9, pp.2064-2067.
 26. Mittal, R., Woo, F.W., Castro, C.S., Cohen, M.A., Karanxha, J., Mittal, J., Chhibber, T. and Jhaveri, V.M., 2019. Organ-on-chip models: implications in drug discovery and clinical applications. *Journal of cellular physiology*, 234(6), pp.8352-8380.
 27. Whulanza, Y., Nadhif, H., Istiyanto, J., Supriadi, S. and Bachtiar, B., 2016. PDMS surface modification using biomachining method for biomedical application. *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering*, 26, pp.66-72.
 28. Phadke, M., Shaner, S., Shah, S., Rodriguez, Y., Wibowo, D., Whulanza, Y., Teriete, P., Allen, J. and Kassegne, S., 2018, February. Inertial focusing and passive micro-mixing techniques for rare cells capturing microfluidic platform. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1933, No. 1). AIP Publishing.
 29. Whulanza, Y., Harahap, I.S., Istiyanto, J., Kurniawati, T. and Rahyussalim, A.J., 2019. Realization of photo-curing gelatin hydrogel using a commercial projector for culturing mesenchymal
-

- cells. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 9(5), pp.1643-1648.
30. Nathani, R.C., Irwansyah, R., Nurhayati, R.W. and Whulanza, Y., 2022, August. Analysis of droplet size control for stem cells encapsulation using lab-on-a-chip. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2537, No. 1). AIP Publishing.
 31. Varian, M. and Whulanza, Y., 2021, March. Hydrogel-based bioprinter design with support bath as printing environment. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2344, No. 1). AIP Publishing.
 32. Taheri, S., Ghazali, H.S., Ghazali, Z.S., Bhattacharyya, A. and Noh, I., 2023. Progress in biomechanical stimuli on the cell-encapsulated hydrogels for cartilage tissue regeneration. *Biomaterials Research*, 27(1), pp.1-17.
 33. <https://www.statista.com/outlook/hmo/medical-technology/>
 34. Supriadi, S. and Whulanza, Y., 2023, May. TiBio teaching industry: Research based product development in the case of medical degradable implant. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2536, No. 1). AIP Publishing.
 35. Wang, Z., Sun, Z., Yin, H., Liu, X., Wang, J., Zhao, H., Pang, C.H., Wu, T., Li, S., Yin, Z. and Yu, X.F., 2022. Data-Driven Materials Innovation and Applications. *Advanced Materials*, 34(36), p.2104113.
 36. <https://nasional.kompas.com/read/2020/10/22/23010051/u-i-serahkan-600.000unit-flocked-swab-buatannya-untuk-bantu-tes-swab-covid?page=all>

Ucapan Terima Kasih

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

Pada kesempatan ini Saya mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung saya mencapai jabatan fungsional akademik tertinggi di Universitas Indonesia.

- Terima kasih kepada 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 Tetap 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 terima kasih telah mengusulkan pengangkatan saya sebagai Guru Besar Tetap di Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- 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 terima kasih 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 kerja keras timnya. Teringat pak Agus Anang menginformasikan SK GB saya pada saat 17 Agustus 2023 dimana semua orang sedang libur 17-an.
- Ketua dan Sekretaris Senat Akademik Universitas Indonesia Prof. Nachrowi Djalal Nachrowi, MSc., MPHil., Ph.D dan Prof. Yudho Giri Sucahyo, Ph.D, CISA, CISM serta seluruh anggota Senat Akademik Universitas Indonesia terima kasih telah menyetujui dan merekomendasikan saya untuk menjadi Guru Besar Tetap

Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

- Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia Periode 2022-2026 Prof. Dr. Heri Hermansyah, S.T., MEng., IPU, 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 membantu pemenuhan persyaratan saya untuk memenuhi prasyarat menjadi Guru Besar di Tingkat Dikti sehingga pengukuhan guru besar ini dapat terlaksana.
- Manajer Sumber Daya Manusia dan Fasilitas FTUI, Dr. Ajib Setyo Arifin, S.T., M.T., Mbak Amida, Mbak Tikka dan tendik di lingkungan Fakultas Teknik UI khususnya bidang SDM terima kasih atas kesabarannya dan telaten dalam membantu proses pengusulan guru besar saya hingga saya berdiri di mimbar kehormatan pada hari ini.
- Terima kasih kepada Ketua Dewan dan Sekretaris Guru Besar FTUI Prof. Ir. Yulianto Sulistyono Nugroho, M.Sc., Ph.D, Prof Dr. Ir. Riri Fitri Sari, dan seluruh anggota Dewan Guru Besar FTUI, yang telah menyetujui, mendukung dan memproses lebih lanjut pengusulan guru besar saya.
- Terima kasih kepada Ketua Senat Akademik FTUI Prof. Kemas Ridwan Kurniawan, ST., M.Sc., Ph.D serta seluruh rekan-rekan Senat Akademik FTUI Periode 2020-2025, yang senantiasa mendukung proses pengusulan Guru Besar hingga bisa lolos di tingkat selanjutnya.
- Tim reviewer usulan guru besar saya, Prof. Dr. Ir. Tresna P. Soemardi, M., IPU dan Prof. Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng. serta Prof. Ir. Alva Edy Tontowi, M.Sc., Ph.D. ASEAN-Eng. dari Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, terima kasih telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan penilaian karya-karya ilmiah saya.
- Ketua Departemen Teknik Mesin FTUI Periode 2022-2026 Dr. Agus Sunjarianto Pamitran, ST., M.Eng dan Sekretaris Departemen Dr.-Ing. Mohammad Adhitya, S.T., M.Sc. dengan penuh semangat mendukung dan mengawal pengusulan hingga pengukuhan guru besar hari ini.
- Seluruh Guru Besar dan dosen di lingkungan Departemen Teknik

Mesin FTUI yang telah membuat iklim bekerja kita kekeluargaan, penuh keakraban. Teringat masuk pertama kali pada tahun 2006 di masa kadep Prof Hendri dan wakadep Prof Nandy dan prof Yul. Mengesetkan diri untuk SNTTM 2006 dengan prof Bud, prof Nas dan prof Har; projek A3 bersama prof BangSugi, prof Gandjar, prof Iman, mas Jos. Capaian ini melengkapkan profil DTM menjadi departemen 100% doktor dan 50% professor.

- Terimakasih support para Pimpinan Fakultas, dari yang mengangkat, menyekolahkan, membimbing, menyemangati gelar guru besar saya: prof Rinaldy, prof Bambang Sugiarto, prof Dedy Priadi, prof Hendri DS Budiono dan prof Heri Hermansyah.
- Seluruh tenaga kependidikan di lingkungan Departemen Teknik Mesin FTUI, Mba Ida, mba Yani, mba Mita, H. Maruih, Mas Hasan, Mas Yasin, Mas Feri, Mas Syarif, Mas Udiyono, Mas Nurul, Mas Muhtar, Mas Hendra, mas Iwir, terima kasih yang sebesar-besarnya atau bantuannya selama saya mengabdikan di Departemen Teknik Mesin.
- Kolega kerja di laboratorium Desain Mekanik dan Biomekanik: Prof Tresna, Prof Wahyu, pak Radon dan juga Kelompok Ilmu Perancangan Manufaktur Otomasi: Prof Ario, Pak Adhin, Prof Doni, prof Gandjar, pak Gatot, prof Hendri, Pak Henky, pak Jos, pak Adhit, pak Sugeng.
- Tim kopasus DTM: pak Riadi, pak Ardi, pak Arnas, pak Firman, pak Gerry, pak Gunawan, pak Kurniawan, pak Arif, pak Ridho, pak Syihan, pak Dimas. Mentor diskusi di lantai 2: prof Warjito, prof Mamak, prof Iman, prof Nandy, prof Yulianto, prof Doni dan prof Engkos.
- Pendiri, manajemen dan periset Research Center for Biomedical Engineering: Prof Dedi, Prof. Herman, Prof. Misri, Prof Bambang Suharno, Prof Widodo, Prof Kamarza, Prof Wulan, Pak Sugeng, Pak Basari, Pak Sahlan, Bu Dianursanti, Mba Siti, mas Kenny, mas Tomy, dr. Puspita, mas Zaki, mas Yudha, mba Giska, mba Azizah, mba Retno, mba April, Prof Dewi, dr. Farida, dr. Adah, dr. Heni, dr. Tomy, dr. Melati, drg Angky, mba Sylvi, mba Intan dan mba Syifa yang bekerjasama mewujudkan RCBE sebagai Pusat Unggulan Ipteks di Indonesia bidang Biomedis/Bioinjineri.
- Terima kasih yang sebesar-besarnya untuk seluruh kolega IJtech:

Prof Ale, Pak Eko Adi, prof Isti, Prof Nandy, Prof Yandi, prof Herman, prof Bambang Sugiarto, Prof Dedi, bu Eny, prof Hendri, prof Surya, pak Arif, prof Asvial, pak Sahlan, pak Nofrijon, pak Nyoman, prof Paramita, pak Ruki, prof Sri, Prof Trasno, Prof Yuri, Prof Akhmad, pak Arnas, pak Gamal, prof Heri, pak Imam, bu Ismi, bu Ova, mbak Tria, mba Firda dan mba Okta serta Mas Mikhta.

- Kolega riset lintas fakultas, dari Rumpun Kesehatan: Dr.dr. Astuti Giantini, Prof Badriul Hegar, Prof Budi Wiweko, Prof Ismail, Prof Jeanne Pawitan, Dr. dr Rahyussalim, bu Trie, Dr.dr Radiana, Prof. drg Decky Joesiana, Dr.dr Akhmadu Muradi, Dr.dr. Chyntia Jasirwan, Prof Murdani, pak Sandhy, mas Adrian, dr. Amien Suharti, Dr.dr. Normalina, Dr. dr Budiman Bela, bu Silvy, bu Aroem, prof Pratiwi, Dr. dr. Yulia, Prof. dr Mulyadi Djer, dr. Winda Azwani, Prof Menaldi Rasmin, Prof Agus Susanto, dr. Jamal, dr. Praseno, dr Andika, dr. Heni, Dr. dr. Agus Rizal, dr. Ludi Dhyani. Prof Lindawati Soetanto, Prof Boy M. Bachtiar, Prof Endang Winiati, Dr. drg Ratna Sari Dewi, Dr.drg Sry Angky, Dr. Sunarso, Dr. drg. Tri Ardi Mahendra, drg. Fakhrana Ayub. Prof Silvia Surini, Dr. Delly Ramadon. Dr Agus Setiawan, Dr. Dessie Wanda, Dr. Dian Ayubi, Dr. Lhuri dan Dr. Popy Yuniar. Rumpun Sains: Prof Yuni, Prof Anom, Prof Noverita, Prof Titin dan Prof Sumi. Prof Putu Wuri Handayani, prof Wisnu. Berikut teman Rumpun SosHum: Bu Anna, Dr. Donny, Prof. Djoni Hartono
- Terimakasih kepada rekan-rekan kerja di organisasi riset BRIN yang memiliki hubungan baik sampai kini: Dr. Ika Kartika, Dr. Wido Retno, Dr. Sandi Sufiandi, mas Joko Triwardono, mas Satrio Utomo, Dr. M. Imam Surya, Pak Nyoman Artana, pak Mahfud Ibadi, pak Irfan Martiansyah, pak Wiguna.
- Teman-teman sebidang baik akademisi/industri: Prof Alva Edy Tontowi, Prof. Gunawarman, Dr. Sandro Mihradi, Dr. Rifky Ismail, Dr. Herianto, Dr. Prihartini Widyanti, Dr. Djoko Kuswanto, Dr. Fahmi Mubarok, prof Peter Lee, Dr. Jerome Charmet, Prof Samuel Kassegne, Dr. Hussain Ismail, Prof Nilo Bugtai, Dr. Halim Abdullah, pak Allan Changrawinata, pak Septian Indra, Ibu Leoni Gunawan, Dr. Izhar, Pak Wan.
- Terimakasih kepada keluarga UKK P2M Departemen Teknik Mesin FTUI, mba Anna, mba Wilda, mba Mutia, mba Fitri, mas Kino

(alm), mas Yanto, mas Wanto, mas Jono, Rahmat, dan Iskandar.

- Tim olahraga presisi: Prof Asep Handaya, pak Deni Ferdian, Pak Dalhar Susanto, pak Arnas terimakasih telah menyemangati.
- Terima kasih yang setulus-tulusnya kepada para mahasiswa bimbingan saya, 2012-2023: Audi, Aditya, Herco, Taufik, Rendria, Joko, Irna, Indra, Pretty, Tito, Nadhif, Zikrina, Sagita, Rifky Ibin, Reyhan, Irnanda, Rony, Jimmi, Adam, Ghifari, Ariesta, Dion, Hisyam, Pandya, Aswin, Nunut, Rizki, Felix, Jeran, Rayhan, Rayzi, Nindya, Varians, Husein, Bagus, Yunus, Hasfi, Radya, Ririn, dr.Rony, dr.Arsanto, drg.Dimas, drg. Farah, Atho, Klau, Rithwik, Thirza, Mahfud, Thareq, Afrah, Wafa, Karmila, Irsyad, Imam, Doohan, dr.Winda. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan kepada mereka.
- Terima kasih kepada rekan-rekan riset RISPRO 2019-2022 dan KedaiReka 2022, Prof Chalid, dr Heni, bu Anna, pak Paulus, pak Adhin, mba Azizah, pak Sugeng, prof Wulan, mba Intan dan mba Vidi. Dr Rahyussalim, Mas Zaki, mba Siti, mba Azizah.
- Konsorsium manufaktur swab stick: pak Paulus, pak Edi Rivai, pak Nicko, pak Joni Wawan, pak Hishamudin, pak Eko, pak Danny, pak Nusantara, pak Andri, Ibu Christine, pak Budiman, pak Rabind, pak Makmur. Riset lanjut bersama mas Didit, mas, Patya, mas Danan, mas Joko, mba Indah, mas Ardhian dan mas Yusuf.
- Terimakasih kepada direktur DISTP, Dr. Gamal, beserta timnya Pak Teguh, Pak Kris, Pak Sandi, pak Sugeng. Tentu tidak lupa tim administrasi mba Acha, mas Chandra, mas Adhit, mba Dede, mba Desy, mba Lia, mba Ade, mba Hana, mas Weneng, mba Amanda, mas Aziz, mba Vidi, mba Intan, Paskal, Andi, Umas dan Fadhil yang sering saya repotkan.
- Terimakasih kepada direktur RisBang, Dr. Khalil, beserta tim: Pak Andri dan drg. Masita. Tentunya mba Wanti dan mba Dela yang selalu mengupdate berita terkait hibah.
- Terimakasih untuk rekan Pre-departure Training Studi S3 yang walaupun akhirnya berangkat sendiri-sendiri namun masih berkomunikasi hingga kini: mas Donny Cholid, mba Dyah Setyaningrum, mba Yessy Widya Sari, mas Agus Setiawan, mas Andry Asmoro, mas Bagus Co, mas Najib Muhamad, mba Farah Fahma dan mba Bea Nugraha.

- Para pembimbing studi S1: Prof Rochmadi, pak Suhadijono (alm), Dr. Bardi Murachman dan semua dosen yang saya hormati.
- Alumni Teknik Kimia 95 dan kawan-kawan Jalankers (Deni, Ical, Depa, Roni, Yuyun, Dedet, Babe) terima kasih kawan-kawan atas kebersamaannya yang sampai dengan saat ini masih terjalin dengan baik.
- Supervisor semasa kuliah S2 prof Blum, prof Breitbach dan Dr. Carola beserta rekan lab di FZ-Juelich: Morten, Markus, Khrisna, Francisco, Toru, Eric, Juan.
- Rekan-rekan PPI Aachen-Juelich-Koeln: Teguh, Didi, Ankandri, Dilly, Harry, Haris, Kandar, Ahyat, Heru, Kuncoro, Bony dan special mas Sonki dan mas Luki
- Teman-teman seperjuangan di Itali: Donny, Athor, Imam, Felix, Edwin, Iwan.
- Teman-teman haji Sari Ramadha 2018 khususnya bang Haji Dzen, bang Haji Supri dan bang Haji Miko, terimakasih untuk kebersamaan ibadah di tanah suci.
- Secara khusus saya mengucapkan terima kasih kepada supervisor studi doktoral: *prof.ssa Arti* dan prof Giovanni e gli amici: Carmelo, Francesca, Danielle, Tita, Giorgio, Gianni, Tomasso, Giuseppe, Nadia, Claudio, Nicola di Centro Piaggio Pisa.
- Teruntuk ibu Lukmi dan bapak Djarwo (alm), kedua orang tua yang saya sayangi dan cintai. Ibu selalu mendoakan saat kuliah di Jogja, Aachen dan Pisa. Untuk almarhum Bapak, semoga Allah mengampuni dosanya, mengasihinya sebagaimana beliau mengasihi saya sewaktu kecil. Aamiin YRA.
- Kepada seluruh keluarga besar Wirjo Atmodjo dan M. Tahir Huseini, selalu mendukung di suka maupun duka. Teringat masa awal masuk Jakarta, tinggal di rumah Pak/BuLik Tris, pakde/bude Tung, pakde/bude Mus, om Tani/tante Ake, om Yayak/tante Hermin. Sungguh keluarga yang akrab dan hangat.
- Saudara-saudara yang saya sayangi, mba Merin, mas Ganis, mba Maya, terima kasih atas doa-doanya, terima kasih atas kehidupan yang Tentrem di keluarga kita. Tentunya untuk Ananda Agam, keponakan yang makin pandai.
- Untuk Ibu Mertua Hj. Ummul dan Bapak Mertua Ibrahim Makful. Terima kasih atas kasih sayang yang tulus dan menerima saya

dalam keluarga besar. Terimakasih sedalamnya untuk mba Elin, mas Gandjar, mba Is, mas Agung, mba Ninis dan mas Panji yang selalu ada dan membantu kami sebagai pasangan bontot.

- Untuk istriku Lulu tersayang, terima kasih atas kebersamaan mengarungi bathera keluarga selama ini. Telah mendukung karir, menerima kekurangan yang ada pada diri saya. Semoga Allah SWT meridhoi kita dalam meraih rumah tangga Sakinah Mawaddah wa Rahmah.
- Untuk anak-anakku tercinta: Khalif dan Mahira, keberadaan kalian selalu menyemangati Bapak. Semoga Allah SWT melindungi dan membimbing kalian dalam setiap langkah kalian.

Akhir kata, tak lupa saya ucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada para hadirin yang telah meluangkan waktunya untuk hadir hari ini. Mohon maaf yang sebesar-besarnya, jika namanya tidak saya sebutkan satu persatu. Saya juga minta maaf bila ada kekeliruan dalam pidato pengukuhan ini. Semoga Allah SWT membalas budi baik Ibu dan Bapak sekalian dengan balasan yang lebih baik lagi. Aamiin.

Wabillaahi taufiq wal hidayah,

Wassalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh

Daftar Riwayat Hidup



DATA PRIBADI

Nama : Prof. Dr. Yudan Whulanza, ST., MSc
NIP : 0408050280
NIDN : 0316097603
Jabatan : Guru Besar (TMT I Juni 2023)
Pangkat : Pembina
Golongan : IV/A
Tempat, Tgl Lahir : Malang, 16 September 1976
Isteri : Lulu V. A. Ibrahim, S.Sos
Anak : 1. Khalif G. Whulanza
2. Khalisa M. Whulanza

Orang Tua : dr. Djarwo P. Siswanto
L. Djauhari, BA

Alamat Kantor : Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Indonesia
Kampus Baru UI Depok 16424
Jawa Barat – Indonesia
Phone : (62)(21)7270032, Fax : (62)(21)7270033

Alamat Rumah : Kavling DKI Jalan Flora Blok G no.13-14
Cipayung, Jakarta Timur 13840

e-mail : yudan.whulanza@ui.ac.id

RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Program:	S-1	S-2	S-3
2.1	Nama PT	Universitas Gadjah Mada	Aachen University	University of Pisa
2.2	Bidang Ilmu	Teknik Kimia	Teknik Mesin	Bioengineering
2.3	Tahun Masuk	1995	2003	2008
2.4	Tahun Lulus	2000	2005	2012

RIWAYAT PEKERJAAN/JABATAN

No	Tahun	Keterangan
2.1	2020-kini	Sekretaris Senat FTUI
2.2	2023-kini	Ketua Dewan Editor International Journal of Technology
2.3	2020-2023	Ketua Pusat Riset RCBE UI
2.4	2016-2020	Koordinator Riset Pusat Riset Biomedis FTUI
2.5	2012-2016	Koordinator Kerja Praktek Departemen Teknik Mesin
2.6	2008-kini	Pengajar Departemen Teknik Mesin FTUI

PENGALAMAN PENELITIAN DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No	Tahun	Judul Penelitian	Peran	Pendanaan	
				Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2023-	Mikro Fabrikasi Flexible	Ketua	Penelitian	58

	2024	Micro Heater Berbahan Silver Nanorod Untuk Aplikasi Micro-PCR		Kompetitif Nasional	
2	2023	Purwarupa chip proses mikrofluidik	Ketua	Hibah Reverse Engineering	50
3	2022	Pengembangan spine cage implant	Ketua	MF Kedaireka	289
4	2022	Pengembangan Electroporator untuk Transfeksi Vaksin DNA	Ketua	UI corpora	138
5	2021-2023	Pengembangan alat deteksi dini Ganoderma boninense dengan divais deteksi DNA portabel	Ketua	BPD PKS	966
6	2021-2022	Performa tinggi amperometri dopamine biosensor berbasis nanoteknologi	Ketua	Ristek	145
7	2020	Produksi skala komersil swab stick nasofaring	Ketua	RistekBRIN	1,540
8	2020-2021	Pengembangan Divais Loop-mediated Isothermal Amplification untuk Kit Diagnostik Molekuler	Ketua	Ristek	290
9	2020	Realisasi Sistem Mikro untuk Rekayasa Kultur Sel Punca Mesenkymal	Ketua	UI	122
10	2020	Aplikasi Bioengineering: Sistematisasi Platform Utuh Bioprinting-Bioreaktor	Ketua	UI	39
11	2019-2022	Persiapan implant luruh untuk tulang wajah	Ketua	LPDP	3,539
12	2019	Platform fabrikasi mikro untuk realisasi system mikrofluidik	Ketua	UI Pitta	250
13	2019	Pengembangan skafold 4D dan aplikasi biomedis	Ketua	UI PIT9	270
14	2018	Miniatursasi Divais Deteksi DNA dengan Prinsip Capillary	Ketua	PUPT	180

		Electrophoresis			
15	2018	Desain dan Fabrikasi Implan Multi Material pada Segmen Lumbar Tulang Belakang untuk Penderita Low Back Pain dan Osteoporosis	Ketua	UI Pitta	79

PENGALAMAN PENGABDIAN MASYARAKAT 5 TAHUN TERAKHIR

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2020	Produksi donasi swab stick HS 19	Mitra industri	6,000
2	2020	Tutorqu: Platform belajar jarak jauh	Mitra industri	--

PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH JURNAL DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No	Judul Artikel Ilmiah	Nama Peneliti	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/ Tahun
1	Effect of PEG Incorporation on Physicochemical and in vitro Degradation of PLLA/PDLLA Blends: Application in Biodegradable Implants	Chalid, M., Gustiraharjo, G., Pangesty, A. I., Adyandra, A., Whulanza, Y. & Supriadi, S.	Journal of Renewable Materials	11(7), pp. 3043–3056, 2023
2	Evaluation of the Malalignment Varus-Valgus in Total Knee Arthroplasty Designed for Deep Knee Flexion Used Knee Kinematic Motion Simulator	Triwardono, J., Rokhmanto, F., Roberto, R., Kartika, I., Saragih, A. S., Whulanza, Y. , Shuib, S. & Supriadi, S.	Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering	59, pp. 119–130, 2023
3	Integrated Electrochemical Dopamine Sensing with Finger Priming Pump on a Chip.	Whulanza, Y. , Antory, A. D., Warjito, Rahman, S. F., Gozan, M.,	International Journal of Technology.	13(8), pp.1735-1744, 2022

		Utomo, M. S. & Kassegne, S.		
4	Development of Auto-PIVOT: Automated Platform In Vitro for Cell Tissue Culture. Development	Irsyad, M., Whulanza, Y. , Katili, P. A., Antarianto, R. D., Jasirwan, C. O. M. & Bugtai, N.	International Journal of Technology.	13(8), 1663-1671,2022
5	Design of a Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF) Spine Cage	Faadhila, A., Rahman, S. F., Whulanza, Y. , Supriadi, S., Tampubolon, J. Y., Wicaksana, S. I., Rahyussalim, A. J., Kurniawati, T. & Abdullah, A. H.	International Journal of Technology	13(8), 1663-1671, 2022
6	Molecularly Imprinted Polymer-Based Sensor for Electrochemical Detection of Cortisol	Yulianti, E. S., Rahman, S. F. & Whulanza, Y.	Biosensors	12, no. 12 (2022), 1090.
7	The Use of 3D Polylactic Acid Scaffolds with Hydroxyapatite/Alginate Composite Injection and Mesenchymal Stem Cells as Laminoplasty Spacers in Rabbits	Rahyussalim, A. J., Aprilya, D., Handidwiono, R., Whulanza, Y. , Ramahdita, G. & Kurniawati, T.	Polymers	14 (16), 3292, 2022
8	Electrochemical Detection and Spectrophotometry of Dopamine using Commercial Screen-Printed Electrodes	E. T. H. Christian, B. Basari, S. F. Rahman, and Y. Whulanza	Journal of Biomedical Science and Bioengineering	2 (1) 2022
9	Experimental and Numerical Characterization of Mechanical Properties for	M. Ibadi, Y. Whulanza , and H. Purnomo	Jurnal Teknik Mesin	15 (1), 1-6, 2022

	Carbon Fiber Reinforced Epoxy LY5052 Composite for Prosthesis Structures			
10	Hydroxyapatite Scaffold Manufacturing under the Space Holder Method: Analysis of Physical Properties and Biocompatibility	Ade Indra, A.H., Affi, J., Mulyadi, I.H. , Whulanza, Y. , Gunawarman	Journal of Hunan University Natural Sciences	49, (4), 2022
11	On-chip Testing of Carbon-based Platform for Electroadsorption of Glutamate	Y. Whulanza , Y. B. Arafat, S. F. Rahman, M. S. Utomo, S. Kassegne	Heliyon	2, (6), 2022
12	Abutment Modification in Cemented Retained Restoration for Increasing Retention: A Scoping Review of a Current Instrument	Mahendra, T. A., Dewi, R. S., Whulanza, Y. & Kusdhany, L. S.	Journal of International Dental and Medical Research	15, (1), 2022
13	Finite Element Analysis Contact Stresses on Tibiofemoral Joint and Post Polyethylene Components Used to Evaluated Predesign Knee Implant	Triwardono, J., Saragih, A. S., Abrar, F., Utomo, M. S., Kartika, I., Whulanza, Y. & Supriadi, S.	Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering	55, 46-55, 2022
14	Tailoring mechanical properties and degradation rate of maxillofacial implant based on sago starch/polylactid acid blend	Whulanza, Y. , A. Azadi, S. Supriadi, S. F. Rahman, M. Chalid, M. Irsyad, M. H. Nadhif, P. Kreshanti	Heliyon	8, (1), 2022
15	Heating Characterization of Low Energy Consumption Lab-on-a-Chip.	Irwansyah, R., Juana, F., Whulanza, Y. & Charmet, J.	Evergreen	8, 4, 2021

16	Evaluation of the Contact Area in Total Knee Arthroplasty Designed for Deep Knee Flexion	Triwardono, J., Supriadi, S., Whulanza, Y. , Saragih, A. S., Novalianita, D. A., Utomo, M. S. & Kartika, I.	International Journal of Technology	12,6, 2021
17	Assessment of Cost-Efficient Thermocycler Prototype for Polymerase Chain Reaction and Loop-Mediated Isothermal Amplification	Lischer, K., Avila, F., Sahlan, M. & Whulanza, Y.	Journal of Mechanical Engineering	12, 6, 2021
18	The Effect of Mesenchymal Stem Cell-Enriched Scaffolds on MMP-8 and TGF- β Levels of Vertebrae Postlaminoplasty in Rabbit Model	Ah Rahyussalim, A. J., Sahputra, R. E., Yanwirasti, Manjas, M., Whulanza, Y. , Kurniawati, T., Aprilya, D. & Zufar, M. L. L.	Stem Cells and Cloning: Advances and Applications	14, p.27, 2021
19	Additive manufacturing of metallic based on extrusion process: a review	Nurhudan, A. I., Supriadi, S., Whulanza, Y. & Saragih, A. S.	Journal of Manufacturing Processes	66, pp.228-237, 2021
20	Evaluating the gear stress of novel reverse rotation bit manual screwdriver design for mini screw implants	Umas, R. A., Supriadi, S., Whulanza, Y. , Hasan, A. A. F. & Kreshanti, P.	Journal of Mechanical Engineering	8(1), pp.175-192, 2021
21	Computational analysis of soft polymer lattices for 3D wound dressing materials	Nadhif, M. H., Irsyad, M., Utomo, M. S., Suhaeri, M. & Whulanza, Y.	Journal of Mechanical Engineering	8(2), pp.1-11, 2021
22	Heat transfer simulation of various material for polymerase chain reaction thermal cyclers	Lischer, K., Putra, A. B. R. D., Sahlan, M., Khayrani, A. C., Ginting, M. J., Wijanarko, A.,	Journal of Mechanical Engineering	8(2), pp.27-37, 2021

		Whulanza, Y. & Pratami, D. K.		
23	Reflecting on Mechanical Functionalities in Bioreactors for Tissue Engineering Purposes	Nadhif, M. H., Assyarify, H., Waafi, A. K. & Whulanza, Y.	International Journal of Technology.	2020, 11, 05, 1066-1075
24	Setting Acceptance Criteria for a National Flocked Swab for Biological Specimens during the COVID-19 Pandemic	Whulanza, Y. , Supriadi, S., Chalid, M., Kreshanti, P., Agus, A. A., Napitupulu, P., Supriyanto, J. W., Rivai, E. & Purnomo, A.	International Journal of Technology	2020, 11, 5, 888-899
26	Clinical Evaluation of Locally Made Flocked Swabs in Response to the COVID-19 Pandemic in a Developing Country	Tunjung, N., Kreshanti, P., Saharman, Y. R., Whulanza, Y. , Supriadi, S., Chalid, M., Anggraeni, M. I., Hamid, A. R. A. H. & Sukasah, C. L.	International Journal of Technology	2020, 11, 5, 878-887
27	Testing of Beeswax Printing Technology in the Design of a Paper-Based Microfluidic System	Nunut, I., Whulanza, Y. & Kassegne, S.	International Journal of Technology	2020, 11, 05, 1036-1045
28	Low-Cost Microfabrication Tool Box	Charmet, J., Rodrigues, R., Yildirim, E., Challa, P. K., Roberts, B., Dallmann, R. & Whulanza, Y.	Journal of Micromachines	11, 2, 135, 2020
29	Fabrication and characterization of an affordable conditioned bio-specimen transporter	Nadhif, M. H., Hadiputra, A. P., Utomo, M. S. & Whulanza, Y.	International Journal of Technology	10, 8, p. 1626-1634, 2019

	(conbiport) for urban areas			
30	Realization of photo-curing gelatin hydrogel using a commercial projector for culturing mesenchymal cells	Whulanza, Y. , Harahap, I. S., Istiyanto, J., Kurniawati, T. & Rahyussalim, A. J.	International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology	9, (5), 1643-1648, 2019
31	Dry film photoresist application to a printed circuit board (PCB) using a maskless photolithography method	Suwandi, D., Aziz, R., Sifa, A., Haris, E., Istiyanto, J. & Whulanza, Y.	International Journal of Technology.	10, 5, p. 1033-1041 9 p.
32	Development of Ti-6Al-4V based-miniplate manufactured by electrical discharge machining as maxillofacial implant.	Qosim, N., Supriadi, S., Whulanza, Y. & Saragih, A. S.	Journal of Fundamental and Applied Sciences	10, (3S), pp.765-775, 2018
33	Design and characterization of finger-controlled micropump for LOC Devices	Whulanza, Y. , Hakim, T. A., Utomo, M. S., Irwansyah, R., Charmet, J. & Warjito	Evergreen Journal	6, 2, pp. 108-113, 2019
34	Use of <i>Candida rugosa</i> lipase as a biocatalyst for L-lactide ring-opening polymerization and polylactic acid production	Rahmayetty, Whulanza, Y. , Sukirno, Rahman, S. F., Suyono, E. A., Yohda, M. & Gozan, M.	Biocatalysis and Agricultural Biotechnology	16, pp. 683-691, 2018,
35	Surface treatments of Ti-alloy based bone implant manufactured by electrical discharge machining	Qosim, N., Supriadi, S., Saragih, A. S. & Whulanza, Y.	Ingenieria y Universidad	22, 2, 2018,

PEMAKALAH SEMINAR ILMIAH (ORAL PRESENTATION) 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Nama pertemuan Ilmiah	Jurnal artikel ilmiah	Waktu dan tempat
1	ISBE 2022	Bioengineering: What cells got to do with it	Bali, 4 Oktober 2022
2	ISAIME 2022	Alginate Droplet 3D Printing	Makassar, 12 Oktober 2022
3	ICE on IMERI 6	Biofabrication: Toward 3D cell construct induce stem cell differentiation	Virtual, 9 November 2021
4	IBITEC 2021	Characterization of silver resisting electrode as heating module	Virtual, 21 October 2021
5	ICATAM 2021	TiBiO : Research & Development Based Industry in Medical Device Design	Virtual, 14 October 2021
6	ISBE 2020	Development of nasopharyinx swab stick	Virtual, 28 Juli 2020
7	ISIC 2019	Stem cell culturing in micropatterned hydrogel media	Nottingham, 22 Juni 2019
8	IMAT 2019	Thermocycler development of pdms chip	Kyushu, 7 November 2019
9	QiR 2019	Engineering economics of maxillofacial implants	Padang, 24 juli 2019
10	CMEM 2018	3D carbon structure for cell sensing	San Diego, 10-12 Juni 2018

KARYA BUKU DALAM 10 TAHUN TERAKHIR

No.	Judul Buku	Jenis Buku	Tahun
1	Produk Mikro dan Teknologi Lab on Chip	Buku referensi	2023

2	Mikro-fabrikasi: Teori dan Implementasi	Buku referensi	2021
3	Rekayasa Jaringan, " Bioreaktor untuk Rekayasa Jaringan"	Book chapter	2020
4	Smart Sensing Scaffolds." Smart Membranes and Sensors: Synthesis, Characterization, and Applications"	Book chapter	2014

PEROLEHAN HKI DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No	Judul	Tahun	Bentuk (Hak Cipta/ Paten)	Status (Terdaftar / Granted)
1	Produk Preparator Sampel Kelapa Sawit Untuk Proses Ekstraksi, A00202203626	2023	Desain Industri	Granted
2	Produk Detektor Sampel Hasil Reaksi Polimerisasi Berantai Dengan Metode Kolorimetri, A00202203607	2023	Desain Industri	Granted
3	Implan Sangkar Tulang Belakang Moduar untuk Inseri dengan Buka-an Operasi Sempit, P00202214792	2022	Paten	Terdaftar
4	Implan Gigi dengan Pola Ulir Kombinasi S00202112216 (register)	2022	Paten	Terdaftar
5	Komposisi dan Metode Pencampuran Plla/Pdllla/Minyak Jarak Sebagai Bahan Implan Mampu Luruh Dengan Peningkatan Maleabilitas Dan Fleksibilitas Untuk Fiksasi Tulang Muka, S00202211184 (register)	2022	Paten	Terdaftar
6	Produk Sekrup Implan Tulang Mampu Luruh, P00202203964	2022	Paten	Terdaftar
7	Spesifikasi Laju Perfusi Bioreaktor Shinta untuk Mempertahankan Hepatosit Hasil Diferensiasi IPSc yang	2021	Paten	Terdaftar

	Matur dan Berfungsi dalam Perancah Biologis Hati, P00202112368.			
8	Prostesis Vertebral Lumbal Universitas Indonesia (VL-UI), P00202204059	2022	Patent	Terdaftar
9	Produk Bioreaktor untuk Sistem Kultur Sel S00202112215 (register)	2021	Patent	Terdaftar
10	Aransemen Sensor pada Alat Terapi Oksigen Aliran Tinggi Non-Invasif S00202111499 (register)	2021	Patent	Terdaftar
11	Produk Matriks Karbon Konduktif untuk Pengendalian Kadar Glutamate dalam Otak P00202103900 (register)	2021	Patent	Terdaftar
12	Obeng dengan Roda Gigi Episiklik untuk Peningkat Rasio Putar sebagai Instrumen Pemasangan Implan Tulang S00202103901 (register)	2021	Patent	Terdaftar
13	Alat Apusan untuk Mengumpulkan Spesimen Biologi dari Tenggorokan/Orofaring S00202103902 (register)	2021	Patent	Terdaftar
14	Alat Apusan untuk Mengumpulkan Spesimen Biologi Tanpa Serat yang Cepat Fabrikasi S00202103903 (register)	2021	Patent	Terdaftar
15	Produk implant tulang mampu luruh dengan tingkat peluruhan cepat berjenis pelat untuk fiksasi tulang muka, S00202102298 (register)	2021	Patent	Terdaftar
16	Produk pita pemanas pada lab-on-chip sekali pakai untuk aplikasi loop mediated isothermal amplification (LAMP), P00202102297 (register)	2021	Patent	Terdaftar

17	Produk Alat Pelindung Muka Berbahan Multi-Polimer Dengan Fabrikasi Pembentukan Termal Vakum, S00202008266	2020	Paten	Terdaftar
18	Metode Pembuatan Sensor Elektroda Karbon Bertekstur Sarang Lebah S00201902279 (granted)	2019	Paten	Granted 2021
19	Produk Chip Pompa Mikro Berpenggerak Jari Tangan pada Kit Deteksi Malaria beserta Metode Pembuatan dan Penggunaannya, P00201902270 (register)	2019	Paten	Terdaftar
20	Metode Photolithography Menggunakan Digital Light Processing (DLP) Projector dalam Pembuatan Pola Hidrogel Gelatin Pada Kultur Jaringan, S00201806343 (register)	2018	Paten	Terdaftar
21	Metode Pembuatan dan Komposisi Komposit Bone Scaffold, S00201806357 (granted)	2018	Paten	Granted 2021
22	Metode Pembuatan Modul Reaksi Berantai Polimerase Polimerase Chain Reaction (PCR) Portabel, S00201806342 (granted)	2018	Paten	Granted 2021
23	Suatu Produk Biomaterial Titanium Screw untuk Implan Cranio Maxillofacial, P00201802104 (granted-license)	2018	Paten	Granted 2021
24	Suatu Produk Biomaterial Titanium Plate untuk Implan Cranio Maxillofacial, P00201802090 (granted-license)	2018	Paten	Granted 2021
25	Suatu Produk Implan Tulang berjenis Plat pada Bagian Kranio-Maksilofasial berbahan Dasar Polimer Mampu Luruh,	2018	Paten	Terdaftar

	P00201802104 (register)		
--	-------------------------	--	--

PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Kebijakan	Institusi	Tahun
1	Health Technology and Industry for Health Resiliency		2022
2	Standar pengujian produk swab stick untuk pengambilan sampel dari hidung	BSN	2020

PENGHARGAAN DALAM 10 TAHUN TERAKHIR (PEMERINTAH, ASOSIASI ATAU INSTITUSI LAINNYA)

No.	Penghargaan	Tahun
1	Satyalancana Dharma Makara XV	2023
2	Dosen Lektor Kepala Periset FTUI Terbaik	2022
3	Dosen dengan Jumlah Publikasi Interdisiplin Terbanyak (Bidang Bioengineering)	2022
4	Makara Dharma Bakti 10 Tahun	2021
5	Best paper ISAIME	2022
6	Best paper ISBE	2020
7	Best paper IESC	2018
8	Global Partnership Fund (with Univ. of Warwick)	2017-2018

ASSOCIATION

American Society of Mechanical Engineering
International Society for Biofabrication
International Society of Bionic Engineering