

***ADVANCED PROCESS CONTROL:***  
**JEMBATAN UNTUK CELAH RISET-INDUSTRI**  
**DI INDONESIA**

**Abdul Wahid**

Pidato pada Upacara Pengukuhan sebagai  
**Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Indonesia**

Depok, 30 Agustus 2023

*“Dan adapun orang-orang yang takut kepada kebesaran Tuhannya dan **mengendalikan diri** dari keinginan hawa nafsunya, maka sesungguhnya surgalah tempat tinggal (nya).” (QS. An-Naazi’aat: 40-41)*

*“Bukanlah seorang yang kuat adalah yang jago menjatuhkan orang lain (jago berkelahi), akan tetapi orang yang kuat yaitu yang mampu **mengendalikan dirinya** tatkala dia sedang marah.” (HR. Bukhari-Muslim)*

“Always remember one thing: On the road to success, there is always we, not me. Do not think, that you alone can achieve things. No. There is always another person who is standing behind you. Maybe, not coming on the front, but behind you, praying for you, and supporting you. Never loose that person. Never.” (Muniba Mazari)

“There is a big difference between growth, progresss, dan success. Increasing your materialistics possessions in all ways is your **growth**. That growth if it is aided by ethics (discipline, honesty, norms), it is called **progress**. So, growth + ethics is progress. And, that progress + humanity, morality and spirituality is called success.” (Pujya Gyanvatsal Swami)

*Bismillahirrohmanirrohim,*

Yang Kami hormati

- Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia
- Ketua dan Sekretaris Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia
- Rektor dan Para Wakil Rektor Universitas Indonesia
- Ketua, Sekretaris, dan Para Anggota Dewan Guru Besar Universitas Indonesia
- Ketua, Sekretaris, dan Para Anggota Senat Akademik Universitas Indonesia
- Para Dekan, Direktur Sekolah serta Wakil Dekan dan Wakil Direktur Sekolah di Universitas Indonesia
- Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia,
- Ketua Dewan Guru Besar UI dan FTUI beserta anggota,
- Para Pimpinan, Staf Pengajar, Mahasiswa, dan Karyawan di Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Para Guru Besar Tamu, Para Undangan, Keluarga, Kerabat, serta hadirin yang kami muliakan.

*Assalamu'alaikum Warohmatullohi Wabarokatuh,*

*Alhamdulillah Robbil 'alamin,* segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam. Kita bersyukur kepada Allah atas segala nikmat yang diberikan kepada kita, sehingga kita dapat hadir pada peristiwa yang semoga membawa berkah bagi kita semua.

Perkenankan juga saya menghaturkan terima kasih setinggi-tingginya kepada Pemerintah Republik Indonesia yang dalam hal ini diwakili oleh Bapak Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan kepercayaan kepada saya untuk memangku jabatan Guru Besar Bidang Teknik Kendali

Industri Proses pada Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

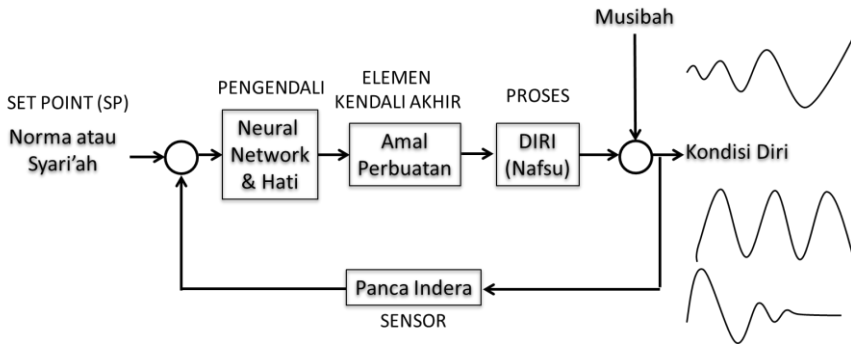
Perkenankan saya menyampaikan pidato ilmiah pengukuhan Guru Besar Bidang Ilmu Teknik Kendali Industri Proses pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia terkait dengan sumbangan pemikiran tentang **“Advanced Process Control: Jembatan untuk Celah Riset-Industri di Indonesia”**.

**Para Guru Besar dan hadirin yang saya hormati,**

Sistem kendali sesungguhnya tidak asing dalam kehidupan masyarakat pada umumnya. Ia dapat ditemui di jalan raya berupa lampu lalu lintas yang menggunakan sistem kendali lup terbuka. Disebut kendali lup terbuka karena hanya menggunakan satu komponen utama saja dalam pengendalian, yakni hanya memiliki pengendali (*controller*) berupa timer (durasi menyalanya lampu hijau, kuning dan merah) tanpa dilengkapi dua komponen lainnya, yakni sensor dan elemen kendali akhir. Ini adalah contoh sistem kendali yang paling sederhana (Ogata, 1985). Contoh lainnya dapat ditemui di peralatan rumah tangga berupa mesin cuci dua tabung, oven, dan microwave, bahkan pada mainan anak-anak seperti menabuh gendang yang dijalankan dengan memutar “timer”-nya, atau mobil-mobilan yang dijalankan dengan menarik mundur rodanya lalu melepaskannya. Kedua yang terakhir ini menggunakan kendali lup terbuka secara mekanik.

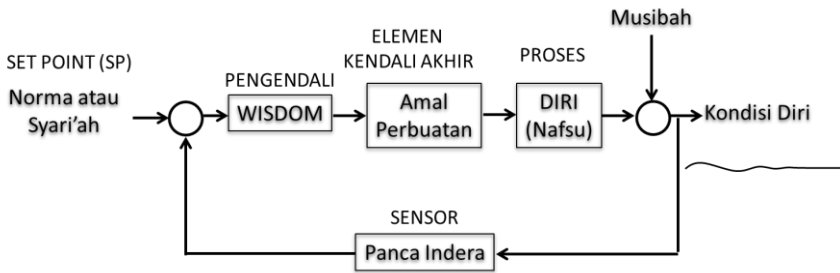
Sistem kendali lainnya terdapat di AC, kulkas, mesin cuci satu tabung (yang merupakan contoh *batch process control*), *water heater*, *closet*, reservoir (toren) air, pompa air, lampu penerang dengan sensor cahaya (mati, redup atau terang tergantung dari cahaya di tempat lampu itu berada) atau sensor gerak seperti yang ditemui di lampu kamar mandi. Dalam kehidupan modern, sulit untuk menunjukkan perangkat atau sistem yang direkayasa yang tidak memiliki jejak kendali—bahkan jika jejak itu mungkin tersembunyi dari pengamat biasa (Samad dkk., 2020).

Manusia juga dilengkapi tiga komponen utama dalam sistem kendali diri (*self control system*), yakni jaringan saraf (*neural network*) “asli” di otak dan hati sebagai pengendali, panca indera sebagai sensor, dan amal perbuatan sebagai elemen kendali akhir atau *manipulated variable* (MV). *Set point* (SP) atau standar-nya adalah norma atau syari’at. Proses yang dikendalikan adalah diri atau nafsu dengan variabel yang dikendalikan (*controlled variable*, CV) berupa kondisi diri atau nafsu manusia. Gangguan (*disturbance*)-nya adalah musibah yang terjadi di dunia dan diri manusia. Sistem tersebut ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil pengendalian diri tercermin pada tiga kondisi diri: stabil (*nafsu mutmainnah*), stabil marjinal atau sinusoidal (*nafsu lawwamah*), dan labil (*nafsu ammarah*). Jika tidak memiliki norma/syari’ah sebagai standar/target hidupnya, maka akan kacau karena tidak pernah merasa ada sesuatu yang salah.



Gambar 1 Sistem kendali diri konvensional

Jika jaringan sarafnya berkembang baik dengan terus menimba ilmu dan pengalaman, maka akan menjadi hikmah (*wisdom*), menjadi *advanced control* (kendali lanjut), dan kondisi dirinya akan selalu lebih stabil dalam kondisi (gangguan) apapun sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Sistem kendali diri lanjut

**Para Guru Besar dan hadirin yang saya hormati,**

Bagaimana dengan sistem kendali proses? Tabel 1 menunjukkan isu-isu penting dalam studi dan aplikasi kendali proses. Di isu-isu inilah biasanya riset kendali dipelajari.

Tabel 1 Isu-isu Utama Kendali Proses

PROCESS	CONTROL	OBJECTIVES	BENEFITS
Batch – Continuous		Safety	Performance
Design	Conventional – Advanced	Enviromental protection	Stability
Nonlinearity	Linear – Nonlinear	Equipment protection	Robustness
Complexity and Scale	Single - Multivariable	Smooth operation and Product rate	
System Identification	Tuning & Retuning	Product quality	
		Profit	
		Monitoring and Diagnosis (Big Data)	

Pembahasannya akan dimulai dari manfaat atau benefit dari penerapan kendali proses.

## **BENEFITS**

Paling tidak ada tiga manfaat pengendalian proses: kinerja kendali yang sangat baik (*excellent control performance*), stabilitas proses, dan kehandalan proses.

### **Kinerja Kendali**

Tujuan kendali proses adalah menghilangkan penyimpangan atau kesalahan (*error*, E) antara nilai yang diinginkan (*target/standar*) dan realitanya, atau antara *set point* (SP) dan harga variabel yang dikendalikan (CV):

$$\min_{t \rightarrow \infty} \text{Error}(t) = \text{Target}(t) - \text{Kenyataan}(t) \quad (1)$$

Kinerja kendali yang terbaik akan berdampak pada peningkatan efisiensi energi yang digunakan di dalam proses. Sebagai contoh, penggunaan *model predictive control* (MPC) sebagai salah satu kendali proses lanjut (*advanced process control*, APC) di *propane/isobutane splitter* (C3/iC4 splitter) di Kilang Phillips' Borger (Texas) mampu mereduksi penggunaan energi sebesar 20% (Riggs, 2000).

### **Stabilitas**

Mendapatkan kinerja kendali yang sangat baik tidaklah cukup dalam mendesain kendali proses, karena perlu ada metode untuk mengevaluasi efek elemen dalam sistem kendali lup tertutup pada stabilitas dan kinerja dinamikanya. Sebuah proses yang awalnya terredam dapat menjadi berosilasi secara sinusoidal dan bahkan berpotensi

menjadi labil. Oleh karena itu, pemahaman menyeluruh tentang stabilitas sistem dinamik sangat penting, karena memberikan hubungan penting antara dinamika proses, penyetelan pengendali, dan kinerja yang dapat dicapai. Hubungan ini digunakan dalam berbagai cara, seperti pemilihan mode pengendali, penyetelan pengendali, dan merancang proses yang lebih mudah dikendalikan (Marlin, 2000).

Sistem dikatakan stabil **selama mencapai kondisi tunak** (*steady state*) kembali setelah terjadinya perubahan. Istilah yang lebih jelas dan tepat adalah *bounded input-bounded output stability*, yakni semua variabel keluaran (variabel yang dikendalikan, CV) berada pada batas tertentu saat semua variabel masukan (variabel yang diubah-ubah, MV) berada pada batas tertentu juga, kapanpun juga. Misalnya pada sebuah reaktor kimia, jika terjadi peningkatan sebesar 1°C pada temperatur masuk, maka menyebabkan temperatur keluaran berada pada **keadaan tunak baru** yang lebih tinggi dari 100°C (Marlin, 2000).

## Kehandalan

Model dinamik linear adalah yang paling sering digunakan untuk mewakili proses yang—sebenarnya—kebanyakannya adalah nonlinear. Model linear yang paling banyak digunakan adalah model *first-order plus dead time* (FOPDT) atau *first-order lag plus time delay* (FOLPD) seperti ditunjukkan oleh Pers. (2):

$$G_p(s) = \frac{K_p e^{\theta s}}{\tau s + 1} \quad (2)$$

dengan  $G_p(s)$  adalah fungsi alih (model) dari proses,  $K_p$  adalah *gain* dari proses,  $\tau$  adalah konstanta waktu atau *lag*,  $\theta$  adalah *dead time* atau *time delay*, dan  $s$  adalah variabel transformasi Laplace (O'Dwyer 2009; Smith & Corripio, 1985).



Karena linear, model ini selalu memiliki kesalahan. Masalahnya, untuk menyetel parameter pengendali, digunakan model tersebut sehingga prosedur penyetelan harus memperhitungkan kesalahan. Dengan demikian, diperoleh kinerja kendali yang dapat diterima saat dinamika proses berubah. Perubahan didefinisikan sebagai  $\pm$  persentase perubahan dari kasus dasar atau parameter model nominal. Kemampuan suatu sistem kendali untuk memberikan kinerja yang baik ketika dinamika pabrik berubah sering disebut dengan **kehandalan**. Jadi kendali proses yang handal dapat menoleransi atau tidak sensitif terhadap perubahan pada proses (Åström and Murray, 2006; Marlin, 2000; Luyben, 1996).

Sebagai contoh, sebuah proses memiliki tiga CSTR (*continuous stirred tank reactor*) diturunkan laju alir masuknya sebesar 30% dan 55% dari harga normalnya. Hal ini menyebabkan kesalahan pada model linear dan perubahan harga parameter pengendali. Setelah dilakukan pengujian, ternyata perubahan sebesar -30% yang kinerja kendalinya masih dapat diterima, sedangkan perubahan sebesar -55% memiliki kinerja kendali yang sangat buruk dan mendekati batas kestabilannya. Hal ini berarti, disain kendali prosesnya handal pada batas -30% dari laju alir masuk normal (Marlin, 2000).

### ***Trade-off* antara Kinerja dan Kehandalan**

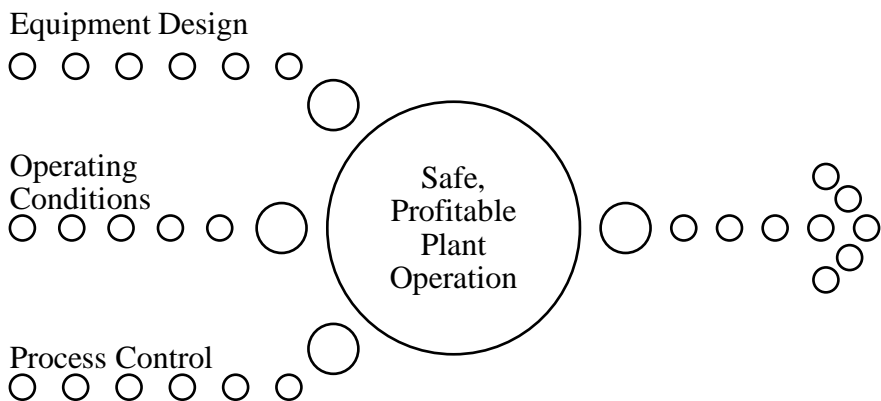
Dalam aplikasi dunia nyata, seringkali diinginkan disain kendali proses yang tidak hanya memiliki kinerja kendali yang tinggi, tetapi kehandalan yang tinggi juga. Karena itu perlu didapatkan titik temu (*trade-off*) dari keduanya. Metode yang digunakan di antaranya adalah Kriteria Doyle-Stein, Metode Skogestad-Morari, dan Metode Multiobjektif Evolusioner (Jin & Shendhoff, 2003; Luyben, 1996). Jika tidak dapat dititik-temukan, maka dapat didisain menggunakan pilihan mode seperti yang terjadi pada pesawat tempur: **mode tempur** dan **mode pendaratan**. Mode tempur menggunakan kinerja yang sangat tinggi agar akurasi tinggi meski berada di batas kestabilan, sedangkan mode

pendaratan memiliki kinerja yang lebih rendah tapi handal (Luyben, 1996).

**Para Guru Besar dan hadirin yang saya hormati,**

### **CONTROL OBJECTIVESS**

Bagian besar terkait kendali berikutnya adalah sasaran kendali (*control objectives*). Untuk mencapai kinerja proses yang terbaik, kendali proses hanyalah salah satu dari tiga elemen kritisnya sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Desain peralatan yang tepat, kondisi operasi, dan kendali proses harus dicapai secara bersamaan untuk mencapai operasi pabrik yang aman dan menguntungkan. Peralatan sudah seharusnya dirancang untuk memberikan respons dinamik yang baik selain keuntungan dan efisiensi kondisi tunak yang tinggi. Selain itu, kondisi operasi pabrik, serta pencapaian tujuan pabrik dalam keadaan tunak harus memberikan fleksibilitas untuk operasi dinamis. Dari sini dapat diketahui bahwa mencapai keunggulan dalam operasi pabrik membutuhkan pertimbangan semua faktor (Marlin, 2000).



Gambar 3 Tiga elemen kritis menuju kinerja pabrik yang unggul

Ada tujuh objektif kendali, yaitu keselamatan, proteksi lingkungan, proteksi peralatan, kelancaran operasi dan laju produk, kualitas produk, keuntungan, serta pemantauan dan diagnosis (Marlin, 2000). Yokogawa (Rice & Vasseur, 2019) merumuskannya dalam istilah “SIMPLE” (*Safety, Impact, Management, Profit, Longevity, and Equipment*). Objektif kendali ini menjadi basis dalam desain kendali, yakni untuk menentukan variabel proses (tekanan, suhu, level, laju alir, konsentrasi, dan lain-lain) yang harus dikendalikan.

Tiga yang pertama (keselamatan, proteksi lingkungan, dan proteksi peralatan) merupakan prioritas utama (Marlin, 2000). Meskipun demikian, revolusi data besar (*big data*) yang saat ini terjadi di seluruh sains, teknologi, dan masyarakat pada umumnya akan menantang pemikiran tentang peran data dalam kendali otomatis, dan memotivasi penelitian intensif ke arah ini (Daoutidisa, P., Megan, L. & Tang, W., 2023). Sedangkan terkait dengan profit, untuk mendapatkannya, bukan hanya dalam memilih variabel bebas yang memungkinkan menyediakan produk dengan biaya rendah, tetapi penggunaan kendali proses lanjut (APC) seperti *model predictive control* (MPC) menjadi pilihan terbaik yang telah diakui secara umum (Vansovits dkk., 2022). Itulah *kenapa di sini diusulkan* APC sebagai jembatan celah riset-industri terkait kendali proses.

**Para Guru Besar dan hadirin yang saya hormati,**

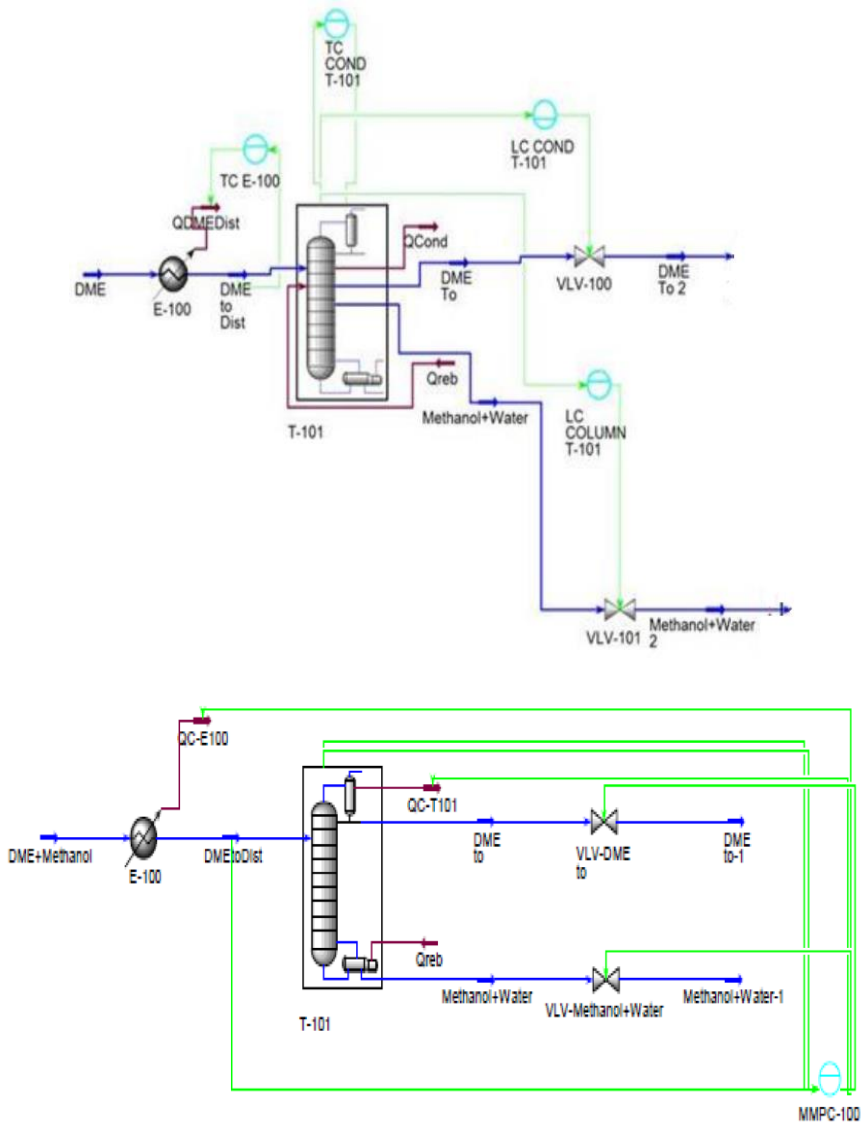
## **CONTROL**

Untuk memperoleh tujuh objektif kendali, strategi kendali yang digunakan harus tepat. Fungsi pengendali sendiri adalah untuk menangani kesalahan ( $E$ ). Pengendali konvensional, yakni pengendali PID (proporsional-integral-derivatif) sampai saat ini masih dominan dibandingkan dengan APC (Åström, 2002; Åström & Hägglund, 1995). Akan tetapi, tantangan besar dan topik hangat seperti energi terbarukan, mobil *self-driving*, udara dan air bersih, obat-obatan pribadi, robot

otonom, konstelasi satelit skala besar, mobilitas udara perkotaan, dan manufaktur pintar semuanya akan membutuhkan APC untuk realisasinya (Daoutidisa, P., Megan, L. & Tang, W., 2023). Ini menjadi alasan kedua pentingnya APC sebagai jembatan riset-industri.

Ada empat APC yang utama, yaitu MPC, *robust control*, *adaptive control*, dan *nonlinear control*. MPC sendiri terdiri atas MPC linear dan nonlinear MPC (NMPC). MPC linear menggunakan model FOPDT, sedangkan NMPC menggunakan model *black box* berupa *neural network* (NN). Model NN yang digunakan dapat berupa *artificial NN* (ANN), *deep NN* (DNN), *feed forward NN* (FNN), *recurrent NN* (RNN) dan variannya (Ren dkk., 2022). *Nonlinear control* yang dimaksud di sini adalah *feedback linearization*, *dynamic inversion*, *sliding-mode control*, dan sebagainya (Bartoszewicz, 2011).

Dari keempat APC tersebut, MPC dianggap sebagai "permata mahkota" teori kendali. MPC merupakan salah satu pencapaian utama dalam pengembangan APC multivariat (*multi-input multi-output*, MIMO—seperti satu pemain hula hoop yang memainkan banyak hula hoop atau satu pemain naik sepeda roda satu sambil memainkan *juggling*) karena kemampuannya untuk menghitung tindakan kendali yang **optimal** tidak hanya berdasarkan pengukuran keadaan sesaat tetapi juga yang respon proses yang diantisipasi. Perlu dicatat bahwa MPC sendiri bukanlah salah satu dari perkembangan yang muncul dari pekerjaan teoretis; sumbernya bukanlah penelitian akademis tetapi implementasi industri (Ren dkk., 2022; Samad dkk., 2020; Qin & Badgwell, 2003). Meskipun, sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, terdapat dua jenis MPC (linear dan nonlinear), teknologi MPC linier terus menjadi tulang punggung teknologi kendali industri selama lebih dari tiga dekade (Daoutidisa, P., Megan, L. & Tang, W., 2023). Berbeda dengan MPC, pengendali PID hanya mampu mengendalikan satu CV dengan satu MV atau SISO (*single-input single-output*). Jika terdapat banyak CV, maka digunakan banyak *multiloop control* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 untuk proses purifikasi dimetil eter (DME) dan metanol.



Gambar 4 Atas: Multiloop PI dan, bawah: single loop MPC (Wahid & Gunawan, 2015; Wahid & Utomo, 2019)

**Penyetelan kendali** (*control tuning*) juga merupakan yang sangat penting untuk mencapai objektif dan manfaat kendali. Metode **Ziegler-**

Nichols (1942) merupakan metode penyetelan parameter pengendali PID yang pertama dan sampai sekarang masih digunakan dengan hasil yang baik. Harus selalu diingat bahwa produsen (manufaktur) yang berbeda menerapkan algoritma pengendali PID yang berbeda pula. O'Dwyer (2009) berhasil merangkum metode penyetelan pengendali PI dan PID sesuai dengan algoritma pengendali (yang berjumlah sembilan algoritma) dan model proses (lima jenis model) yang digunakan. Jumlahnya mencapai 1.731 metode penyetelan, yang terdiri atas 60% didasarkan pada *self-regulating (stable) model*, 10% adalah *non-model specific* (model didasarkan pada pengujian lup tertutup), dan 30% didasarkan pada *non-self-regulating (unstable) model* atau dikenal juga dengan sebutan *integrating model*.

Algoritma pengendali PID yang digunakan oleh beberapa manufaktur adalah sebagai berikut (O'Dwyer, 2009):

1. Yokogawa : struktur ideal
2. Siemens : struktur dengan derivatif yang difilter
3. Honeywell : struktur ideal, klasik, dan *two degree-of-freedom*
4. Foxboro : struktur dengan derivatif yang difilter, klasik, dan *two degree-of-freedom*
5. ABB : struktur *two degree-of-freedom*

Meskipun metode penyetelan pengendali PID sudah sangat berkembang, kenyataannya pada tahun 1993 dari ribuan lup kendali di ratusan pabrik, ditemukan bahwa lebih dari 30% pengendali yang terpasang beroperasi dalam mode manual dan 65% lup yang beroperasi dalam mode otomatis memiliki kinerja kendali yang buruk. Tujuh tahun kemudian, di tahun 2000, ternyata kondisi semakin buruk karena lup dalam mode otomatis yang berkinerja buruk naik menjadi 80%, lup kendali lainnya yang meningkatkan variabilitas jangka pendek dari proses yang akan dikendalikan (biasanya karena aksi integral yang terlalu kuat)

sebesar 30%. Pengendali yang terpasang dalam mode manual masih sebesar 30%. Pada tahun 2009, didapati 25% dari semua lup pengendali PID menggunakan pengaturan *default* pabrik, menyiratkan bahwa mereka belum disetel sama sekali (O'Dwyer, 2009). Hal ini semestinya mendapatkan perhatian yang serius dari industri. Langkah retuning pengendali PID perlu dilakukan untuk memperbaiki kinerja pengendaliannya (Wahid & Andari, 2020; Wahid & Mahdi, 2018). Di samping itu, penting sekali agar pemegang otoritas kendali proses di industri dipegang oleh *process control engineer* (alumni Teknik Kimia).

Penyetelan MPC lebih rumit dibandingkan dengan PID sehingga sampai sekarang belum ada metode penyetelannya yang mapan. Riset terkait hal ini masih terus berlanjut. Ramasamy dkk. (2023) berhasil dengan sangat baik merangkum riset yang terkait dengan penyetelan MPC untuk digunakan di proses pembakaran semen (*cement kiln process*).

**Para Guru Besar dan hadirin yang saya hormati,**

## **PROCESS**

Bagian yang sangat penting dalam kendali proses adalah proses itu sendiri. Makin baik pemahamannya terhadap proses akan makin baik dalam mengendalikannya.

Hal pertama yang terkait dengan proses adalah **jenis proses**, yakni apakah prosesnya *batch* (tumpak) atau kontinyu. Jenis proses sangat memengaruhi bagaimana kendali prosesnya. Proses *batch* dikendalikan sesuai dengan urutan atau tahapan atau penjadwalan (*scheduling*) proses disertai waktu yang diperlukan untuk setiap tahapan tersebut. Contohnya adalah proses mencuci pakaian menggunakan mesin cuci otomatis (mesin cuci "satu tabung"), perlu menentukan level air yang diperlukan, waktu yang diperlukan untuk proses pembilasan, dan waktu yang diperlukan untuk pengeringan. Terakhir, semua tahapan itu berapa kali

perulangannya. Sedangkan proses kontinu dikendalikan secara simultan untuk setiap prosesnya.

**Desain proses** dapat mempengaruhi secara substansial dalam kendali proses. Karena itu, saat mendesain proses harus berorientasi pada kendali (*control-oriented process design*). Proses yang didesain seharusnya responsif, dinamika antara variabel yang dimanipulasi (MV) dan yang dikendalikan (CV) harus cepat—semakin cepat semakin baik. Selain itu, proses yang rentan terhadap sedikit gangguan akan lebih mudah dikendalikan. Mengurangi frekuensi dan besarnya gangguan dapat dicapai dengan berbagai cara; contoh sederhananya adalah menempatkan peralatan (seperti tangki) yang besar sehingga gangguan dilemahkan oleh efek rata-rata dari tangki (Marlin, 2000).

**Proses kimia secara intrinsik nonlinier.** Untuk proses dengan perilaku nonlinier yang kuat, pendekatan model linier lokal tidak valid dan diperlukan metode kendali nonlinier. Akan tetapi, kendali nonlinear, khususnya NMPC biasanya terkendala waktu lup kendali yang sangat lama, sehingga pengendaliannya juga memakan waktu lama untuk mencapai SP atau mempertahankan SP jika terjadi gangguan. Karena itu, metode kendala linear-lah yang digunakan.

**Kompleksitas atau skala proses** juga sangat memengaruhi desain kendali proses. Makin kompleks suatu proses atau makin besar skalanya, akan makin kompleks juga kendalinya. Hal ini terjadi bukan karena banyaknya variabel yang harus dikendalikan (CV), tetapi interaksi antara satu CV dan CV lainnya juga meningkatkan kerumitannya. Seharusnya, interaksi antar-variabel ini tertangkap oleh pengendali. MPC menjadi satu-satunya pengendali yang dapat mengelola hal ini, sedangkan pengendalinya lainnya tidak, sehingga MPC adalah yang paling tepat untuk digunakan pada proses yang memiliki kompleksitas tinggi atau skala yang besar. Ini adalah *alasan ketiga* kenapa MPC diusulkan sebagai jembatan untuk celah riset-industri.



Terakhir yang juga sangat penting terkait proses adalah **identifikasi sistem**, yakni menurunkan model dari sistem (proses). Model berbasis neraca (massa, energi dan momentum) atau disebut *first-principle* adalah yang terbaik untuk mewakili sistem nyata. Model ini akan sangat baik dalam memahami perilaku dinamik dari proses. Akan tetapi, belum ada pengendali yang menggunakan model ini sebagai algoritma pengendaliannya. Oleh karena itu digunakan model lain yang disebut model empirik. Sebagaimana proses, model empirik juga ada yang linear dan ada yang nonlinear. Model linear yang paling banyak digunakan adalah model FOPDT seperti yang ditunjukkan oleh Pers. (2). Model linear lainnya adalah *second order plus dead time* (SOPDT), model ruang keadaan (*state space model*), dan model polinomial input-output seperti ARMAX (*AutoRegressive Moving Average models with exogenous inputs*). Sedangkan model nonlinear di antaranya seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya adalah model yang berbasis jaringan saraf (ANN, DNN, FNN, RNN), NARMAX (Nonlinear ARMAX), Volterra, dan *block-oriented models*. Mayoritas pengendali PID menggunakan model linear FOPDT dalam menentukan parameter pengendalinya (*controller tuning*), sedangkan MPC menggunakannya secara langsung sebagai pengendalinya. Para peneliti MPC juga menjadikan model tersebut dalam penyetelan parameter MPC: waktu pengambilan sampel (*sampling time, T*), *prediction horizon* (P) dan *control horizon* (M) yang memengaruhi kinerja pengendalian MPC.

**Para Guru Besar dan hadirin yang saya hormati,**

### **JEMBATAN ANTARA RISET KENDALI PROSES DAN INDUSTRI**

Seperti telah disebutkan di bagian awal, bidang kendali telah sangat sukses memengaruhi kehidupan manusia karena memberikan manfaat besar dalam kehidupan mereka, dan sebagai bidang penelitian pun memiliki daya hidup yang berkelanjutan. Akan tetapi, ada semacam konsensus yang luas bahwa praktisi kendali di industri dan komunitas riset

akademis kurang terlibat satu sama lain. Hal ini tentu sangat memprihatinkan. Karena itu, Federasi Internasional Kendali Otomatik (IFAC, *International Federation of Automatic Control*) pada tahun 2017 membentuk **Komite Industri** untuk meningkatkan partisipasi industri pada kegiatan IFAC dan juga dampak kegiatan tersebut terhadap industri (Samad dkk., 2020).

Celah atau kesenjangan teori/praktik atau riset/industri ada pada banyak bidang ilmu, tetapi lebih menonjol pada bidang kendali. Foss (1973) telah lama mengkritik teori kendali proses kimia dengan menyatakan bahwa, "Memang, teori kendali proses kimia memiliki medan yang berat untuk dilalui sebelum bertemu dengan kebutuhan mereka yang akan menerapkannya." Kesenjangan yang lebih menonjol di bidang kendali disebabkan oleh:

1. Keahlian dalam kendali membutuhkan pemahaman dasar teori abstrak yang mendalam dan luas.
2. Keahlian dan pendidikan dalam teori kendali cenderung dipisahkan dari pemaparan mendetail terhadap aplikasi tertentu atau bahkan kelas aplikasi, setidaknya dalam hal teknologi dunia nyata atau seperti yang dikatakan Åström (1999) bahwa kendali adalah "teknologi tersembunyi".

Kesenjangan tersebut terus berlanjut dan bahkan mungkin semakin besar (Daoutidisa, P., Megan, L. & Tang, W., 2023). Putus hubungan terjadi tidak hanya dalam penelitian tetapi juga dalam pendidikan. Karena itu, kedua kelompok pemangku kepentingan memiliki peran untuk mengatasi kesenjangan ini juga. Partisipasi industri dalam proyek penelitian dengan akademisi dapat menyampaikan prioritas pendidikan dalam proses itu, dan akademisi, pada bagiannya, perlu mengingat misi pendidikannya dalam penelitiannya dengan mitra industri (Samad dkk., 2020).

Vansovits dkk. (2022) mengusulkan bahwa untuk menjembatani celah riset-industri adalah dengan komunikasi timbal balik atau siklus

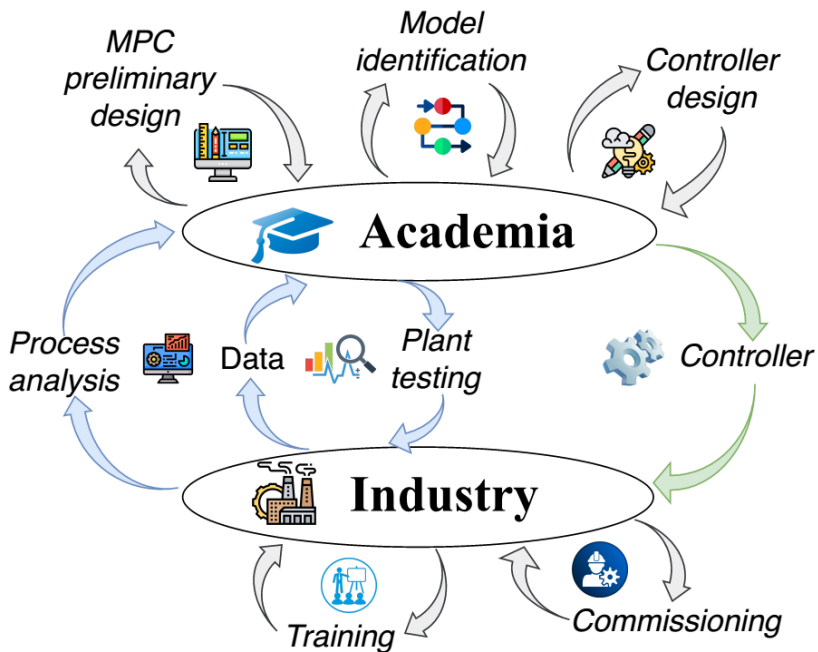
transfer pengetahuan: riset akademis mentransfer algoritma baru yang ditemukan kepada industri, sedangkan industri mentransfer data perkembangan industri kepada periset akademik. Contohnya, ada salah satu produk (*software*) dari industri yang digunakan untuk menyetel pengendali PID, ternyata menggunakan identifikasi sistem yang masih kurang akurat dibandingkan dengan metode baru yang lebih akurat. Periset akademik dapat mentransfer metode baru tersebut ke industri. Informasi terkait produk tertentu tersebut juga tidak akan diketahui kalau industri tersebut tidak membagikan informasi terkait yang berlaku di industri kepada publik.

Vansovits dkk. (2022) juga mengusulkan langkah transfer teknologi (MPC) dari periset akademik ke industri seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Langkah pertama, menganalisis proses secara menyeluruh untuk menentukan apakah MPC dapat diterapkan untuk mengatasi masalah yang disampaikan oleh industri. Mungkin solusinya cukup dengan melakukan *retuning*. Berikutnya, periset akademik mendesain MPC yang tepat menggunakan simulasi. Setelah berhasil secara simulasi, dipindahkan ke industri. Hal ini tentu tidak mudah. Langkah terakhir dari implementasi MPC memerlukan integrasi solusi yang dikembangkan ke dalam sistem kendali dari proses nyata, apakah ini berarti implementasi pengendali logika yang dapat diprogram (*programmable logic controller, PLC*) atau DCS (*distributed control system*).

Departemen Teknik Kimia FTUI pernah melakukan sebagian langkah tersebut di sebuah industri pengolahan gas bumi milik Pertamina (Wahid & Mahdi, 2018; Wahid & Wiranoto, 2018; Wahid, Meizfira & Wiranoto, 2018):

1. Mengubah proses industri menjadi simulasi proses yang sangat dekat dengan kondisi operasi proses industri.
2. Melakukan optimasi proses secara keadaan tunak.
3. Mendesain tiga jenis pengendali: PID, SISO MPC, dan MIMO MPC.

4. Menyetel parameter ketiga pengendali tersebut sehingga kinerja pengendalian yang lebih baik dari setelan semula yang ada di industri.
5. Mempresentasikan hasilnya di hadapan pihak industri.



Gambar 5 Diagram proses transfer MPC yang diusulkan dari periset akademik ke industri (Vansovits dkk., 2022)

### 10 Pesan untuk komunitas riset

Untuk menjembatani celah antara riset dan industri, ada sepuluh pesan yang dirumuskan oleh Samad dkk. (2020) untuk periset akademik:

1. Teknologi kendali lanjut sangat bervariasi dalam dampak dan persepsinya. Dampak teknologi kendali PID akan menurun (91%

menjadi 78%), sedangkan MPC akan naik secara signifikan (62% menjadi 85%).

2. Komunitas riset kendali umumnya tidak menyadari dampak dari kendali lanjut. Dari empat jenis APC (*MPC, robust control, adaptive control* dan *nonlinear control*), MPC menjadi yang paling tinggi dampaknya di semua jenis industri: proses, digantara, dan otomotif.
3. Kesuksesan dunia nyata membutuhkan pemahaman domain. Pemahaman yang diperlukan bukan hanya teori kendali tetapi juga pemahaman mendalam tentang domain aplikasi dan industri seperti terkait peraturan dan standar, dan kolaborasi lintas fungsi.
4. Infrastruktur dan arsitektur implementasi teknologi kendali bersifat khusus untuk industri. Produk penelitian kendali yang dapat dipertimbangkan untuk aplikasi praktis biasanya adalah sebuah algoritma. Sebelum algoritma ini dapat dioperasionalkan, sejumlah langkah harus diambil — implementasi perangkat lunak, konektivitas ke sensor dan aktuator, integrasi dengan sistem otomasi dan kendali, dan lainnya. Prosedur dan proses yang terlibat tidak seragam di industri yang berbeda, sehingga periset perlu memiliki pemahaman tentang aspek infrastruktur teknologi ini di industri yang mereka targetkan.
5. Kendali tingkat lanjut lebih dari sekadar kendali umpan balik... ini adalah pola pikir yang ketat dan berorientasi pada sistem. Pola pikir pertama adalah pola pikir kendali (*control mindset*), *system thinking* dan *system dynamics*.
6. Ilmu kendali memiliki relevansi berbasis luas untuk teknologi baru dan yang sedang berkembang. Meskipun hasil survei di tahun 2019 tidak muncul teknologi kendali, tapi kendali ada di semua teknologi masa depan.
7. R&D korporat dapat (kadang-kadang) berfungsi sebagai jembatan untuk transfer teknologi penelitian akademik. Transfer hasil penelitian akademik seringkali paling baik dicapai dengan menarik mereka yang terlibat dalam penelitian ke korporasi.

8. Pengurangan biaya adalah prioritas tinggi untuk inovasi industri dalam kendali. Pengurangan biaya sering tidak muncul dalam penelitian kendali. Para peneliti lebih berfokus pada kinerja pengendaliannya, meskipun hal ini berpengaruh terhadap pengurangan biaya.
9. Ekspektasi ekonomi mempengaruhi investasi industri dalam penelitian. Umumnya, industri mencari “finansial optimum” untuk investasi penelitiannya. Kriteria ini juga berlaku untuk penelitian kendali. Pengembangan kendali lanjut yang potensial harus bersaing dengan solusi tradisional—yang biasanya telah disesuaikan dan dioptimalkan selama bertahun-tahun—hanya akan dilakukan jika dianggap menguntungkan secara finansial.
10. Putusnya industri-akademik meluas ke pendidikan. Tidak dapat dipungkiri bahwa sebagian besar mahasiswa teknik tidak berspesialisasi dalam kendali dan hanya dapat mengambil satu mata kuliah kendali (di Departemen Teknik Kimia FTUI, ada dua mata kuliah terkait kendali: Simulasi Proses Kimia dan Pengendalian Proses). Saat dilakukan survei dengan responden dari akademik dan industri, hasilnya menunjukkan tanggapan yang berbeda dalam menentukan prioritas. Prioritas utama untuk responden akademisi adalah laboratorium perangkat lunak, sementara hal ini diberi peringkat cukup rendah oleh peserta industri. Respon frekuensi dan diagram Bode juga menunjukkan perbedaan penilaian yang serupa. Di sisi lain, topik yang dianggap penting oleh industri tetapi kurang penting oleh akademisi mencakup kendali dan pemodelan optimal dari data nyata.

### **Cerita Sukses keberhasilan kendali proses lanjut dalam industri**

Di antara contoh kisah sukses aplikasi APC di industri adalah aplikasi APC di telepon seluler, robot bergerak di gudang cerdas, pabrik etilena, pankreas tiruan lup tertutup untuk penanganan diabetes, deteksi kegagalan daring untuk Airbus A350, kendali robot untuk *hard disk drive*,

kendali jaringan sistem irigasi otomatis, dan kendali handal pesawat luar angkasa (Samad dkk., 2020).

Pada pabrik etilena MPC digunakan untuk solusi pengoptimalan dan kendali seluruh pabrik yang dikembangkan di Honeywell (Lu & Nath, 2014) yang mengintegrasikan pengoptimal global dan 15–30 *multivariable* MPC (MMPC), yang beroperasi setiap 30 hingga 60 detik dengan pengoptimal global memberikan target tingkat yang lebih tinggi setiap menit. MPC-nya menggunakan model linear. Sementara untuk model nonlinier keadaan tunak digunakan untuk menghitung parameter kritis, yakni, perolehan *yield* tungku (Samad dkk., 2020).

Proyek untuk mengimplementasikan optimalisasi dan kendali di seluruh pabrik biasanya memerlukan waktu 9 hingga 12 bulan. Tujuan operasional pabrik etilena meliputi peningkatan *yield*, maksimalisasi produksi, dan efisiensi energi. Solusi pengoptimalan dan kendali di seluruh pabrik biasanya menghasilkan peningkatan produksi sebesar \$1,5–\$3 juta setiap tahun. Penghematan energi adalah manfaat tambahan dan signifikan (Samad dkk., 2020).

Kisah keberhasilan lainnya adalah aplikasi MPC skala pabrik di pabrik butadiena, Italia Selatan (Bonavita dkk., 2002). Manfaat yang didapatkan adalah penurunan secara mendasar konsumsi uap, pengurangan secara signifikan konsumsi pelarut dan variasi kualitas produk, proses lebih stabil dan intervensi operator berkurang.

**Para Guru Besar dan hadirin yang saya hormati,**

## **KESIMPULAN**

1. Celah riset-industri terus berlanjut dan makin lebar, khususnya di bidang kendali karena memerlukan penguasaan dasar teori yang luas

dan mendalam, sementara pembelajarannya cenderung terpisah dari aplikasinya.

2. Komunikasi timbal balik antara periset dan industri: riset akademis mentransfer algoritma baru yang ditemukan kepada industri, sedangkan industri mentransfer data perkembangan industri kepada periset akademik. R&D di industri dapat menjadi jembatannya.
3. Industri proses perlu memperhatikan bahwa pemegang kendali proses (*process control*) seharusnya adalah *process control engineers*, apalagi kondisi kendali di industri sangat memprihatinkan: 30% pengendali terpasang dalam mode manual, 25% yang terpasang dalam mode otomatis belum disetel sama sekali, dan 80% yang dalam mode otomatis berkinerja buruk.
4. *Advanced process control* (APC) khususnya MPC adalah yang paling tepat menjadi jembatan celah riset-industri karena telah terbukti berhasil meningkatkan profit, mampu menjawab tantangan-tantangan masa depan, dan mampu mengelola kompleksitas proses dengan kinerja yang sangat baik sehingga periset dan industri perlu melakukan langkah kongkret untuk transfer pengetahuan dan teknologi MPC.
5. *Kisah sukses aplikasi MPC di industri, sebagai contoh di propane/isobutane splitter (C3/iC4 splitter) Kilang Phillips' Borger (Texas)*, industri proses etilena, dan pabrik butadiene di Italia Selatan menjadi pemicu bahwa hasil riset akan memiliki dampak yang signifikan dalam industri dan masyarakat.



## **Ucapan Terima kasih**

### **Para Guru Besar dan hadirin yang saya hormati,**

Pada akhir pidato ini izinkan saya sekali lagi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu saya dalam kehidupan maupun karir saya:

*Pertama*, terima kasih dan syukur saya yang setinggi-tingginya ke Hadhirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia yang tidak dapat dihitung kepda saya dan keluarga.

*Kedua*, sebagaimana arahan Allah dalam al-Qur'an agar setelah bersyukur kepada-Nya selanjutnya bersyukur kepada kedua orang tua, maka saya menyampaikan terima kasih dan syukur saya kepada kedua orang tua saya: Abah Surhim (alm) dan Emak Sawi (almh) atas segala bimbingan dan kasih sayangnya kepada saya selama keduanya masih hidup. *Rabbirhamhuma kamaa rabbayaanii shaghiiraa*: "Wahai Tuhanku, kasihilah mereka keduanya, sebagaimana mereka berdua telah mendidik aku waktu kecil." (QS. 17:24). Terima kasih juga kepada kedua mertua saya: Bapak Sarino Budi Soewartono dan Ibu Sutidjah (almh), yang telah menerima saya dengan tangan terbuka menjadi bagian dari keluarga mereka.

Perkenankan saya mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah mendukung saya dalam melaksanakan Tridharma Perguruan Tinggi selama menjadi staf pengajar Fakultas Teknik Universitas Indonesia sehingga dapat dikukuhkan menjadi Guru Besar Universitas Indonesia di bidang Teknik Kendali Industri Proses.

Saya sampaikan ucapan terima kasih kepada Pemerintah RI khususnya Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, Bapak Nadiem Anwar Makarim, BA., MBA. beserta jajaran birokrasinya yang telah menetapkan dan mengangkat saya sebagai Guru Besar di Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami haturkan juga kepada Rektor Universitas Indonesia Prof. Ari Kuncoro, S.E., MA, Ph.D., para Wakil Rektor, Sekretaris Universitas Indonesia, para Direktur, serta Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia yang telah mengusulkan saya sebagai Guru Besar di lingkungan Universitas Indonesia.

Kepada Dewan Guru Besar (DGB) Universitas Indonesia yang dipimpin oleh Prof. Harkristuti Harkrisnowo, S.H., M.A., Ph.D. beserta seluruh anggota Dewan Guru Besar, Ketua Tim PAK UI Prof Heru Suhartanto, dan anggota PAK UI yang telah menyetujui pengusulan Guru Besar saya, saya sampaikan terimakasih.

Terima kasih Kepada Ketua Senat Akademik UI, Prof. Nachrowi Djalal, MSc., MPhil., Ph.D. dan seluruh anggota Senat Akademik Universitas Indonesia atas bantuan serta dukungannya yang selama ini diberikan kepada saya sehingga saya dikukuhkan menjadi Guru Besar.

Saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak di Direktorat SDM Universitas Indonesia (Prof. Dr. -Ing. Amalia Suzianti, S.T., M.Sc.) beserta jajarannya yang telah membantu pengusulan Guru Besar saya.

Kepada Dewan Guru Besar FTUI yang dipimpin oleh Prof. Ir. Yulianto Sulisty Nugroho, M.Sc., Ph.D. dan anggota Dewan Guru Besar FTUI, saya mengucapkan terima kasih setinggi-tingginya karena telah mendukung pengusulan saya menjadi Guru Besar FTUI.

Ucapan terima kasih saya sampaikan juga kepada Ketua Senat Akademik FTUI, Prof. Kemas Ridwan Kurniawan, ST, M.Sc., Ph.D. beserta seluruh anggota Senat Akademik FTUI atas dukungan dan bantuannya.

Terima kasih saya sampaikan kepada Dekan FTUI, Prof. Dr. Heri Hermansyah, S.T., M.Eng., IPU., yang telah membantu proses pengajuan Guru Besar saya. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Ketua Departemen Teknik Kimia, Dr. Bambang Heru Susanto, dan Sekretaris Departemen Teknik Kimia, Dr. Dianursanti, yang selalu semangat mendukung pengajuan Guru Besar saya.

Terima kasih saya sampaikan kepada Tim SDM FTUI (Dr. Ajib Setyo Arifin, S.T., M.T. dan Amida Wahyuningsih, S.T.) beserta Deva Alifah dari Sekretariat Departemen Teknik Kimia FTUI atas bantuannya dan dukungannya dalam menyiapkan berkas pengurusan kenaikan pangkat.

Saya menghaturkan terima kasih yang tak terhingga untuk Kepada Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng. dari ITS, Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA. dan Prof. Dr. Ir. Mahmud Sudibandriyo, M.Sc. atas kesediaan dan keluangan waktu sebagai reviewer serta memberikan penilaian hasil-hasil riset yang saya tekuni.

Ucapan terimakasih juga saya sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Imansyah Ibnu Hakim, M.A. dan Prof. Dr. Ir. Donanta Dhaneswara, M.Si. yang telah bekerja sama dengan baik dalam pelaksanaan pengukuhan Guru Besar hari ini.

Ucapan terimakasih juga saya sampaikan kepada seluruh dosen-dosen lainnya di lingkungan Departemen Teknik Kimia FTUI: Prof. Andy Noorsaman Sømmeng, Prof. M. Nasikin, Prof. Setijo Bismo, Prof. Kamarza Mulia, Prof. Sutrasno Kartohardjono, Prof. Dijan Supramono, Prof. Dewi Tristantini, Prof. Asep Handaya Saputra, Prof. Slamet, Prof. Praswasti PDK Wulan, Prof. Misri Gozan, Prof. Nelson Saksono, Dr. Sukirno, Dr. Setiadi, Dr. Elsa Krisanti, Dr.rer.nat. Yuswan Muharam, Dr. Yuliusman, Rita Arbianti, M.Si., Dr. Eva Fathul Karamah, Dr. Tania Surya Utami, Dr. Eny Kusri, Dr. Muhammad Sahlan, Dr. Ardian Nengkoda, Dr. Muhammad Ibadurrohman, Dr. Cindy Dianita, Dr. Riezqa Andika, Dr. Kenny Lischer, Dr. Apriliana Cahya Khayrani, Dr. Habiburrahman Zulfikri, Dr. Rahma Muthia, Dr. Retno Wahyu Nurhayati, Dr. Intan Clarissa S., Dr. Fatimah Azizah Riyadi, dan Dr. Ibnu Maulana Hidayatullah.

Saya sampaikan ucapan terima kasih juga kepada para pendiri Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia FTUI: Dr.-Ing. H. Rachmantio (alm.), Prof. Dr. Ir. Roekmijati, M.Si., Atastina Sri Basuki, M.Si. dan Tilani HS, M.Sc. atas segala kerja kerasnya untuk mendirikan dan mengembangkan Teknik FTUI sehingga berkembang pesat seperti sekarang ini.

Ungkapan terimakasih kami haturkan juga untuk pembimbing S3 saya di Sekolah Kejuruteraan Kimia dan Kejuruteraan Tenaga, Universiti Teknologi Malaysia (UTM) Johor, Prof. Dr. Arshad Ahmad. Selama S3 beliau bukan hanya sebagai pembimbing riset, tapi juga sebagai orang tua dan teman berdiskusi. Juga pembimbing S1 dan S2 saya: Prof. Dr. Ir. Andy Noorsaman Sommeng, DEA., IPU. yang membuka jalan saya untuk menekuni simulasi dinamika proses dan *system dynamics*.

Juga sahabat-sahabat di Johor Malaysia, khususnya untuk Cik Taha bin Talib beserta keluarga yang banyak membantu saya dan keluarga saat berada di Johor Malaysia.

Untuk mahasiswa dan mahasiswa bimbingan saya di laboratorium *Proses Systems Engineering* (PSE) dan Grup Riset *Chemical Process Computing and Simulation* Departemen Teknik Kimia FTUI, terima kasih yang tak terhingga untuk semua kebersamaan riset dan pengujian dalam sidang seminar proposal maupun skripsi dan tesis.

Sebelum saya akhiri pidato ini, dari lubuk hati yang paling dalam ucapan terima kasih saya sampaikan kepada keluarga inti saya, istri saya yang tercinta Purnawirawati Dwisiwi, S.Pd. dan putra-putri saya: Muhammad Dhiya Ulhaq, S.Si., Shofiyyah Taqiyyah, S.T. (almh), Isyah Rodhiyah, S.Psi., M.Psi., Psikolog, *Chef* Adilah Muflihah, A.Md., Izzah Dinillah, S.KL., dan Khonsa Shodiqoh; juga besan-besan saya: Bapak Rusdi Rani dan Ibu Dwi Ayu Fibrianti, Bapak Dr. Sukmawijaya dan Ibu Fatimah, Bapka Muarif, S.Si. (alm) dan Ibu Gema Djihatari Haemie, S.Si.; menantu-menantu saya: Fathin Nadhiroh, S.TP., Satria Adhitama Sukma, S.H., M.H. dan Azzam Mu'tashim Billah, S.Akun.; serta cucu-cucu saya: Zaim Kayyis Al Azmi, Arzanka Zayyan Sukma, dan Ayra Meeta Billah.

Terima kasih juga saya ucapkan kepada kakak dan adik kandung saya: Khoridah, Sokhifah dan Sholihun; kakak dan adik ipar saya: Bapak Fatchurahman, Ibu Tri Wuryani, Bapak Drs. Arif Fadillah, M.Psi dan Ibu Dra. Widyowarih Suprihatiningsih, Bapak Sakhir Purnomo, M.Pd. dan Ibu

Tri Prasetyowati, S.Pd., Bapak Kellie Prastyawan dan Ibu Dewi Nurmala Sari. Juga kepada keponakan-keponakan saya yang jumlahnya sangat banyak.

Terima kasih juga kepada para alumni MI Ihsaniyah Tegal, SMP Ihsaniyah Tegal, SMA Negeri 1 Tegal, TGP FTUI khususnya Angkatan 87, UTM Johor Malaysia atas kebersamaannya dalam menimba ilmu.

Terima kasih saya ucapkan juga kepada semua yang aktif dalam pengabdian masyarakat bersama saya, yakni kepada Ketua dan staf UPPM DTK FTUI, Ketua dan Pengurus Yayasan Bina Pemuda Nusantara (BIMAN), Keluarga Besar Ikatan Keluarga Muslim Indonesia (IKMI) Johor Malaysia, Pengurus Kelompok Studi Pelajar Muslim (KSPM) Bojonggede – Bogor, Ketua DKM dan jamaah masjid dan musholla di lingkungan perumahan Griya Waringin Elok, Bojonggede Bogor: Masjid Al-Ikhlas, Masjid Al-Ukhuwwah, Masjid Baitul Mawaddah, Musholla Al-Muhajirin, Musholla Al-Muhsinin, Musholla Al-Ikhwani dan Musholla Bin Sinan. Semoga kita semua makin bermanfaat bagi yang lain.

Demikian pidato pengukuhan guru besar ini saya akhiri dengan mengucapkan,

***Wabillahi taufiq wal hidayah, Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.***

Ijinkanlah saya mengutip sebuah pepatah Arab:

**نَهَايَةُ السَّيِّئِ بِدَايَةِ التَّمْيِيزِ**

*Nihaayatusy syaikhi, bidaayatut tilmiidz*

**“Akhir (pencapaian) seorang Profesor, awal ia menjadi seorang murid”**

*Yaa Allah, berilah manfaat kepada kami dari ilmu yang telah Engkau ajarkan kepada kami  
ajarkanlah kepada kami ilmu yang akan memberi manfaat kepada kami  
tambahkan kami ilmu  
segala puji bagi Allah dalam segala keadaan  
dan kami berlindung dari keadaan ahli neraka*

## Daftar Pustaka

- Åström, K. J. (2002). *Control System Design*. University of California
- Åström, K. J. and Hägglund, T. (1995). *PID Controllers: Theory, Design, and Tuning*. 2<sup>nd</sup> Edition. Instrument Society of America
- Åström, K. J. and Murray, R. M. *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers* (DRAFT v2.4a, 16 September 2006))
- Bartoszewicz, A. (Ed.). (2011). *Challenges and Paradigms in Applied Robust Control*. InTech. doi: 10.5772/1024
- Bonavita, N., Martini, R. & Grosso, T. (2002). A step-by-step approach to advanced process control. *ABB Publication*
- Daoutidisa, P., Megan, L. & Tang, W. (2023). The Future of Control of Process Systems. *Computers and Chemical Engineering* (2023)
- Jin, Y., Sendhoff, B. (2003). Trade-Off between Performance and Robustness: An Evolutionary Multiobjective Approach. In: Fonseca, C.M., Fleming, P.J., Zitzler, E., Thiele, L., Deb, K. (eds) *Evolutionary Multi-Criterion Optimization*. EMO 2003. Lecture Notes in Computer Science, vol 2632. Springer, Berlin, Heidelberg
- Luyben, William L. (1996) *Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers*, Second Edition, McGraw-Hill International Edition
- Marlin, T. (2000). *Process Control: Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance*. 2nd Edition, McGraw-Hill, New York
- O'Dwyer, A. (2009). *Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules*. Imperial College Press, London WC2H 9HE
- Qin, S. J. and Badgwell, T. A. (2003). A Survey of Industrial Model Predictive Control Technology. *Control Engineering Practice*. 11: 733 – 764.
- Ramasamy, V., Kannan, R., Muralidharan, G., Sidharthan, R. K., Veerasamy, G., Venkatesh, S., and Amirtharajan, R. (2023). A comprehensive review on Advanced Process Control of cement kiln

- process with the focus on MPC tuning strategies. *Journal of Process Control* 121 (2023) 85–102
- Ren, Y. M., Alhajeri, M. S., Luo, J., Chen, S., Abdullah, F., Wu, Z., and Christofides, P. D. (2022). A tutorial review of neural network modeling approaches for model predictive control. *Comput. Chem. Eng.*, page 107956.
- Rice, B. and Vasseur, S. (2019). *6 Steps to Improved PID Tuning*. WHITE PAPER. Yokogawa Corporation of America
- Riggs., James B. (2000). Comparison of advanced distillation control methods. Final Technical Report. April 1994 - March 1999. Texas Tech University. Lubbock, Texas
- Samad, T. Bauer, M., Bortoff, S., Cairano, S. D., Fagiano, L., Odgaard, P. F., Rhinehart, R. R., Sánchez-Peña, R., Serbezov, A., Ankersen, F., Goupil, P., Grosman, B., Heertjes, M., Mareels, I., and Sosseh, R. (2020). Industry engagement with control research: Perspective and messages. *Annual Reviews in Control* 49 (2020) 1–14
- Smith, C. A. and Corripio, A. B. (1985). *Principles and Practice of Automatic Process Control*. John Wiley & Sons
- Vansovits, V., Petlenkov, E., Tepljakov, A., Vassiljeva, K., and Belikov, J. (2022). Bridging the Gap in Technology Transfer for Advanced Process Control with Industrial Applications. *Sensors* 2022, 22, 4149
- Wahid, A. and Andari, D. K. S. (2020). Proportional-Integral Controller Retuning to Improve Controller Performance in Formaldehyde Production Process at PT X. *AIP Conference Proceedings* 2255, 030059 (2020)
- Wahid, A. & Gunawan, T. A. (2015). Pengendalian proses purifikasi DME dan metanol pada pabrik DME dari gas sintesis. *Sinergi*. 19 (1): 57 – 66
- Wahid, A. & Mahdi. (2018). Retuning PI controller to improve the control performance in CO<sub>2</sub> removal process, subang field. *E3S Web of Conferences* 67, 01027 (2018). 3rd i-TREC 2018
- Wahid, A., Meizvira, F. & Wiranoto, Y. (2018). Application of multivariable model predictive control to overcome the intervariable interaction in

CO<sub>2</sub> removal process. *E3S Web of Conferences 67, 03049 (2018)*. 3<sup>rd</sup> i-TREC 2018

Wahid, A. & Utomo, W. R. (2019). Application of multivariable model predictive control (4x4) for dimethyl ether purification from methanol. *International Journal of Technology* 10(6), pp. 1211-1219

Wahid, A. & Wiranoto, Y. (2018). Optimization of control performance on CO<sub>2</sub> removal in subang field using model predictive control. *E3S Web of Conferences 67, 01028 (2018)*. 3<sup>rd</sup> i-TREC 2018

Ziegler, J. G. & Nichols, N. B. (1942). Optimum Settings for Automatic Controllers. *Transactions of the ASME*. November 1942



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### KETERANGAN PERORANGAN

1	NAMA LENGKAP	Prof. Ir. Abdul Wahid, MT., Ph.D.
2	PEKERJAAN	Dosen/Staff Pengajar FTUI
3	NIP	196707011995121001
4	JENIS KELAMIN	Laki-laki
5	UNIT KERJA	Fakultas Teknik Universitas Indonesia
6	PANGKAT/GOLONGAN/RUANG/TMT	Pembina Utama/IV/a/01 April 2008
7	JABATAN/TMT	Guru Besar (Profesor) Universitas Indonesia/01 Juni 2023
8	TEMPAT/TANGGAL LAHIR	Tegal, 1 Juli 1967
9	AGAMA	Islam
11	ISTRI	Purnawirawati Dwisiwi, S.Pd.
12	ANAK	Muhammad Dhiya Ulhaq, S.Si. Shofiyah Taqiyah, S.T. (almh.) Isyah Rodhiyah, S.Psi., M.Psi., Psikolog

		Adilah Muflihah, A.Md. Izzah Dinillah, S.KL. Khonsa Shodiqoh
13	ORANG TUA	Surhim (alm) Sawi (almh)
14	ALAMAT KANTOR	Departemen Teknik Kimia Kampus FTUI, Depok 16424 Indonesia
15	KONTAK	+62 816789272 wahid@che.ui.ac.id

#### RIWAYAT KEPANGKATAN PEGAWAI NEGERI SIPIL

NO.	PANGKAT	GOL/ RUANG	TMT	KETERANGAN
1	2	3	4	5
1	Penata Muda	III/a	01 Desember 1995	Universitas Indonesia
2	Penata Muda Tingkat 1	III/b	01 Oktober 2000	Universitas Indonesia
3	Penata	III/c	01 April 2003	Universitas Indonesia
4	Penata Tingkat 1	III/d	01 Oktober 2008	Universitas Indonesia
5	Pembina	IV/a	01 April 2011	Universitas Indonesia

**RIWAYAT PENDIDIKAN**

<b>1. PENDIDIKAN UMUM (SESUDAH SLTA) DI DALAM NEGERI / LUAR NEGERI</b>				
<b>NO.</b>	<b>AKADEMI/ PERGURUAN TINGGI</b>	<b>JURUSAN</b>	<b>LULUS TAHUN</b>	<b>KETERANGAN</b>
1	2	3	4	5
1	Universiti Teknologi Malaysia	Kejuruteraan Kimia	2016	S3
2	Universitas Indonesia	Teknik Kimia	2001	S2
3	Universitas Indonesia	Teknik Gas dan Petrokimia	1994	S1
4	SMAN 1 Tegal	Fisika (A1)	1987	SMA
5	SMP Ihsaniyah Tegal		1984	SMP
6	MI Ihsaniyah Tegal		1981	SD
<p><b>* <u>Spesialisasi, Bidang : Pengendalian Proses, dgn judul disertasi:</u></b>  <i>Improved Model Predictive Control for Distillation Column.</i>                      Promotor: Prof. Dr. Arshad Ahmad</p>				
<b>2. PENDIDIKAN DAN PELATIHAN JABATAN</b>				
<b>a.</b>	<b>PENDIDIKAN DAN PELATIHAN STRUKTURAL</b>	<b>INSTANSI PENYELENGGAR A</b>	<b>LULUS TAHUN</b>	<b>KETERANGAN</b>
1	2	3	4	5
1	Prajabatan	DEPDIBUD	1997	PNS

<b>b.</b>	<b>PENDIDIKAN DAN PELATIHAN FUNGSIONAL</b>	<b>INSTANSI PENYELENGGAR A</b>	<b>LULUS TAHUN</b>	<b>KETERANGAN</b>
1	2	3	4	5
1	<i>Bintek Massive Open Online Courses (MOOCs)</i>	Universitas Indonesia	2021	Metoda Pengajaran Daring
2	<i>Applied Approach</i>	Universitas Indonesia	1998	Metoda Pengajaran Dan Pendidikan
<b>c.</b>				
<b>c.</b>	<b>PENDIDIKAN DAN PELATIHAN TEKNIS</b>	<b>INSTANSI PENYELENGGAR A</b>	<b>LULUS TAHUN</b>	<b>KETERANGAN</b>
1	2	3	4	5
1	Workshop Audit Internal Akademik (AIA) - Penyegaran	BPMA UI	2017	Hotel Santika Bogor, Indonesia
2	Workshop Audit Internal Akademik (AIA)	BPMA UI	2015	Rektorat UI
<b>3. KURSUS-KURSUS DI DALAM / LUAR NEGERI</b>				
<b>NO.</b>	<b>NAMA KURSUS</b>	<b>INSTANSI PENYELENGGAR A</b>	<b>TAHUN</b>	<b>KETERANGAN</b>
1	2	3	4	5
1	Training for Automatic Kinematic	PT Jagadlab Indonesia	2016	Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

	Viscosity ASTM D445 in Biodiesel Fuel with Thomson Instrument TV2000-AKV			
2	Dynamic Modeling using UniSim® Design (Unisim Dynamics)	PT Advanced Technology Solution	2012	Hotel Santika, BSD, Tangsel, Indonesia
3	Helicopter Under Emergency Training (HUET)	BP Indonesia	2003	Depok, Indonesia
4	Energy Policy Analysis Workshop	Asean – Australia Energy Cooperation Projects and The Minister of Mines & Energy – Directorate General of Electricity & Energy Development	1999	Jakarta, Indonesia

<b>2. SIMPOSIUM/SEMINAR</b>					
NO.	NAMA	KEDUDUKAN / PERANAN	THN PENYELENGGARAAN	INSTANSI PENYELENGGARAAN	TEMPAT
1	2	3	4	5	
1.	<i>The 6th International Conference of Science,</i>	Presenter	2020	UNILA	Bandar Lampung, Indonesia

	<i>Technology, and Interdisciplinary Research 2020 (IC-STAR 2020)</i>				
2.	<i>The 5th International Tropical Renewable Energy (I-TREC) Conference</i>	Presenter	2020	FTUI	Online
3.	<i>The 5<sup>th</sup> Environment Asia International Conference</i>	Presenter	2019	The Faculty of Science, Chiang Mai University	Chiang Mai, Thailand
4.	<i>The 15th "Quality in Research (QIR)" International Conference</i>	Presenter	2019	FTUI	Padang, Indonesia
5.	<i>The 4th International Tropical Renewable Energy (I-TREC) Conference</i>	Presenter	2019	FTUI	Bali, Indonesia
6.	<i>The 3rd International Tropical Renewable Energy (I-TREC) Conference</i>	Presenter	2018	FTUI	Bali, Indonesia
7.	<i>International Conference Applied Sciences in Engineering, Business,</i>	Presenter	2017	Politeknik Negeri Padang dan Politeknik Ibrahim Sultan	Padang, Indonesia

	<i>Linguistic and Information Technology</i>				
8.	<i>The 1st UPI International Geography Seminar (UPI IGEOS 2017)</i>	Presenter	2017	Geografi UNPAD	Bandung, Indonesia
9.	<i>The 3rd International Conference on Chemical Engineering, Sciences and Applications</i>	Presenter	2017	Teknik Kimia UNSYIAH	Banda Aceh, Aceh Darussalam
10	<i>The 15th "Quality in Research (QIR)" International Conference</i>	Presenter	2017	FTUI	Bali, Indonesia
11	Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan".	Presenter	2016	UPN Veteran Yogyakarta	Yogyakarta, Indonesia
12	Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XII	Presenter	2016	UPN Veteran Jatim	Surabaya, Indonesia
13	<i>International Joint Conference on Science and Technology (IJCST) 2016</i>	Presenter	2016	UPN Veteran Jatim	Bali, Indonesia

### 3. KEANGGOTAAN/ KEPANITIAAN

NO	PERIHAL SURAT KEPUTUSAN	KEDUDUKAN/ PERANAN	NOMOR/TAHUN SURAT KEPUTUSAN	PEMBAUT KEPUTUSAN
1	2		3	4
1.	Research Group of Chemical Process Computing and Simulation	Ketua	ST-0006/UN2.F4.DTK/SDM.05.06/2023	Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI
2	Verifikasi EVISEM Sem Gasal 2022/2023	Anggota	ST-192/UN2.F4.D/PDP.06.00/2023	Dekan FTUI
3	Tim AIA S3 Ilmu Bahan-Bahan FMIPA UI	Ketua	18/SK/R/UI/2023	Rektor UI
4	Tim Unit Penjaminan Mutu Akademik (UPMA) Periode 2022-2026	Anggota	SK Dekan Nomor 1189/SK/D/FTUI/2022	Dekan FTUI
5	Tim Task Force Penyusunan Pemantauan dan Evaluasi Peringkat Akreditasi Program Doktor Teknik Kimia	Anggota	ST-0037/UN2.F4.D/SDM.05.06/2022	Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI
6	EVISEM Semester Genap 2021/2022	Verifikator	ST-1390/UN2.F4.D/PDP.06.00/2022	Dekan FTUI
7	Tim Task Force Penyusunan Pemantauan dan Evaluasi Peringkat Akreditasi Prog. S3	Anggota	ST-0037/UN2.F4.D/SDM.05.06/2022	Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI
8	Tim AIA S3 SKSG UI	Ketua	SK Rektor 783/SK/R/UI/2022	Rektor UI



9	Tim Persiapan Pra-Audit Internal Akademik di Lingkungan FTUI 2022	Auditor	0207/ UN2.F4.D/PDP.06.0 0/2022	Dekan FTUI
10	Tim Auditor Internal Akademik	Anggota	SK Rektor Nomor 1481/SK/R/UI/2021	Rektor UI
11	Tim Task Force Penyusunan Instrumen Suplemen Konversi BAN PT Program Doktor DTK	Anggota	ST- 0006/UN2.F4.DTK/ OTL.00.00/2021	Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI
12	Tim EVIN (Evaluasi Internal) ISK LED dan LKPS Program Studi di Fakultas Teknik UI	Anggota	ST- 0136/UN2.F4.D/PP P.06.00/2021	Dekan FTUI
13	Pembentukan dan Pengangkatan Tim Reviewer Dokumen Akreditasi Nasional UI	Anggota	1124/SK/R/UI/2021	Rektor UI
14	Tim Penyusunan Borang Akreditasi BAN PT Program Studi Teknik Kimia S1	Anggota	ST- 0034/UN2.F4.D/SD M.05.06/2020	Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI
15	Pengangkatan Tim Auditor Pelaksanaan AIA Tahun 2020	Ketua	1985/SK/R/UI/2020	Rektor UI
16	Tim Pengembangan Laboratorium Dasar Proses Kimia	Anggota	ST- 0876/UN2.F4.DTK/ PDP.05.01/2019	Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI
17	Tim Auditor Pelaksanaan AIA Damas Tahun 2019 Prodi S2 Biologi	Ketua	1893/SK/R/UI/2019	Rektor UI

18	Tim Auditor Pelaksanaan AIA Prodi Pendidikan Profesi Arsitektur	Anggota	2661/SK/R/UI/2018	Rektor UI
19	Tim Auditor Pelaksanaan AIA Prodi S1 Biologi	Ketua	1044/SK/R/UI/2018	Rektor UI
20	Tim Auditor Pelaksanaan AIA Prodi S3 Teknik Elektro	Anggota	1522/SK/R/UI/2018	Rektor UI
21	Tim Auditor Pelaksanaan AIA Damas Tahun 2018 Prodi S3 Ilmu Sejarah	Anggota	2267/SK/R/UI/2018	Rektor UI

#### KEGIATAN MENGAJAR

No	Tahun	Mata Kuliah	Strata, Institusi, Lokasi
1.	1996-Sekarang	Pengendalian Proses (3 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
2.	2012-Sekarang	Simulasi Proses Kimia (3 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
3.	2011-Sekarang	Perancangan Alat Proses (3 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
4.	2015-Sekarang	Kalkulus (4 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
5.	2016-Sekarang	Aljabar Linear (4 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
6.	2021-Sekarang	Kimia Fisika (3 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
7.	2012-Sekarang	Sistem Dinamik (3 SKS)	S2, FTUI, Depok
8.	2003-2017	Dasar Komputer (2 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
9.	2004-2005	Perancangan Pabrik (4 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
10	2003	Aplikasi Komputer (2 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
11	2003-2004	Analisis Sistem Proses (2 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok

12	2006	Pengantar Teknik Kimia (2 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
13	2006	Perpindahan Massa (3 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
14	2010-2017	Kimia Dasar (2 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok
15	2011	Matematika Teknik Kimia (2 SKS)	Strata 1, FTUI, Depok

### REVIEWER PAPER

No.	Tahun	Jurnal	Judul	Quartile
1	2022	International Journal of Coal Science & Technology	Characteristics of coal resources in China and statistical analysis and preventive measures for coal mine accidents	Q1
2	2021	Journal of Engineering Research (JER)	Development of PLC- Based Real Time PH Neutralization Process Control for Palm Oil Mill Effluent	Q3
3	2021	International Journal of Coal Science & Technology	Experimental and numerical evaluation on debonding of fully grouted rockbolt under pull-out loading	Q1
4	2021	International Journal of Technology	A Mathematical Model for <i>Arthrospira Platensis</i> Growth and Phycocyanin Formation in a Bubble Column	Q2
5	2021	Chemical Engineering & Technology	Dynamic Modeling of a Sub-zero, Fed-Batch, Packed Distillation Column to Produce Tetrafluoroethylene	Q2
6	2020	International Journal of Technology	A Mathematical Model of Factors Driving Product Success in an Indonesian Market using Design of Experiment	Q2
7	2020	International Journal of Technology	Dynamic Modeling and Discharge Performance Evaluation of Magnesium Battery Activated By Seawater	Q2

**KEGIATAN PENELITIAN**

No.	Tahun	Posisi	Topik	Sponsor
1	2022-2023	Peneliti Utama	Hibah PUTI Q2 2022: The Effect of Capacity Changes on the Plantwide Controllability of Biohydrogen Production from Biomass Based on the Proper Controller	UI
2	2020	Peneliti Utama	Hibah PUTI Q2 2020: Economic Analysis of Dimethyl Ether-Methanol-Water Separation Control Using Multivariable Model Predictive Controls (2x4x4) with Retuning and Inter-Separation Delay Time	UI
3	2020	Peneliti Utama	Hibah PUTI Prosiding 2020: Peningkatan Kinerja Pengendali Menggunakan Model Predictive Control dan Retuning Pengendali PI	UI
4	2019	Peneliti Utama	Hibah PITTA B (Publikasi Internasional Terindeks untuk Tugas Akhir Mahasiswa UI) 2019: Optimisasi Energi Fosil dan Energi Baru Terbarukan secara Teknis dan Ekonomis	UI
5	2019	Peneliti Utama	Hibah PITTA B (Publikasi Internasional Terindeks untuk Tugas Akhir Mahasiswa UI) 2019: Penerapan Pengendalian Proses Tingkat Lanjut dan Studi Kelayakan pada Proses Produksi Sumber Energi Terbarukan	UI
6	2018	Peneliti Utama	Hibah PITTA (Publikasi Internasional Terindeks untuk Tugas Akhir Mahasiswa UI) 2018: Optimasi Pengendalian Unit Minyak dan Gas Menggunakan Pengendali Model Predictive Control	UI
7	2018	Peneliti Utama	Hibah PITTA (Publikasi Internasional Terindeks untuk Tugas Akhir Mahasiswa UI) 2018: Optimasi Proses Penghilangan CO <sub>2</sub> pada Pengolahan Gas Alam Menggunakan Tiga Model Pengendali	UI

8	2017	Peneliti Utama	Hibah PITTA (Publikasi Internasional Terindeks untuk Tugas Akhir Mahasiswa UI) 2017: Optimasi Produksi Energi Menggunakan Pengendali Model Predictive Control	UI
9	2007-2008	Peneliti Utama	Penentuan <i>Octane Number</i> pada Biogasoline Menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> (HIBAH BERSAING XV)	DIKTI
10	2006	Peneliti Utama	Pengembangan Materi Mata Ajar "Pengendalian Proses" Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi (INHERENT)	DIKTI
11	2005	Anggota	Pembuatan "Biogasoline" dari Minyak Sawit dengan Katalis Zeolit Alam (RUT XII)	DRN
12	2002	Anggota	Using of Natural Zeolite as Oxygen Richer to increase combustion efficiency of kerosene burner (RUT IX)	DRN
13	2001	Peneliti Utama	Peningkatan Efisiensi Belajar Melalui <i>Web-based Interactive Learning Modules</i> (WILMO): Studi Kasus Mata Kuliah Pengendalian Proses (QUE Project)	Departemen Teknik Kimia FTUI
14	1999	Peneliti Utama	Aplikasi Artificial Neural Network (ANN) dalam Optimisasi Preparasi Katalis CuO/ Zeolit Alam untuk Menghilangkan Emisi Sepeda Motor (HIBAH BERSAING)	DIKTI

#### DAFTAR PUBLIKASI

No .	Tahun	Penulis	Topik	Penerbit
1	2023	A. Wahid, N. M. A. Rodiman, A. Rahma, A. Ahmad, A. K. Kaharian	Model predictive control with exogenous auto-regressive model to improve performance in the CO <sub>2</sub> removal	<i>Sinergi (Indonesia)</i> , Vol. 27, No. 2, June 2023: 231-240

2	2023	M. Adjisetya and <b>A. Wahid</b>	Multivariable Model Predictive Control to Control Bio-H <sub>2</sub> Production from Biomass	<i>ChemEngineering</i> 2023, 7, 7.
3	2022	M. Dhiya Ulhaq and <b>A. Wahid</b>	System Dynamics Modeling for Demographic Bonus Projection in Indonesia	<i>IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science</i> 1039 (2022) 012031
4	2022	<b>A. Wahid</b> , T. Sundari, and R. Ratiko.	Dynamic modeling and controlling of a spent nuclear fuel storage pool under periodic operation and station blackout conditions	<i>Annals of Nuclear Energy</i> 166 (2022) 108751
5	2021	T. Sundari, M. F. R. Aditama, <b>A. Wahid</b> , M. J. Puspito, and M. H. Kusuma	Investigation on heat exchanger thermal efficiency in the spent nuclear storage pool of G.A. Siwabessy Multipurpose Reactor	<i>AIP Conference Proceedings</i> 2381, 020093 (2021)
6	2021	<b>A. Wahid</b> and Monica Rikimata	Methanol–Water Purification Control Using Multi-Loop PI Controllers Based on Linear Set Point and Disturbance Models	<i>ChemEngineering</i> 2021, 5, 70
7	2021	<b>A. Wahid</b> and Muhammad Zulfikar Fauzi	Formaldehyde production process control improvement using multivariable model predictive control	<i>AIP Conference Proceedings</i> 2376, 030004 (2021)
8	2021	<b>A. Wahid</b> and Sultan Shiddiqi Salman	Formaldehyde production process control performance improvement using model predictive control	<i>AIP Conference Proceedings</i> 2376, 080006

9	2021	T. Sundari and <b>A. Wahid</b>	Concentration profile and water level effect on the evaporation in the spent nuclear fuel storage pool using a diffusion approach	<i>IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.</i> 1173 012025
10	2020	<b>A. Wahid</b> and Dyah Kunti Surya Andari	Proportional-Integral Controller Retuning to Improve Controller Performance in Formaldehyde Production Process at PT X	<i>AIP Conference Proceedings 2255,</i> 030059 (2020)
11	2020	<b>A. Wahid,</b> Shafira Anandita, Muhammad Fathi Fadlian, and Albert Harazaki Mendrof	Improvement of Linear Distillation Column Control Performance Using Fuzzy Self-Tuning PI Controller	<i>AIP Conference Proceedings 2255,</i> 030061 (2020)
12	2020	<b>A. Wahid</b> and Herdhi Hermawan	Modeling and simulation for optimizing renewable energy utilization in the South Sulawesi Region to meet the target of the renewable energy mix	<i>AIP Conference Proceedings 2255,</i> 020006 (2020)
13	2020	<b>A. Wahid</b> and J. Phenica	Effective Control of LNG Regasification Plant using Multivariable Model Predictive Control	<i>AIP Conference Proceedings 2255,</i> 030057 (2020)
14	2020	<b>A. Wahid</b> and Zaki Haryo Brillianto	Multivariable Model Predictive Control (4x4) of Methanol-Water Separation in Dimethyl Ether Production	<i>AIP Conference Proceedings 2255,</i> 030055 (2020)

15	2020	<b>A. Wahid</b> and Sedy Winata	Application of Conventional Nonlinear Model Predictive Control (NMPC) and Economic Nonlinear Model Predictive Control (E-NMPC) for Technical and Economical Optimization of Biochemical Reactor System	<i>AIP Conference Proceedings 2255, 030056 (2020)</i>
16	2020	<b>A. Wahid</b> , D. Yanuardi, and D. R. Mustafida	Economic analysis of model predictive control on dimethyl ether purification process	<i>AIP Conference Proceedings 2230, 030008 (2020)</i>
17	2020	Herdhi H. and <b>A. Wahid</b>	The use of Solar Energy (Solar PV) to meet the increase in electricity demand in South Sulawesi from 2019 to 2025 : Development Analysis	<i>AIP Conference Proceedings 2230, 050007 (2020)</i>
18	2020	Luthfi K. B. Setiawan, <b>A Wahid</b> , Widodo W. Purwanto	Dynamic simulation and control of unloading and holding small-scale onshore LNG regasification processes	<i>AIP Conference Proceedings 2223 (1), 040005</i>
19	2020	<b>A Wahid</b> , Dwi Ratna Mustafida and Yuli A. Husnil	Exergy analysis of coal-fired power plants in ultra-supercritical technology versus integrated gasification combined cycle	<i>Evergreen 7(1), pp. 32-42</i>



20	2019	<b>A Wahid</b> and Wildan R. Utomo	Application of multivariable model predictive control (4x4) for dimethyl ether purification from methanol	<i>International Journal of Technology</i> 10(6), pp. 1211-1219
21	2019	Dwi Ratna Mustafida and <b>A. Wahid</b>	Environmental Analysis of Coal-Fired Power Plants in Ultra Supercritical Technology Versus Integrated Gasification Combined Cycle	<i>Proceedings of the 5th Environment Asia International Conference</i> . 13-15 June 2019, Convention Center, The Empress Hotel, Chiang Mai, Thailand
22	2018	<b>A Wahid</b> and Mahdi	Retuning PI controller to improve the control performance in CO <sub>2</sub> removal process, subang field	<i>E3S Web of Conferences</i> 67, 01027 (2018). 3 <sup>rd</sup> i-TREC 2018
23	2018	<b>A Wahid</b> and Yoga Wiranoto	Optimization of control performance on CO <sub>2</sub> removal in subang field using model predictive control	<i>E3S Web of Conferences</i> 67, 01028 (2018). 3 <sup>rd</sup> i-TREC 2018
24	2018	<b>A Wahid</b> and Muhammad Taufiq Hidayat	Analysis of chemical volume and composition to overcome liquid loading in gas well	<i>E3S Web of Conferences</i> 67, 03009 (2018). 3 <sup>rd</sup> i-TREC 2018
25	2018	<b>A Wahid</b> and Naufal Syafiq Maro	Multi Input Multi Output (MIMO) Control 2x2 at Vacuum Distillation Unit for LVGO, MVGO, and	<i>E3S Web of Conferences</i> 67, 03012 (2018). 3 <sup>rd</sup> i-TREC 2018

			HVGO Production	
26	2018	<b>A Wahid,</b> Rickson Mauricio and Naufal Syafiq Maro	Control of Gas Dehydration Unit Using Multivariable Model Predictive Control (MMPC) to Obtain More Optimal Control Performance	<i>E3S Web of Conferences 67, 03013 (2018). 3<sup>rd</sup> i- TREC 2018</i>
27	2018	<b>A Wahid</b> and Ilham Maulana	Optimization of Depropanizer Unit using Turbo Expander and Its Controller using Model Predictive Control	<i>E3S Web of Conferences 67, 03014 (2018). 3<sup>rd</sup> i- TREC 2018</i>
28	2018	<b>A Wahid,</b> Fariz Adriansyah Putra, Muhamad Taufiq Hidayat, and Muhammad Yusuf	Enhanced coal bed methane (ECBM) recovery: optimization of CBM production using different injected gas composition and rate for south sumatra CBM field, Indonesia	<i>E3S Web of Conferences 67, 03015 (2018). 3<sup>rd</sup> i- TREC 2018</i>
29	2018	<b>A Wahid,</b> Fitriani Meizvira, and Yoga Wiranoto.	Application of multivariable model predictive control to overcome the intervariable interaction in CO2 removal process	<i>E3S Web of Conferences 67, 03049 (2018). 3<sup>rd</sup> i- TREC 2018</i>
30	2018	<b>A Wahid</b> and A P Prasetyo	A Comparative study between MPC and PI controller to control vacuum distillation unit for producing LVGO, MVGO, and	<i>IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 334 (2018) 012020</i>

			HVGO	
31	2018	<b>A Wahid</b> and F F Adicandra	Optimization Control of LNG Regasification Plant using Model Predictive Control	<i>IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering</i> 334 (2018) 012022
32	2018	<b>A Wahid</b> and I G E P Putra	Multivariable Model Predictive Control Design of Reactive Distillation Column for Dimethyl Ether Production	<i>IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering</i> 334 (2018) 012018
33	2018	<b>A. Wahid</b> and Hafizh Malik H. Taqwallah	Model predictive control based on system re-identification (mpc-sri) to control bio-h <sub>2</sub> production from biomass	<i>IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering</i> 316 (2018) 012061
34	2017	<b>A Wahid</b> and Hemi Mauliy Kurnianto	Design and Control of Gas Lift System due to Well Depletion with Levelized Cost Analysis	<i>Proceeding of International Conference on Applied Sciences, Engineering, Business and Information Technology 2017.</i> Padang, Indonesia, 13 – 15 October 2017
35	2017	Agus Joko Pitoyo, Muhammad Dhiya Ulhaq, <b>A. Wahid</b> , Shofiyyah Taqiyah	System Dynamics Modeling of Indonesia Population Projection	<i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> 145 (2018) 012117
36	2017	<b>A. Wahid</b> , I Gede Eka Perdana Putra, Ferdi Fajrian Adicandra, Agasta	Pemodelan dinamik dan pengendalian proses stirred tank heater menggunakan	<i>SINERGI</i> Vol. 21, No. 2, Juni 2017:83-90

		Prio Prasetyo, dan Yoga Wiranoto	sistem dinamik	
37	2016	<b>A. Wahid</b> and A. Ahmad	Improved multi-model predictive control to reject very large disturbances on a distillation column	<i>International Journal of Technology</i> . 6: 962- 971
38	2016	<b>A. Wahid</b> and Erwin Firmansyah Saputro	Determination of control structure of reactive distillation control system in dimethyl ether synthesis	<i>Proceeding of International Joint Conference on Science and Technology (IJCSST) 2016</i> . Bali, Indonesia, 12 – 13 October 2016
39	2016	<b>A. Wahid</b> dan Muhammad Iqbal	Pengendalian Kompresor dan <i>Steam Reformer</i> pada Perancangan Pabrik Biohidrogen dari Biomassa dengan Pengendali PI	<i>SINERGI</i> 20 (2): 81- 90
40	2016	<b>A. Wahid</b> dan Wira Aditya	Pemodelan dan Simulasi Peningkatan Suhu Nyala Teoritis dan Efisiensi Tungku Berbahan Bakar Gas	<i>Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Soeardjo Brotohardjono XII</i> . Surabaya, 1 Juni 2016
41	2016	<b>A. Wahid</b> dan Afdal Adha	Model Predictive Control Based on System Re- Identification for Methanol and Dimethyl Ether Synthesis Control	<i>Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"</i> . Yogyakarta, 17 Maret 2016

42	2016	<b>A. Wahid</b> dan Rici Adi	Modeling and Control of Multivariable Distillation Column Using Model Predictive Control Using Unisim	<i>SINERGI</i> 20 (1): 14 – 20
43	2015	<b>A. Wahid</b> and A. Ahmad	Min-max controller output configuration to improve multi-model predictive control when dealing with disturbance rejection	<i>International Journal of Technology.</i> 6 (3): 504-515

#### KEGIATAN PENGABDIAN MASYARAKAT/SOSIAL

No.	Tahun	Posisi	Jenis Kegiatan, Lokasi
1	2004 - Sekarang	Nara Sumber	Dewan Kemakmuran Masjid Al-Ikhlas RW 08 Desa Waringin Jaya, Bojonggede, Kab. Bogor, Jawa Barat
2	2012 - 2015	Ketua	RW 08 Desa Waringin Jaya, Bojonggede, Kab. Bogor, Jawa Barat
3	2004-2017	Ketua	RT 05 RW 08 Desa Waringin Jaya, Bojonggede, Kab. Bogor, Jawa Barat
4	2023	Pengarah	Edukasi Energi Terbarukan melalui Pembelajaran Aktif pada Taman Baca untuk Anak Usia Dini di Tapos, Depok, Jawa Barat
5	2023	Nara Sumber	MAjelis Ngaji Tengah Bulan (MANTAB), Persatuan Alumni UTM Indonesia
6	2022	Nara Sumber	<i>Training of Steady State and Dynamic Simulation using Hysys UPN Veteran Jatim</i>
7	2022	Pelaksana	Kajian Revisi Peraturan Badan Pengatur Hilir Minyak Dan Gas Bumi Nomor 34 Tahun 2019 Tentang Tata Cara

			Penghitungan Dan Penetapan Tarif Pengangkutan Gas Bumi Melalui Pipa, Jakarta
8	2022	Nara Sumber	Training Dynamic Simulation using Unisim UPN Veteran Jatim
9	2021	Pelaksana	Kajian Infrastruktur Gasoline - Methanol-Ethanol" kerja sama dengan PT Pertamina (Persero)
10	2020	Pelaksana	Kajian Kebutuhan Jenis Bahan Bakar Tertentu untuk Konsumen Transportasi (Swakelola Tipe III)
11	2019	Nara Sumber	Teknik Penulisan Jurnal Ilmiah (Program Orientasi CPNS PUPR Formasi 2019
12	2019	Ketua	Project "Blanket Engineering Partnership 2019 for RFI -020 Dynamics Simulation for N2 Blanketing System" dari PT. JGC Indonesia
13	2018	Nara Sumber	<i>Training of Project Management and Techno-Economic Analysis</i>
14	2018	Nara Sumber	<i>Dynamic Modeling using UniSim® Design</i> untuk Dosen Poltek Bandung
15	2017	Pelaksana	Project "Pengkajian Teknis dan Optimasi Proses CO2 Removal Subang" dari PT. Pertamina EP Asset 3 Subang Field
16	2016	Pelaksana	DEDC Pabrik Pendidikan Biodiesel
17	2015	Pelaksana	Review Dokumen Lelang Engineering, Procurement & Construction (EPC) "Arun LNG Receiving Hub"
18	2015	Nara Sumber	Pelatihan Aplikasi Teori Statistik dalam Menghitung Kebutuhan BBM
19	2014	Ketua	FEED Pengembangan Jaringan Gas Prabumulih dan Jambi
20	2014	Pelaksana	Kajian Teknik Pembangunan Kilang Minyak dengan Menggunakan Skema Kerjasama Pemerintah dan Swasta (KPS)

21	2014	Pelaksana	Review Pembuatan Terms of Reference for Front End Engineering Design (FEED) for Cellulosic Bioethanol Plant (Project Incubation – NVBD - PIMR, PT. PERTAMINA)
22	2014	Pelaksana	Kajian Pembiayaan Kegiatan Hilir Migas Melalui Kerjasama Pemerintah dan Swasta (Ditjen Migas)
23	2014	Nara Sumber	<i>Dynamic Modeling using UniSim® Design in Subject of "Chemical Process Simulation"</i> untuk PT Radiant
24	2012	Ketua	Kajian Skema Pembiayaan Infrastruktur Sub Sektor Migas Non APBN (Ditjen Migas)

#### PATEN

No	Pemilik	Judul Paten	No. Paten	Tahun Terbit
1	M. Nasikin, <b>Abdul Wahid</b> , Tania S. Utami	<i>Alat Pengkaya Oksigen untuk Kompur Minyak Tanah dan Proses Pembuatannya</i> (ID0018225)	P- 00200200737	2002

#### BUKU

No	Penulis	Judul Buku	Penerbit	Tahun Terbit
1	Widodo W. Purwanto, Yulianto Sulisty Nugroho, R.	<i>Indonesia Energy Outlook &amp; Statistics 2006</i>	Pengkajian Energi UI	2006

	Dalimi, A. H. Soepardjo, <b>Abdul Wahid</b> , D. Supramono, D. Herminna and T. A. Adilina			
2	Widodo W. Purwanto, Yulianto Sulistyo Nugroho, R. Dalimi, A. H. Soepardjo, <b>Abdul Wahid</b> , D. Supramono	<i>Indonesia Energy Outlook &amp; Statistics</i>	Pengkajian Energi UI	2004
3	Widodo W. Purwanto, Yulianto Sulistyo Nugroho, R. Dalimi, A. H. Soepardjo, <b>Abdul Wahid</b> , D. Supramono	<i>Indonesia 2000: Energy Outlook &amp; Statistics</i>	Pengkajian Energi UI	2000

### PENGHARGAAN

No	PENGHARGAAN	TAHUN	PEMBAUT KEPUTUSAN
1	Dosen dengan Pengisian Nilai Tercepat di SIAKNG – Semester Genap Tahun 2022/2023 (MK. Perancangan Alat Proses)	2023	Dekan FTUI
2	Anggota Komisi yang Teraktif dalam Kontribusi Manajemen Mutu SPMI	2021	Dekan FTUI
3	Satya Lencana Karya Satya Pengabdian XX Tahun	2019	Presiden RI



4	Best EDOM for Academic Year 2015/2016 (Odd Semester)	2016	Dekan FTUI
5	The Highest Number of Course Marking Parameters Odd Semester	2016	Dekan FTUI
6	Teaching Excellence Award 2016	2016	Dekan FTUI
7	Best EDOM for Academic Year 2013/2014 – 2014/2015 (Even Semester)	2015	Dekan FTUI
8	Satya Lencana Karya Satya Pengabdian X Tahun	2012	Presiden RI