

STRATEGI EFISIENSI SISTEM MELALUI RISET OPERASI



UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
dalam Bidang Riset Operasi Industri
pada Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
pada tanggal 22 Mei 2025**

**oleh:
Prof. Ir. Nur Aini Masruroh, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU, ASEAN Eng.**

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Selamat pagi, salam sejahtera bagi kita semuanya.

Yang terhormat,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas
Gadjah Mada,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik, Universitas Gadjah
Mada,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Gadjah
Mada,

Rektor dan para Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada,

Dekan dan para Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Gadjah
Mada,

Ketua dan Sekretaris dan Anggota Senat Fakultas Teknik, Universitas
Gadjah Mada,

Rekan-rekan sejawat dosen, dan segenap sivitas akademika Universitas
Gadjah Mada,

Para tamu undangan, keluarga yang saya cintai, serta hadirin sekalian
yang saya hormati.

Alhamdulillah rabbil 'alamin, segala puji bagi Allah Swt. atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga atas izin-Nya, hari ini kita dapat hadir di Balai Senat, Universitas Gadjah Mada dalam keadaan sehat tanpa kurang suatu apa pun. Dengan tulus hati, saya mengucapkan terima kasih kepada seluruh hadirin yang telah berkenan meluangkan waktu menghadiri upacara pengukuhan saya sebagai Guru Besar di bidang Riset Operasi Industri pada Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Sungguh merupakan kehormatan bagi saya untuk dapat menyampaikan pidato pengukuhan Guru Besar dengan judul “Strategi Efisiensi Sistem Melalui Riset Operasi” di hadapan majelis yang sangat terhormat ini sebagai salah satu syarat dan tradisi akademik di lingkungan Universitas Gadjah Mada.

Ibu dan Bapak serta hadirin yang saya muliakan,

1. RISET OPERASI DAN TEKNIK INDUSTRI

Ketika disebut kata riset operasi, beberapa pihak mungkin belum dapat membayangkan cakupan bahasannya. Jika mengutip definisi dari Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS), Riset Operasi atau *Operations Research* (US) atau *Operational Research* (UK) didefinisikan sebagai “*the scientific process of transforming data into insights to make better decisions*”. *Operations Research* yang selanjutnya akan disingkat dengan OR mencakup berbagai teknik pemecahan masalah yang berfokus pada peningkatan efisiensi sistem dan mendukung proses pengambilan keputusan (Institute of Industrial & System Engineers, 2021). OR menerapkan metode-metode mutakhir dengan dukungan *tools* dan teknik modern untuk menghasilkan analisis yang mendalam. OR memanfaatkan teknologi analitis terkini, seperti simulasi, optimasi, probabilitas, dan statistik dalam rangka membantu proses pengambilan keputusan. Dengan demikian, pengetahuan fundamental di bidang OR antara lain mencakup probabilitas, statistika, kalkulus, aljabar, dan komputasi. Meskipun demikian, dalam menyelesaikan masalah, OR memerlukan integrasi beberapa bidang di luar ranah matematika dan komputasi, seperti ekonomi, manajemen, manajemen teknologi, maupun ergonomika kognitif (INFORMS, 2025).

OR merupakan satu dari empat belas area pengetahuan dalam *Industrial and Systems Engineering Body of Knowledge* (ISEBoK). Adapun definisi dari keilmuan Teknik Industri berdasarkan *Institute of Industrial & Systems Engineers* (IISE) adalah sebagai berikut: “*Industrial and systems engineering (ISE) is concerned with the design, improvement and installation of integrated systems of people, materials, information, equipment and energy. It draws upon specialized knowledge and skill in the mathematical, physical, and social sciences together with the principles and methods of engineering analysis and design, to specify, predict, and evaluate the results to be obtained from such systems.*” Berdasarkan definisi tersebut terlihat bahwa kompetensi teknik industri tidaklah *domain-specific* namun *methodologically driven*. Dalam hal ini, OR merupakan area pengetahuan yang berfokus pada pengembangan model matematika

yang bertujuan untuk merepresentasikan dan/atau memperbaiki sistem nyata maupun teoritis, serta merancang metode penyelesaian yang dapat memberikan hasil secara efisien dan tepat waktu atau *real-time efficiency* (Institute of Industrial & System Engineers, 2021).

Jika memiliki muatan matematika yang tinggi, mengapa bidang keilmuan ini dinamakan OR? Penamaan OR ini tidak terlepas dari sejarahnya di masa lalu. Istilah *Operational Research* awalnya digunakan di Inggris pada Perang Dunia II untuk merujuk pada penelitian ilmiah yang dilakukan untuk mengintegrasikan teknologi radar baru ke dalam strategi pertempuran Angkatan Udara Kerajaan. Sebagaimana diketahui, Perang Dunia II memakan waktu yang lama dan menguras banyak sumber daya. Hal ini menjadi latar belakang diperlukannya metode untuk mengatasi kelangkaan sumber daya tersebut dalam upaya mencapai tujuan memenangkan perang. Manajemen militer Inggris dan kemudian Amerika Serikat meminta sejumlah besar ilmuwan untuk melakukan *research on (military) operations* untuk menangani masalah-masalah strategis dan taktis pertempuran ini. Tim ilmuwan inilah yang selanjutnya disebut sebagai tim *Operations Research* (OR) pertama (Hiller & Lieberman, 2014).

Setelah Perang Dunia II selesai, industri dan organisasi non-militer mulai tumbuh. Seiring dengan pesatnya pertumbuhan industri, kompleksitas organisasi meningkat dan persaingan antar industri semakin ketat. Beberapa ahli yang terlibat dalam tim OR saat Perang Dunia II menyadari bahwa masalah-masalah non-militer yang dihadapi pasca perang pada dasarnya serupa dengan yang dihadapi oleh militer, hanya dalam konteks yang berbeda. Setelah tahun 1950-an, OR berkembang dari penerapan metode ilmiah dalam bidang militer menjadi disiplin akademik yang berdiri sendiri, dengan fokus utama pada penerapan model matematika dalam sistem kompleks di sektor sipil dan swasta. *Linear programming* (LP) dengan algoritma *simplex*-nya, yang dikembangkan oleh George Dantzig pada tahun 1949, menjadi metode pertama yang menandai OR sebagai disiplin akademik baru (Sinuany-Stern, 2023). Kumpulan metode tersebut selanjutnya dikenal sebagai Metode *Operations Research* (US) atau *Operational Research* (UK) atau Riset Operasi (Hiller & Lieberman, 2014).

Seiring dengan waktu, teknik-teknik dalam OR berkembang sangat pesat karena dua hal. Pertama, riset-riset yang mengembangkan teknik-teknik OR tumbuh dengan sangat pesat mengikuti pesatnya pertumbuhan organisasi. Ukuran organisasi yang semakin besar dan iklim kompetisi yang semakin ketat memicu para peneliti untuk mengembangkan algoritma yang semakin efektif dalam memecahkan masalah. Faktor kedua adalah adanya revolusi komputer yang memungkinkan penggunaan teknik-teknik OR menjadi lebih efektif dan efisien. Tidak dapat dipungkiri, bahwa teknik-teknik OR untuk menyelesaikan permasalahan kompleks memerlukan kemampuan komputasi yang besar. Dorongan lebih kuat muncul pada tahun 1980-an dengan berkembangnya komputer pribadi yang dilengkapi dengan paket perangkat lunak aplikasi metode-metode OR. Hal ini menjadikan OR lebih mudah dijangkau oleh lebih banyak orang. Saat ini, teknik-teknik OR telah banyak dikemas ke dalam bentuk perangkat lunak maupun sistem pendukung keputusan siap pakai yang secara luas telah digunakan dalam organisasi maupun industri.

2. PERAN RISET OPERASI DI ERA DISRUPSI

Hadirin yang berbahagia,

Saat ini kita berada pada era disrupsi, yang mengakibatkan perubahan tatanan kehidupan masyarakat dengan begitu cepat. Era ini ditandai dengan kemajuan teknologi yang pesat, peristiwa yang tidak terduga, dan lingkungan pengambilan keputusan yang kompleks. International Council on Systems Engineering (INCOSE) merumuskan enam *megatrend* yang mempengaruhi kondisi sistem saat ini dan masa mendatang, yaitu 1) isu keberlanjutan (*sustainability*) yang semakin menjadi prioritas, 2) dunia yang saling terhubung (*interdependent world*), 3) transformasi digital yang mengubah produk dan cara kerja, 4) Industri 4.0 dan *Society 5.0* sebagai kerangka kerja penting strategi transformasi, 5) sistem cerdas yang semakin banyak digunakan, serta 6) kompleksitas sistem yang semakin tinggi (INCOSE, 2022). Tiga dari enam *megatrend* tersebut akan dibahas dengan menggarisbawahi peran penting dari OR.

Dunia yang saling terhubung (*interdependent world*)

Perkembangan yang pesat di bidang komunikasi, informasi, dan mobilitas menghubungkan industri dengan kemitraan global (*global partnership*). Hal tersebut dapat meningkatkan ketergantungan antar industri baik ditinjau dari aspek ekonomi maupun politik. Selain memberikan dampak positif seperti pengurangan biaya rantai pasok, peningkatan responsivitas dan efisiensi, keterkaitan akan menyebabkan ketergantungan, kerentanan, maupun meningkatkan risiko yang tidak diinginkan. Sayangnya, banyak sistem yang beroperasi saat ini belum sepenuhnya mempertimbangkan atau mengantisipasi dampak dari ketergantungan ini. Seiring dengan meningkatnya kompleksitas, perusahaan semakin membutuhkan strategi yang tepat untuk menghadapi situasi tersebut (INCOSE, 2022). Riset operasi berperan penting dalam menghadapi era *interconnected world* ini dengan membantu pengambilan keputusan yang lebih efektif, efisien, dan berbasis data melalui penerapan metode analisis lanjut.

Salah satu bidang utama tempat OR dapat memberikan kontribusi yang signifikan adalah bidang rantai pasok dan logistik. Dengan meningkatnya keterhubungan antarnegara, rantai pasok menjadi lebih kompleks. Saat ini, kompetisi bukan lagi antar perusahaan secara individu, namun lebih kepada persaingan antar rantai pasok (*supply chain*). Keberhasilan sebuah perusahaan bergantung kepada efektivitas dan efisiensi rantai pasoknya. Sebagai contoh, Amazon bukan hanya memiliki keunggulan pada produknya, tetapi juga pada rantai pasok yang sangat efisien, yang memungkinkan pengiriman lebih cepat sehingga biaya logistik dapat lebih rendah dibanding pesaingnya.

Teknik OR seperti optimasi dan simulasi banyak digunakan untuk membantu analisis pengelolaan jaringan rantai pasok mulai dari menentukan desain jaringan rantai pasok yang optimal, mengoptimalkan produksi, sampai dengan merancang jaringan distribusi yang optimal. Desain jaringan rantai pasok (*Supply Chain Network Design – SCND*) yang optimal sangat diperlukan bagi perusahaan untuk menentukan konfigurasi terbaik, disesuaikan dengan strategi kompetisinya. Hal ini membuka peluang bagi perusahaan untuk mendapatkan manfaat yang signifikan seperti pengurangan biaya, peningkatan responsivitas, serta fokus strategi yang lebih baik dalam

perancangan maupun implementasinya (Melnyk et al., 2014). Berdasarkan *database scopus*, riset di bidang SCND terus mengalami peningkatan dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Beragam fungsi tujuan digunakan dalam menentukan desain yang optimal seperti memaksimalkan keuntungan, meminimumkan biaya, maupun meminimumkan dampak negatif terhadap lingkungan. Sedangkan variabel keputusan yang umum digunakan adalah pemilihan fasilitas yang digunakan, penentuan lokasi fasilitas, dan aliran material antar eselon (Masruroh et al, 2024).

Salah satu risiko dari *interconnected world* adalah terjadinya efek domino (*knock-on effect*) gangguan pada salah anggota (*node*) dalam jaringan akan berdampak pada anggota (*node*) lain dalam jaringan tersebut. Dengan demikian struktur jaringan sangat menentukan ketangguhan (*resilience*) sistem rantai pasok dalam menghadapi gangguan. Resiliensi dapat diartikan sebagai kemampuan untuk menahan gangguan dan memulihkan kemampuan operasionalnya setelah gangguan terjadi. Resiliensi dari jaringan rantai pasok berbanding lurus dengan konektivitas dan ukuran jaringan, namun berbanding terbalik dengan densitas dan sentralitas jaringan (Dixit et al., 2020).

Konektivitas diukur melalui jumlah jalur (*path*) yang menghubungkan antar *node* dalam jaringan rantai pasok. Untuk jumlah *node* yang sama, semakin tinggi nilai konektivitas ditandai dengan semakin banyaknya alternatif jalur yang dapat dipilih. Saat terjadi gangguan, banyaknya alternatif jalur mengindikasikan resiliensi sistem yang semakin tinggi. Demikian juga dengan ukuran jaringan. Ukuran jaringan yang besar akan menambah sumber dari pasokan yang dapat digunakan sebagai *buffer* ketika terdapat *nodes* yang terdisrupsi. Di sisi lain, densitas menunjukkan tingkat kerapatan *nodes* yang dinyatakan dengan jumlah *node* per satuan jarak. Semakin tinggi densitas, semakin rawan jika terjadi gangguan pada wilayah tersebut. Sebagai contoh, apabila terjadi disrupsi lokal seperti banjir, maka akan mengakibatkan banyak *nodes* yang terdisrupsi, sehingga densitas berbanding terbalik terhadap nilai resiliensi. Sentralitas sebuah *node* ditentukan berdasarkan jumlah aliran yang masuk dan keluar dari *node* tersebut. Jika *node* yang memiliki *centrality* tinggi terdisrupsi, maka akan

semakin banyak *item flows* dari *nodes* tersebut yang akan terganggu. Dengan demikian, *centrality* berbanding terbalik terhadap nilai resiliensi.

Luthfiansyah & Masruroh (2021) melakukan analisis terhadap sepuluh jaringan rantai pasok untuk industri strategis di Indonesia yang berdasarkan kesamaan topologi jaringannya dapat dikategorikan ke dalam sektor retail, FMCG, *oil and gas*, pertambangan, dan *food and beverage*. Simulasi Monte Carlo dilakukan terhadap kesepuluh jaringan rantai pasok tersebut dengan memberikan lima skenario gangguan dengan tingkat keparahan yang berbeda yang diberikan secara acak. Selanjutnya, kinerja rantai pasok dievaluasi berdasarkan nilai *mean* dan *Conditional Value-at-Risk* (CVaR) sebelum dan setelah mengalami gangguan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua jaringan mengalami penurunan nilai resiliensi paling tinggi akibat dari parameter *connectivity*. Dengan demikian, agar resiliensi dapat meningkat, disarankan untuk menambahkan *node(s)* baru atau menambahkan hubungan konektivitas antar *node*.

Hadirin yang saya muliakan,

Isu Keberlanjutan

Keberlanjutan (*sustainability*) merupakan isu yang tengah hangat dibahas saat ini. Konsep ini sering dijabarkan ke dalam tiga pilar, yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan atau sering juga disebut sebagai *triple bottom line*; *profit, people, planet*. Kesadaran terhadap isu keberlanjutan (*sustainability*) yang semakin tinggi, mengharuskan organisasi untuk memasukkan kriteria lingkungan sebagai salah satu tujuannya. Dalam OR, hal ini dijawabantahkan dengan memasukkan ketiga pilar tersebut ke dalam komponen persamaan fungsi tujuannya. Persamaan fungsi tujuan dapat berbentuk fungsi tujuan tunggal (*single objective*) maupun fungsi multi-tujuan (*multi-objectives*). Jika fungsi tujuan tunggal yang dipilih, dampak lingkungan dan dampak sosial biasanya perlu dikonversi menjadi nilai moneter. Dengan pembobotan, nilai moneter dampak lingkungan dan sosial kemudian dapat diintegrasikan dengan komponen fungsi tujuan lainnya seperti total biaya maupun keuntungan. Opsi menggunakan fungsi tujuan tunggal ini dipilih jika tidak ada pertentangan di antara seluruh komponen fungsi tujuan.

Sedangkan fungsi multi-tujuan umumnya digunakan untuk menganalisis secara eksplisit *trade-off* yang dapat ditimbulkan dari beberapa tujuan. Hal ini mengingat sering kali antar tujuan tersebut tidak sejalan atau bahkan bertentangan, misalnya memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan emisi (Masruroh et al., 2024).

Tren analisis OR mempertimbangkan aspek lingkungan juga berkembang pesat dalam penelitian di bidang rantai pasok. Dalam hal ini, aspek lingkungan dipertimbangkan di setiap aktivitas rantai pasok antara lain transportasi, aktivitas produksi, penyimpanan dan penanganan material, maupun pembukaan dan pengoperasian fasilitas. Jaringan rantai pasok yang dianalisis dapat berbentuk *forward supply chain*, *backward supply chain*, maupun *closed-loop supply chain*. Istilah *forward supply chain* mengacu kepada aliran material mulai dari pemasok sampai dengan konsumen. Sedangkan istilah *backward supply chain* mengacu kepada aliran material yang bermula dari konsumen kembali menuju manufaktur. Adapun *closed-loop supply chain* merupakan gabungan antara *forward supply chain* dan *backward supply chain*.

Salah satu contoh penelitian terkait *forward supply chain* yang mempertimbangkan aspek lingkungan ini dilakukan oleh Khoirani et al. (2022). Penelitian tersebut mengembangkan model *Mixed Integer Non Linear Programming* (MINLP) untuk menentukan lokasi dan alokasi optimal pada jaringan rantai pasok untuk meminimalkan total biaya rantai pasok dan total emisi karbon yang dihasilkan. Pada penelitian tersebut, emisi karbon terjadi pada aktivitas produksi dan transportasi. Jumlah emisi karbon yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis proses produksi yang digunakan, jumlah yang diproduksi, jenis kendaraan, berat kendaraan, serta berat muatan kendaraan. Penelitian tersebut juga mempertimbangkan adanya gangguan pada proses produksi yang terjadi secara acak. Hasil penelitian merekomendasikan lokasi fasilitas yang digunakan dan alokasi optimalnya. Penelitian juga menunjukkan bahwa: a) adanya gangguan produksi juga berdampak pada peningkatan emisi, b) emisi dapat dikurangi melalui strategi *sourcing* yang tepat sebagai dampak efisiensi kegiatan transportasi.

Penerapan *reverse logistic* merupakan salah satu upaya mengurangi limbah terutama yang diakibatkan oleh produk yang telah

habis masa pakainya. Selain mampu mengurangi limbah yang dibuang ke lingkungan, *reverse logistic* juga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari limbah melalui penggunaan kembali komponen atau material yang masih dapat dimanfaatkan. Sayangnya, pengelolaan jaringan *reverse logistic* di Indonesia belum berjalan dengan optimal. Keterlibatan masyarakat menjadi kunci suksesnya penerapan *reverse logistic* ini. Dengan demikian, sebelum menerapkan kebijakan *reverse logistic*, perlu dilakukan analisis perilaku konsumen saat ini terhadap pengelolaan produk yang telah habis masa pakainya tersebut. Sari et al., (2021a) dan Sari et al., (2021c) melakukan kajian perilaku konsumen elektronik terutama *smartphone* dan menyimpulkan bahwa faktor pemerintah, aksesibilitas fasilitas, dan sikap pribadi memiliki pengaruh signifikan pada niat pengumpulan limbah elektronik (*take back program*). Faktor pemerintah memiliki pengaruh paling kuat, diikuti oleh *facility accessibility* dan terakhir, *personal attitudes*. Hal ini menunjukkan pentingnya regulasi pemerintah dalam merealisasikan konsep *reverse logistic* ini. Praktik pengelolaan limbah elektronik yang saat ini berlangsung di Indonesia adalah praktik informal. Pengukuran dampak lingkungan dari limbah *smartphone* menggunakan *Life Cycle Assessment* menunjukkan bahwa praktik daur ulang informal memiliki dampak lingkungan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan daur ulang formal. Secara ekonomi, daur ulang formal juga memberikan manfaat finansial yang lebih tinggi dibandingkan daur ulang informal (Sari et al., 2023).

Salah satu hal penting yang harus ditentukan dalam menerapkan kebijakan *take back program*, adalah penentuan lokasi pengumpulan barang yang akan dibuang (*collection center*). Lokasi yang terlalu jauh dari konsumen menyebabkan konsumen enggan berpartisipasi dalam program ini. Di sisi lain, agar lokasi *collection center* dekat dengan konsumen, jumlah *collection center* yang diperlukan menjadi banyak sehingga biayanya menjadi mahal. Dengan demikian perlu ditentukan jumlah dan lokasi *collection center* yang optimal dengan mempertimbangkan *trade-off* antara biaya dengan jumlah konsumen maksimum yang dapat dilayani. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan lokasi optimum ini adalah metode *Maximum Covering Location Problem* (MCLP). Sari et al. (2021b)

mengembangkan model *extended-MCLP* yaitu model MCLP yang ditambahkan dengan komponen investasi dan biaya transportasi pada model MCLP. Dalam penelitian tersebut, metode *Nearest Neighbor* dan *Tabu Search* digunakan untuk menentukan rute transportasi optimalnya. Model tersebut diterapkan untuk menentukan lokasi *collection center* optimal di Daerah Istimewa Yogyakarta seandainya akan dilaksanakan kebijakan *take back program* untuk produk *smartphone*.

Hadirin dan para tamu undangan yang saya hormati,

Ketidakpastian (*uncertainty*)

Ada yang mengatakan bahwa *the only certainty is uncertainty*. Kita tidak akan pernah mengetahui dengan pasti apa yang akan terjadi beberapa bulan bahkan beberapa menit ke depan. Meskipun perencanaan telah dibuat dengan matang, namun kejadian tak terduga kadang tetap tidak dapat dihindarkan. Dengan demikian, aspek ketidakpastian perlu dipertimbangkan dalam pembuatan perencanaan yang baik. Ketidakpastian menyebabkan ketidakrelevanan data masa lalu untuk memprediksi suatu kejadian di masa depan.

Ketidakpastian telah lazim dipertimbangkan dalam perencanaan produksi. Kondisi rantai produksi yang dinamis, mengharuskan peninjauan ulang jadwal yang telah direncanakan. Di sisi lain, perubahan jadwal yang terlalu sering dapat menyebabkan *shop-floor nervousness* yang justru dapat mengganggu kelancaran produksi. Dengan demikian, perlu ditentukan ambang batas kapan penjadwalan ulang perlu dilakukan sehingga dapat meminimalkan tambahan biaya maupun dampak lain yang tidak diinginkan. Masruroh & Poh (2007) mengembangkan model untuk mengevaluasi kapan sebaiknya penjadwalan ulang dilakukan pada sebuah sistem produksi *job-shop*. Pada penelitian tersebut, kondisi rantai produksi dimodelkan dengan menggunakan *Bayesian Network* untuk merepresentasikan faktor-faktor baik yang berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap kelancaran produksi.

Sumber ketidakpastian lain dalam rantai produksi adalah ketidakpastian waktu *setup*. Waktu *setup* produksi dapat dipengaruhi oleh kualitas bahan baku. Hsieh et al. (2021) mengembangkan model

pengambilan keputusan produksi dengan mempertimbangkan perbedaan kualitas bahan baku, dalam hal ini bahan baku baru dan bahan daur ulang. Penggunaan bahan daur ulang memberikan biaya yang lebih rendah tetapi memiliki kualitas yang tidak stabil, yang menyebabkan ketidakpastian dalam waktu *setup* produksi. Hasil analisis numeris menunjukkan bahwa waktu *setup* maksimum memiliki pola hubungan unimodal dengan perkiraan biaya (*expected cost*), artinya terdapat nilai optimal yang dapat mengurangi biaya produksi secara keseluruhan. Produksi yang mengombinasikan bahan baku dan bahan daur ulang lebih ekonomis dibandingkan dengan hanya menggunakan bahan baku baru, dengan jumlah bahan baku baru dan bahan daur ulang sebagai komponen penentu pengurang biaya.

Selain di bidang manufaktur, ketidakpastian waktu proses juga menjadi pertimbangan dalam perencanaan penjadwalan di sektor jasa, seperti rumah sakit. Yuniartha et al. (2023) mengembangkan model untuk penjadwalan ruang operasi dengan mempertimbangkan ketidakpastian durasi pelaksanaan operasi. Model penjadwalan ruang operasi dikembangkan berbasis kategori durasi dengan mempertimbangkan preferensi jadwal dari dokter bedah serta keterbatasan sumber daya rumah sakit. Penelitian tersebut juga mengembangkan algoritma heuristik berbasis aturan prioritas untuk mengoptimalkan waktu tunggu pasien dan mengurangi waktu menganggur ruang operasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan nilai kategori durasi dapat meningkatkan akurasi prediksi. Model yang dikembangkan terbukti dapat mengurangi waktu tunggu pasien dan dokter, serta mengoptimalkan penggunaan ruang operasi dan tempat tidur di unit pemulihan pasca-anestesi (PACU). Lebih lanjut, untuk sebagian besar kasus, algoritma heuristik yang dikembangkan mampu menghasilkan jadwal operasi yang lebih efisien dibandingkan dengan jadwal aktual rumah sakit.

Contoh ketidakpastian yang berdampak signifikan lainnya adalah adanya gangguan (*disruption*) terhadap sistem rantai pasok. Pada akhir 2021, Deloitte dan MHI melakukan survei kepada 2074 praktisi rantai pasok di seluruh dunia dan 57% responden menyatakan bahwa masalah paling menantang adalah adanya gangguan dan kekurangan (*shortage*) pada sistem rantai pasok (MHI, 2022). Pada tahun 2021, tercatat 11.642

gangguan rantai pasokan secara global, meningkat secara signifikan dari 6.192 gangguan yang terjadi pada tahun 2020 dan 3.700 gangguan yang terjadi pada tahun 2019 (Resilinc, 2022).

Gangguan dalam sistem rantai pasok dapat berupa gangguan dalam pasokan, gangguan dalam kegiatan produksi, gangguan pada sistem distribusi, maupun gangguan permintaan (Masruroh et al.,2024). Terdapat dua strategi yang dapat diterapkan dalam menghadapi gangguan yaitu strategi proaktif dan strategi reaktif (Ivanov et al.,2017). Strategi proaktif merupakan strategi antisipatif yang diterapkan sebelum gangguan terjadi dengan memperhitungkan kemungkinan terjadinya gangguan serta dampaknya. Contoh strategi proaktif antara lain penerapan redundansi, kebijakan persediaan, maupun strategi *multi-sourcing* (Awaluddin et al. (2023), Khoirani et al. (2022), Masruroh et al. (2024)).

Meskipun strategi proaktif dapat meningkatkan fleksibilitas dan meredam dampak akibat adanya gangguan, namun strategi ini cenderung meningkatkan biaya. Hal ini menunjukkan adanya *trade-off* antara *robustness* dengan biaya yang ditimbulkan. Di sisi lain, strategi reaktif dapat diterapkan untuk merespons gangguan saat sudah terjadi dengan berfokus pada responsivitas. Pendekatan reaktif memandang bahwa meskipun sebagian risiko gangguan telah dapat diprediksi dan diantisipasi sebelum kejadian, namun gangguan yang tidak terduga masih tetap dapat terjadi. Dengan demikian strategi reaktif masih tetap diperlukan untuk tipe risiko yang tidak dapat diantisipasi. Contoh penerapan strategi reaktif antara lain melalui perencanaan ulang kapasitas, perubahan jadwal produksi, dan perubahan alokasi distribusi. Masruroh et al. (2023) mengusulkan model strategi *recovery* untuk sistem rantai pasok tiga eselon dengan multi-produk dan multi-periode. Berdasarkan hasil simulasi terhadap berbagai macam skenario gangguan, disimpulkan bahwa semakin lama durasi gangguan yang dialami, efisiensi yang dihasilkan dari penerapan model *recovery* tersebut akan semakin tinggi. Lebih lanjut, hasil penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa rasio antara permintaan dengan ketersediaan kapasitas merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap keputusan untuk melakukan *backorder* atau membiarkannya sebagai

lost sales jika terdapat permintaan atau target produksi yang belum dapat dipenuhi pada suatu periode tertentu.

Bapak/Ibu yang saya hormati,

Mengelola Kompleksitas

Kompleksitas dapat disebabkan karena besarnya skala sistem yang dimodelkan, adanya keterkaitan antar faktor, dan adanya ketidakpastian (Damayanti et al., 2021). Semakin tinggi kompleksitas permasalahan, semakin kompleks model yang diperlukan dalam analisis. Di sisi lain, semakin kompleks sebuah model, semakin sulit analisis tersebut untuk diselesaikan. Dalam pemodelan, terdapat *trade-off* antara *simplicity* dan *accuracy*. Dengan demikian, kompleksitas model yang tinggi memerlukan algoritma penyelesaian yang efisien namun tidak mengorbankan kualitas dari solusi.

Dalam OR, kualitas solusi terbagi menjadi tiga kategori yaitu: 1) layak (*feasible*) – tidak ada batasan yang terlanggar, 2) memuaskan (*satisfactory*), dan 3) optimal yang merupakan kondisi ideal yang ingin dicapai. Adapun metode penyelesaian masalah OR secara umum dapat dikategorikan menjadi dua pendekatan utama yaitu metode eksak dan metode heuristik/metaheuristik. Metode eksak bertujuan untuk mencapai nilai optimal global, namun sering kali memerlukan waktu komputasi yang lama dan tidak praktis untuk menyelesaikan masalah yang kompleks. Sedangkan metode heuristik/metaheuristik bertujuan untuk mendapatkan solusi yang cepat dan efisien, namun belum ada jaminan bahwa solusi yang diperoleh telah mencapai optimal global. Sehingga, pemilihan metode yang digunakan tergantung karakteristik dari problem yang akan diselesaikan dan pertimbangan *trade-off* antara akurasi dan efisiensi.

Banyak peneliti yang mengembangkan metode metaheuristik dengan tujuan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi algoritmanya. Sebagai contoh, untuk mengatasi kompleksitas model, Masruroh et al. (2024) mengembangkan algoritma *priority-based Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (pb-NSGA-II) dan *priority-based Multi-Objective Particle Swarm Optimization* (pb-MOPSO) dengan empat prosedur *decoding* baru untuk mengakomodasi prioritas yaitu biaya pemesanan, emisi karbon, *backtrack priority-based decoding*, dan

adaptive decoding yang digunakan untuk menyelesaikan model *multi-objective* pada *supply chain network design* yang terintegrasi dengan keputusan persediaan di setiap eselon dengan mempertimbangkan ketidakpastian permintaan dan keterbatasan kapasitas produksi. Fungsi tujuan yang digunakan adalah meminimumkan total biaya rantai pasok dan meminimumkan total emisi yang dihasilkan. Algoritma tersebut diujicobakan untuk berbagai ukuran jaringan rantai pasok dan berbagai tingkat gangguan, dan terbukti efisien untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Sejalan dengan penelitian ini, Kuo et al. (2023) mengembangkan algoritma *improved multi-objective particle swarm optimization* (MOPSO') untuk menyelesaikan permasalahan *two-stage vehicle routing problem with time windows* dengan mempertimbangkan adanya gangguan pada manufaktur dengan meminimumkan total biaya rantai pasok dan meminimumkan total emisi karbon sebagai fungsi tujuannya. MOPSO' merupakan modifikasi dari MOPSO dengan menggombinasikannya dengan *tabu list* yang digunakan untuk mengevaluasi keberadaan partikel di dalam *tabu list*. Proses ini dirancang untuk mencegah konvergensi prematur yang dapat menyebabkan solusi terjebak pada *local optimum*. Penelitian tersebut membandingkan kinerja MOPSO' dengan MOPSO, *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA II), dan *improved NSGA II* (NSGA yang dikombinasikan dengan *tabu list*) dalam menyelesaikan permasalahan *two-stage vehicle routing problem with time windows* untuk berbagai ukuran sistem rantai pasok dan berbagai tingkat gangguan. Studi numeris menunjukkan bahwa kinerja MOPSO' lebih baik dibandingkan metode lainnya.

Sistem yang semakin kompleks sering kali memerlukan penyelesaian dengan mempertimbangkan berbagai sudut pandang. Tidak jarang, proses pengambilan keputusan tersebut memerlukan keterlibatan beberapa ahli, yang secara formal disebut sebagai *Group Decision Making* (GDM). GDM cenderung menghasilkan keputusan yang lebih baik dibandingkan dengan pengambilan keputusan secara individu terutama untuk permasalahan yang kompleks. Hal ini disebabkan adanya potensi sinergi dari perpaduan berbagai perspektif dan keahlian beberapa individu (Rutka et al., 2023). Selain itu, keputusan kelompok umumnya lebih mudah diterima.

Contoh implementasi GDM adalah dalam proses penentuan prioritas industri unggulan Kabupaten Sleman (Masruroh & Agritici Rosalia, 2019). Para pengambil keputusan berasal dari tiga seksi yang berbeda yaitu Seksi Pengembangan Industri, Seksi Pengembangan Usaha, dan Seksi Pengawasan dan Pengendalian Industri. Karena setiap pengambil keputusan memiliki keahlian dan kewenangan yang berbeda, penelitian tersebut mengusulkan penggunaan bobot terintegrasi untuk setiap pengambil keputusan, yang merupakan kombinasi dari pembobotan subjektif, yang diukur berdasarkan penilaian dari rekan sejawat, dan pembobotan objektif untuk mengukur kepakaran pengambil keputusan dengan menggunakan instrumen *Cochran-Weiss-Shanteau Ratio (CWS Ratio)*. Lima faktor dipertimbangkan secara simultan dalam menentukan industri unggulan ini, yaitu potensi bahan baku, penyerapan tenaga kerja, industri ramah lingkungan, peluang pasar, dan pemodalannya. Hasil penelitian tersebut merekomendasikan industri pangan sebagai industri unggulan diikuti dengan industri furnitur, dan tekstil.

Salah satu tujuan dalam GDM adalah mencapai tingkat kesepakatan (*consensus*) tertentu di antara para peserta (Calache et al., 2022). Tantangan dalam GDM adalah proses konsensus yang dapat berlangsung lama. Konsensus dalam GDM memiliki arti semua anggota grup menerima hasil akhir keputusan. Dengan aturan tersebut, keputusan akan didiskusikan serta dinegosiasikan sampai persetujuan tercapai dan semua anggota grup merasa memiliki kesempatan yang sama dalam pengambilan keputusan. Metode ini paling efektif tetapi membutuhkan komunikasi terbuka serta waktu yang lama. Hal ini akan menjadi masalah terutama jika pengambilan keputusan dilakukan pada kondisi darurat. Pada kondisi ini, keputusan yang cepat dan tepat sangat diperlukan. Riset di bidang *emergency GDM* berfokus kepada pengembangan algoritma untuk mempercepat tercapainya konsensus tanpa mengorbankan kualitas solusi (Orshell et al., 2023). Dalam GDM untuk kondisi darurat yang melibatkan banyak orang (*Large Emergency GDM*), salah satu faktor penting adalah adanya kepercayaan (*trust*). *Trust relationship* di antara para ahli yang berpartisipasi dalam LGEDM merupakan faktor penting dalam setiap

tahap LGEDM untuk mencapai tingkat konsensus yang ideal (Orshella et al., 2024).

3. PELUANG DAN TANTANGAN KE DEPAN

Ibu, Bapak, dan hadirin yang saya muliakan,

Selama lebih dari 75 tahun, *Operations Research* (OR) yang awalnya dikembangkan sebagai alat analisis bidang militer berbasis metode ilmiah, telah berevolusi menjadi disiplin ilmu sendiri. Dengan memanfaatkan model kuantitatif yang lebih dari sekedar matematika klasik untuk menyelesaikan permasalahan nyata yang kompleks, OR telah memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi serta kesejahteraan sosial dalam kehidupan modern (Sinuany-Stern, 2023). Saat ini masyarakat dihadapkan pada berbagai permasalahan kompleks dalam bidang sosial, ekonomi, kesehatan dan kesejahteraan, serta lingkungan. Teknik Industri, termasuk OR, memiliki peran krusial dalam mencari solusi atas tantangan-tantangan ini. Berikut adalah tantangan utama di bidang Teknik Industri yang dapat diselesaikan dengan menggunakan metode OR.

1. Ketidakstabilan kondisi politik, ekonomi, dan sosial

Dalam kondisi ketidakstabilan politik, ekonomi, dan sosial seperti yang dihadapi Bangsa Indonesia saat ini, kemampuan untuk membuat keputusan strategis dan adaptif sangat diperlukan. Di sinilah OR dapat berperan sebagai alat bantu analisis dan pengambilan keputusan yang tepat. Beberapa strategi OR yang dapat diterapkan dalam menghadapi situasi yang tidak stabil ini antara lain: 1) pemodelan ketidakpastian (*uncertainty modeling*) seperti pemrograman stokastik, simulasi, maupun analisis skenario, 2) manajemen risiko untuk mengidentifikasi dan mengukur risiko, serta menyusun strategi mitigasi misalnya dengan model optimasi berbasis risiko seperti *Value-at-Risk* (VaR) atau *Conditional Value-at-Risk* (CVaR), 3) desain sistem yang fleksibel dan tangguh (*robust*) misalnya melalui optimasi jaringan dan simulasi, 4) pengambilan keputusan yang terintegrasi dan adaptif misalnya dengan metode *Decision Making Under Uncertainty*, *Markov Decision*

Process, maupun mengintegrasikan *Artificial Intelligence* dan *Machine Learning* dalam *tools* OR, 5) Optimasi kebijakan misalnya dengan gabungan simulasi-optimasi untuk mengevaluasi dampak kebijakan, seperti subsidi, intervensi harga, atau redistribusi sumber daya, dan 6) kolaborasi multisektor dengan menerapkan konsep *Group Decision Making* maupun *Multiobjective optimization*.

2. Disrupsi teknologi

Dalam 10–20 tahun ke depan, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*, AI) diprediksi akan membawa revolusi besar bagi industri, pemerintahan, dan masyarakat, sebagaimana mesin industri, komputer, dan internet di masa lalu. Pendekatan AI dibangun dari berbagai disiplin ilmu, seperti ilmu komputer, matematika, statistika, dan rekayasa. Dengan demikian AI memiliki keterkaitan erat dengan OR, yang secara khusus berfokus pada optimasi pengambilan keputusan dalam kondisi ketidakpastian dan keterbatasan sumber daya. Integrasi OR dengan AI dan *Machine Learning* (ML) memberikan manfaat besar dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas keputusan. OR berkontribusi melalui keahlian di bidang optimasi dan pemodelan matematika, melengkapi *Computer Science* (CS) yang lebih fokus pada pengembangan algoritma dan teknik AI (Gupta et al., 2022).

Kolaborasi antara OR dan CS memungkinkan pengembangan AI yang lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan dunia nyata. Selain itu, ML dapat mempercepat proses optimasi, sementara teknik optimasi dapat menyempurnakan model ML. Integrasi ini telah terbukti berhasil meningkatkan efisiensi dalam manajemen rantai pasok, optimasi portofolio, dan sistem tenaga listrik. Ke depan, sinergi antara disiplin ilmu ini akan menjadi kunci dalam menciptakan solusi AI yang lebih cerdas dan berdampak luas (Karwowski et al., 2025).

3. Keberlanjutan

Riset Operasi dapat berperan dan memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan keberlanjutan baik ditinjau dari aspek lingkungan maupun energi. Perubahan lingkungan sering kali tidak linier dan sulit diprediksi, sehingga memerlukan pengumpulan data skala besar, pemodelan, serta simulasi berbasis skenario. Solusi yang diberikan

harus menggabungkan pengetahuan, teori, dan metode dari berbagai bidang serta mempertimbangkan interaksi dinamis dalam sistem. Dalam hal ini OR merupakan *powerful tools* untuk mengatasi kondisi tersebut.

Efisiensi energi masih menjadi salah satu tujuan organisasi. Efisiensi energi dapat dicapai antara lain melalui aktivitas berikut. 1) Pengelolaan permintaan untuk mengurangi biaya energi, sekaligus menyesuaikan pola beban konsumsi listrik terhadap perubahan permintaan dan variasi pasokan. 2) Penjadwalan yang efektif dan penggunaan kapasitas yang lebih baik. Hal ini tidak hanya memberikan keuntungan ekonomi yang besar, tetapi juga membantu mengurangi beban lingkungan dengan menekan atau mengendalikan permintaan energi secara lebih efisien. 3) Koordinasi yang efektif dalam perencanaan produksi pada setiap tahap rantai pasok untuk mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan tanpa mengorbankan produksi dan logistik. 4) Menggunakan teknologi digital seperti alat optimasi berbasis AI, *blockchain*, dan platform data terbuka, serta model AI generatif, untuk melacak emisi dan konsumsi energi dalam rantai nilai guna mempercepat transisi energi menuju dekarbonisasi, dan 5) Penggunaan teknologi kendaraan ramah lingkungan untuk mengurangi emisi, namun keberhasilannya bergantung pada pengembangan serta pemanfaatan baterai, pembangkitan listrik, transmisi, dan distribusi listrik untuk memastikan manfaat nyata dari dekarbonisasi sistem energi (Karwowski et al., 2025).

4. Ketahanan rantai pasok (*supply chain resilience*)

Interaksi global antarperusahaan telah menjadikan lanskap bisnis menjadi lebih terhubung dan semakin saling bergantung. Meskipun koneksi ini membawa manfaat, namun di sisi lain juga meningkatkan kerentanan perusahaan terhadap berbagai risiko dan bencana. Dengan demikian, kelangsungan jaringan rantai pasok (*supply chain network viability*) masih menjadi perhatian baik oleh pelaku bisnis maupun peneliti. *Supply chain viability* dapat ditinjau dari tiga sudut pandang yaitu *agility*, *resilience*, dan *sustainability* (Zhan et al., 2025). Tantangan dalam logistik dan rantai pasok semakin beragam dan kompleks, mulai dari meningkatnya biaya transportasi, isu

keberlanjutan, tekanan persaingan, perang dagang global, manajemen persediaan yang efektif, *tradeoff* antara merespons permintaan tinggi dengan keterbatasan kapasitas, ekspektasi pelanggan dengan kualitas layanan, kekurangan tenaga kerja terampil, hingga gangguan dalam rantai pasok. Dengan demikian meningkatkan efisiensi dan ketahanan logistik serta rantai pasok sangat penting untuk stabilitas dan pertumbuhan sosial-ekonomi serta politik. OR dapat berperan dalam mengoptimalkan operasi rantai pasok, meningkatkan manajemen logistik, dan mengatur aliran barang. Hal tersebut diharapkan dapat mengurangi biaya, meningkatkan keandalan, dan meningkatkan respons terhadap permintaan pasar (Karwowski et al., 2025).

5. Pengambilan keputusan kompleks dan optimasi

Kompleksitas permasalahan yang semakin tinggi, keterlibatan pemangku kepentingan dengan beragam sudut pandang, serta ketidakjelasan solusi menjadi tantangan tersendiri bagi pendekatan OR. Masa depan OR terletak pada kemampuannya untuk beradaptasi dan berintegrasi dengan teknologi baru serta pendekatan lintas disiplin. Dengan memanfaatkan kecerdasan buatan (AI), *big data*, dan gabungan beberapa metode optimasi (*hybrid optimization methods*), OR akan terus menawarkan solusi yang tangguh (*robust*) untuk menghadapi permasalahan yang semakin kompleks di berbagai sektor.

4. UCAPAN TERIMA KASIH

Ibu, Bapak, dan hadirin yang saya muliakan,

Setiap keberhasilan merupakan hasil dari kerja sama dan dukungan banyak pihak. Izinkan saya, di akhir pidato ini untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan kepercayaan kepada saya sebagai Guru Besar dalam bidang Riset Operasi Industri. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Rektor beserta jajarannya, Pimpinan dan anggota Senat Akademik, Pimpinan dan Anggota Dewan Guru Besar, Dekan Fakultas Teknik beserta jajarannya, Ketua dan Anggota Senat Fakultas Teknik, Sivitas akademika Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada yang

telah menyetujui dan mengusulkan diri saya sebagai Guru Besar dalam bidang Riset Operasi Industri.

Terima kasih saya sampaikan kepada Tim SDM di tingkat Universitas, Fakultas, dan Departemen, terkhusus kepada Mbak Rita Yulianti dan tim pengelola dokumen di DTMI yang telah banyak membantu dalam menyiapkan berbagai dokumen yang diperlukan.

Ucapan terima kasih dan hormat saya sampaikan kepada segenap guru saya di pendidikan dasar dan menengah sejak dari TK ABA Singosaren, SD Muhammadiyah Wirobrajan 3 Yogyakarta, SMP Negeri 8 Yogyakarta, dan SMA Negeri 1 Yogyakarta yang telah mendidik dan membekali dengan ilmu pengetahuan, sikap mental, dan semangat belajar yang kuat.

Penghargaan dan rasa terima kasih yang mendalam juga saya sampaikan kepada Prof. Hary Sulisty (alm) selaku dosen pembimbing tugas akhir saya dan Ibu Suprihastuti Sri Rahayu, M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik saya. Beliau berdua adalah ayah dan ibu saya di kampus selama saya menempuh pendidikan di Teknik Kimia UGM. Salam hormat dan terima kasih tak terhingga juga saya sampaikan kepada dosen-dosen saya di Teknik Kimia UGM yang saya banggakan, Prof. Wahyudi Budi Sediawan (alm), Prof. I Made Bendiyasa, Prof. Rochmadi, Prof. Edia Rahayuningsih, Prof. Aswati Mindaryani, Prof. Arief Budiman, Prof. Sarto, Prof. Suryo Purwono, Ibu Wahyu Hasokawati, M.A.Sc., Prof. Panut Mulyono, Ibu Sofiyah, M.T., Dr. Moh. Fahrurrozi, serta bapak-ibu dosen Departemen Teknik Kimia lainnya atas seluruh ilmu pengetahuan dan gemblengan mental yang diberikan. Sedemikian bangganya saya dengan Teknik Kimia UGM, suami saya adalah alumni dari Teknik Kimia UGM, dan dua anak saya saat ini juga masih tercatat sebagai mahasiswa di Teknik Kimia UGM.

Terima kasih saya sampaikan juga kepada Prof. Jiri Klemes, pembimbing disertasi master saya, yang telah mengenalkan tentang *Life Cycle Assessment* dan memberi kesempatan kepada saya untuk menjadi bagian dari *solarstore project* bersama tim peneliti dari Uni Eropa. Kepada Dr. Iwan Kusmarwanto (Presiden Direktur PT Mataram Paint Co.), terima kasih telah memberikan jalan bagi saya untuk menempuh studi magister di UMIST. Terima kasih saya ucapkan kepada Prof. Poh Kim Leng selaku dosen pembimbing disertasi doctoral saya yang telah

mengajarkan bagaimana menjadi seorang peneliti yang tangguh dan mandiri di tengah kerasnya kehidupan di Singapura dan juga kepada NUS yang telah memberikan beasiswa penuh (*NUS Research Scholarship*) selama saya menempuh studi doktoral.

Kepada bapak/ibu sesepuh Departemen Teknik Mesin dan Industri, Prof. Indarto, Prof. Samsul Kamal, Prof. Jamasri, Prof. Alva Edy Tontowi, Dr. Suhanan, Prof. Heru Santoso Budi Rochardjo, Dr. Muhammad Waziz Wildan, Dr. Subagyo, Dr. Rini Dharmastiti, Prof. Deendarlianto, Dr. Andi Rahadiyan Wijaya, terima kasih atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan sejak awal saya menjadi dosen hingga saat ini.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada rekan-rekan Pengurus Departemen Teknik Mesin dan Industri periode 2016 – 2020 serta periode 2021 – 2025, Prof. M. Noer Ilman, Prof. Budi Hartono, Prof. Harwin Saptoadi, Prof. Kusmono, Prof. Bertha Maya Sopha, Dr. M.K. Herliansyah, Dr. Fauzun, Dr. I Made Miasa, Dr. Rachmat A. Sriwijaya, Dr. Adhika Widyaparaga, Dr. Muslim Mahardhika, Dr. Indraswari Kusumaningtyas, Dr. Indro Pranoto, Dr. I Gusti Bagus Budhi Dharma, Dr. Budi Arifvianto, Dr. Titis Wijayanto, Dr. Fitri Trapsilawati, Dr. Hilya Mudrika Arini, Mbak Suprihatiningsih, Mas Cahyo Budi Utomo, dan juga dibantu oleh Mas Sani Wicaksono, terima kasih atas kekompakan dan kerja samanya dalam menjalankan tugas departemen dengan segala tantangannya.

Kepada seluruh rekan dosen di Departemen Teknik Mesin dan Industri, tenaga kependidikan, mahasiswa bimbingan tugas akhir baik di tingkat sarjana, magister, maupun doktor, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, terima kasih tak terhingga atas terciptanya suasana akademik yang sangat mendukung. Teruntuk rekan-rekan Dharma Wanita DTMI, terima kasih telah membawa suasana yang berbeda di kampus dengan keceriaannya.

Terima kasih saya sampaikan untuk seluruh kolega dosen Teknik Industri di Indonesia dan mitra riset yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, atas kerja sama dan diskusi yang membangun serta ide-ide segarnya. Semoga sinergi ini dapat tetap berlanjut dan dapat menjadi jalan bagi penyelesaian permasalahan bangsa dan negara ini.

Untuk teman-teman makan siang saya, Dr. Yun Prihantina Mulyani, Dr. Budhi Sholeh Wibowo, Dr. Sinta Rahmawidya Sulistyono, Dr. Wangi Pandan Sari, Dr. Achmad Pratama Rifai, Dr. Anna Maria Sri Asih, Dr. Sekar Sakti, dan Dr. Agus Darmawan, terima kasih untuk kebersamaannya dan *update* info dan tren terkini yang membuat saya selalu merasa lima belas tahun lebih muda.

Kepada teman-teman Keluarga Alumni Teladan Yogyakarta (KATY) lulusan tahun 1995, terima kasih atas kekeluargaan yang terjalin hingga saat ini. Dari kalianlah saya mulai mengenal apa itu kompetisi. Untuk rekan-rekan PH OBTB Periode 1992/1993 dan 1993/1994, terima kasih untuk kebersamaannya dalam menghabiskan waktu selama studi di SMA.

Terhusus untuk teman-teman alumni Teknik Kimia angkatan 1995, terima kasih banyak untuk diskusi hangat dan kekeluargaan yang terjalin hingga saat ini. Semoga komitmen untuk selalu bersinergi membangun negeri dengan cara kita tetap dapat terjaga. Untuk rekan-rekan PH KMTK periode 1997/1998, Achmed, Bhayu, Deva, Fany, Ananto, dan juga Bima selaku lurah 95, serta teman main saya, Eva, Mila, Emma, Hilma, Uji, terima kasih sudah menjadi teman ngobrol dan jalan-jalan di sela-sela pusingnya kuliah saat itu. Terima kasih juga untuk Dr. Andi Sudiarso dan Dr. Sutijan, atas semua bantuannya selama studi S2 di Manchester dan juga untuk teman-teman kuliah saya di ISE NUS, Prof. Budi Hartono, Prof. Markus Hartono, Dr. Nugroho Artadi Pudjowidianto, dan Felecia, M.Sc, terima kasih untuk *support* dan kebersamaannya selama studi di Singapura

Terima kasih kami ucapkan kepada bapak/ibu warga Singosaren – Wirobrajan, warga Metro Harmoni Residence 2, dan warga Taman Nirmala Asri atas kekeluargaan dan suasana nyaman yang tercipta.

Salam hormat dan terima kasih setulusnya saya ucapkan kepada kedua orang tua saya, Bapak Drs. Wasis Abdullah Ma'sum dan Ibu Tuningsri (alm) atas didikan dan prinsip hidup yang ditanamkan, serta kasih sayang yang tanpa batas. Bapak, Ibu, capaian ini saya persembahkan untuk Bapak dan Ibu yang tiada hentinya selalu mendoakan saya. Di usia saya yang ke-48 kurang 6 hari ini, semoga tidak terlalu terlambat untuk mempersembahkan ini kepada Bapak dan Ibu. Semoga Bapak dan Ibu selalu meridhoi perjalanan kami. Teriring

doa semoga Ibu diberikan tempat terbaik di sisi Allah. Untuk mertua saya, Bapak Soemarno (alm) dan adik-adik ipar saya, Dwianto Widji Saksono dan keluarga, Khoirul Nafila dan keluarga, dan Amin Setyawan beserta keluarga, terima kasih atas semua doa restu dan dukungannya. Terkhusus untuk adik saya, Kun Farihah dan adik ipar saya Muhammad Fahrurreza, terima kasih sudah menjadi *support system* saya selama ini. Juga untuk keponakan saya, Wanda Raesha Fachry dan Wening Zelmira Fachry, keceriaan kalian menjadi semangat tersendiri untuk saya.

Terima kasih setulusnya kami ucapkan kepada Kel. Pakde Turiman (alm), Kel. Om Turyono (alm), Kel. Bulik Sri Mujiyati, Kel. Bulik Sri Murniyati, Kel. Bulik Sri Rohyati, Kel. Pakde Wasimin, Kel. Pakde Darmo, Kel. Bulik Siti, Kel. Bulik Sih, Kel. Pakde Darno, dan Kel. Bapak Mangun atas dukungan, doa, nasihat, dan kekeluargaan serta kehangatan yang telah diberikan.

Untuk ketiga putri sholihah saya, Farah Aqila Rusyda, Hanin Ammara Rusyda, dan Kamila Aulia Rusyda, terima kasih untuk seluruh pengertian, doa, dan bakti yang telah kalian berikan. Mohon maaf untuk semua ketidaksabaran dan ketidaksempurnaan Ibu ini. Kalian adalah penyemangat saya. Dari kalian, saya banyak belajar dan akan terus belajar. Doa terbaik Ayah dan Ibu insya Allah selalu menyertai kalian.

Terkhusus untuk suami saya tercinta, Estiko Ari Wibowo, yang dengan penuh kasih sayang dan kesabarannya, telah mengizinkan dan senantiasa mendukung saya untuk dapat menyusuri *path* saya. Tak cukup rasanya lembaran ini untuk menuangkan ungkapan rasa terima kasih saya. Hanya doa yang bisa saya panjatkan, semoga Allah meridhoi dan mencatatnya sebagai amal ibadah. Hanya Allah yang dapat membalas semua kebaikan yang telah diberikan selama ini.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih dengan setulus hati kepada ibu, bapak, dan seluruh hadirin yang telah meluangkan waktu dengan tulus menyimak pidato pengukuhan ini, baik yang berada di ruang Balai Senat Universitas Gadjah Mada maupun yang mengikuti acara secara daring. Mohon maaf untuk segala kekurangan dan kekhilafan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wa Barakaatuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Awaluddin, A. A., Masruroh, N. A., & Mulyani, Y. P. (2023). Quantitative analysis on resilience supply chain strategy for supply base configuration design optimisation. *AIP Conference Proceedings*, 2654. <https://doi.org/10.1063/5.0116046>
- Calache, L. D. D. R., Camargo, V. C. B., Osiro, L., & Carpinetti, L. C. R. (2022). A genetic algorithm based on dual hesitant fuzzy preference relations for consensus group decision making[Formula presented]. *Applied Soft Computing*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.108778>
- Damayanti, R. W., Hartono, B., & Wijaya, A. R. (2021). Clarifying megaproject complexity in developing countries: A literature review and conceptual study. *International Journal of Engineering Business Management*, 13. <https://doi.org/10.1177/18479790211027414>
- Dixit, V., Verma, P., & Tiwari, M. K. (2020). Assessment of pre and post-disaster supply chain resilience based on network structural parameters with CVaR as a risk measure. *International Journal of Production Economics*, 227, 107655. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107655>
- Dmitry Ivanov Alexandre Dolgui, B. S., & Ivanova, M. (2017). Literature review on disruption recovery in the supply chain*. *International Journal of Production Research*, 55(20), 6158–6174. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1330572>
- Gupta, S., Modgil, S., Bhattacharyya, S., & Bose, I. (2022). Artificial intelligence for decision support systems in the field of operations research: review and future scope of research. *Annals of Operations Research*, 308(1), 215–274. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03856-6>
- Hiller, Frederick. S., & Lieberman, G. J. (2014). Introduction - Operations Research. In *McGraw-Hill Higher Education*.
- Hsieh, C.-C., Lai, H.-H., & Masruroh, N. A. (2021). Production decision making considering dual material types and setup time uncertainty. *Applied Mathematical Modelling*, 96, 751–765. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2021.02.010>

- INCOSE. (2022). *Systems Engineering Vision 2035: Engineering Solutions for a Better World*. <https://www.incose.org/publications/se-vision-2035>.
- INFORMS. (2025). *FAQs About O.R. & Analytics*. <https://www.informs.org/resource-center/informs-student-union/faqs-about-or-analytics>.
- Institute of Industrial & System Engineers. (2021). *Institute of Industrial & System Engineering Body of Knowledge*. <https://www.iise.org/details.aspx?id=43631>
- Karwowski, W., Salvendy, G., Albert, L., Kim, W. C., Denton, B., Dessouky, M., Dolgui, A., Duffy, V., Kumara, S., Li, J., Madni, A. M., McGinnis, L., Rouse, W., Shamma, J., Shen, M., Simchi-Levi, D., Swann, J., & Tiwari, M. K. (2025). Grand challenges in industrial and systems engineering. *International Journal of Production Research*, 63(4), 1538–1583. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2432463>
- Khoirani, A. B., Masruroh, N. A., & Yu, V. F. (2022). Development of a Supply Chain Disruption optimization Model. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2022-Decem*, 919–923. <https://doi.org/10.1109/IEEM55944.2022.9989585>
- Kuo, R. J., Fernanda Luthfiansyah, M., Aini Masruroh, N., & Eva Zulvia, F. (2023). Application of improved multi-objective particle swarm optimization algorithm to solve disruption for the two-stage vehicle routing problem with time windows. *Expert Systems with Applications*, 225. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120009>
- Luthfiansyah, M. F., & Masruroh, N. A. (2021). Evaluation of Supply Chain Network Resilience Level in Pre-disruption and Post-disruption Scenario. *2021 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2021*, 167–171. <https://doi.org/10.1109/IEEM50564.2021.9672873>
- Masruroh, N. A., & Agritici Rosalia, D. (2019). Multiple criteria group decision making with integrated objective and subjective weights for determining flagship industry ranking. *Proceedings -2019 5th*

- International Conference on Science and Technology, ICST 2019.*
<https://doi.org/10.1109/ICST47872.2019.9166412>
- Masruroh, N. A., & Poh, K. L. (2007). A Bayesian network approach to job-shop rescheduling. *IEEM 2007: 2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1098–1102.
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2007.4419362>
- Masruroh, N. A., Putra, R. K. E., Mulyani, Y. P., & Rifai, A. P. (2023). Strategic insights into recovery from supply chain disruption: A multi-period production planning model. *Journal of the Operational Research Society*, 74(7).
<https://doi.org/10.1080/01605682.2022.2115414>
- Masruroh, N. A., Rifai, A. P., Mulyani, Y. P., Ananta, V. S., Luthfiansyah, M. F., & Winati, F. D. (2024). Priority-based multi-objective algorithms for green supply chain network design with disruption consideration. *Production Engineering*, 18(1).
<https://doi.org/10.1007/s11740-023-01220-8>
- Melnyk, S. A., Narasimhan, R., & DeCampos, H. A. (2014). Supply chain design: issues, challenges, frameworks and solutions. *International Journal of Production Research*, 52(7), 1887–1896.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2013.787175>
- MHI. (2022). *Supply chain challenges in 2021*. Statista.
<https://www.statista.com/statistics/1182057/global-supply-chain-challenges/>
- Orshella, D. D., Masruroh, N. A., & Arini, H. M. (2023). Large-Scale Group Emergency Decision-Making: A Literature Review. *2023 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2023*.
<https://doi.org/10.1109/IEEM58616.2023.10406565>
- Orshella, D. D., Masruroh, N. A., & Arini, H. M. (2024). Trust Relationship in Large Group Emergency Decision-Making. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 202 – 206.
<https://doi.org/10.1109/IEEM62345.2024.10857029>
- Resilinc. (2022). *Number of supply chain disruptions worldwide from 2019 to 2021*. Statista.

- Rutka, R., Wróbel, P., Wycinka, E., & Czerska, M. (2023). Team members' direct participation in decision-making processes and the quality of decisions. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, 19(3), 169 – 201. <https://doi.org/10.7341/20231935>
- Sari, D. P., Masruroh, N. A., & Asih, A. M. S. (2021a). Consumer intention to participate in e-waste collection programs: A study of smartphone waste in Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su13052759>
- Sari, D. P., Masruroh, N. A., & Asih, A. M. S. (2021b). Extended maximal covering location and vehicle routing problems in designing smartphone waste collection channels: A case study of Yogyakarta Province, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/su13168896>
- Sari, D. P., Masruroh, N. A., & Asih, A. M. S. (2021c). Factors Affecting Consumer Acquisition of Secondhand Smartphone in Indonesia. *2021 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2021*, 416–420. <https://doi.org/10.1109/IEEM50564.2021.9673092>
- Sari, D. P., Masruroh, N. A., & Asih, A. M. S. (2023). Eco-Efficiency Comparative Analysis of Informal and Formal Smartphone Recycling Practices Using Life Cycle Assessment. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(3). <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.3.17452>
- Sinuary-Stern, Z. (2023). Foundations of operations research: From linear programming to data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 306(3), 1069 – 1080. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.10.046>
- Yuniartha, D. R., Hans, F. R., Masruroh, N. A., & Herliansyah, M. K. (2023). Adapting duration categorical value to accommodate duration variability in a next-day operating room scheduling. *Informatics in Medicine Unlocked*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101180>
- Zhan, S., Ignatius, J., Ng, C. T., & Chen, D. (2025). Supply chain network viability: Managing disruption risk via dynamic data and

interaction models. *Omega*, 134, 103303.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.omega.2025.103303>

BIODATA

Nama : Nur Aini Masruroh
 Tempat, tanggal lahir : Kebumen, 28 Mei 1977
 NIP : 19770528200212 2001
 Pangkat/Gol. : Pembina Tingkat I, Gol. IV/b
 Jabatan : Guru Besar
 Alamat kantor : Departemen Teknik Mesin dan Industri,
 Fakultas Teknik UGM, Jl. Grafika 2,
 Yogyakarta 55281
 Email : aini@ugm.ac.id
 Keluarga : 1. Estiko Ari Wibowo, S.T. (Suami)
 2. Farah Aqila Rusyda (Anak)
 3. Hanin Ammara Rusyda (Anak)
 4. Kamila Aulia Rusyda (Anak)
 Alamat Rumah : Taman Nirmala Asri No. A1-A2, Jl. Keloran
 Selatan, Tirtonirmolo, Kasihan, Bantul

Riwayat Pendidikan

1995 – 2000 : Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
 2001 – 2002 : *Master of Science by Examination and Dissertation*, Department of Process Integration, The University of Manchester Institute of Science and Technology, Inggris

- 2005 – 2010 : *Doctor of Philosophy*, Department of Industrial and Systems Engineering, National University of Singapore, Singapura
- 2018 : Insinyur Profesional, Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Penghargaan

- 2023 : Penghargaan Satyalancana Karya Satya XX Tahun
- 2020 : *Outstanding paper* pada *The 6th International E-Conference on Industrial, Mechanical, Electrical, dan Chemical Engineering*
- 2019 : Penyaji terbaik pada Seminar Hasil Penelitian Kompetitif Nasional Bidang Fokus Sosial Humaniora, Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Ristekdikti
- 2017 : Penghargaan Satyalancana Karya Satya X Tahun
- 2002 : *Best (master) dissertation of the year*, judul disertasi “*Life Cycle Analysis of a Solar Thermal System with Thermochemical Storage Processes*”, Departement of Process Integration, UMIST, UK
Dipublikasikan pada *Renewable Energy*, Volume 31, Issue 4, Halaman 537 – 548, April 2006 (Q1, SJR 2.08, IF 9.0)
- 1994 : Siswa Teladan Nasional Tingkat SMA perwakilan DIY

Asosiasi Profesional

- 2010 – 2018 : Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS)
- 2010 – 2018 : Optimization Society
- 2015 – sekarang : Persatuan Insinyur Indonesia (PII)

Riwayat Kerja dan Jabatan

- 2016 – sekarang : Ketua Program Doktor Teknik Industri FT UGM

- 2011 – 2015 : Ketua Program Magister Teknik Industri FT UGM
- 2009 – 2011 : Sekretaris Program Magister Teknik Industri FT UGM
- 2022 – sekarang : Asesor Lembaga Akreditasi Mandiri Teknik (LAM Teknik)
- 2010 – sekarang : Asesor Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN PT)
- 2000 – sekarang : Dosen Teknik Industri Fakultas Teknik UGM

Publikasi Jurnal Internasional Terindeks Scopus Periode 2020-2025

1. Isnaini, W., **Masruroh, N. A.**, & Dharma, I. G. B. B. (2025). Dynamic planning approach of facility layout from industry perspectives: A systematic literature review. *Production Engineering Archives*, 31(1), 27–40. <https://doi.org/10.30657/pea.2025.31.3>
2. Musyarofah, S. A., Tontowi, A. E., **Masruroh, N. A.**, & Wibowo, B. S. (2025). Constructing a new index for measuring industrial estate readiness using the analytic network process (ANP) approach. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 11(1). <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100467>
3. Widhianti, Y., **Masruroh, N. A.**, & Darmawan, A. (2025). Assessing the economic resilience of chili farmers through income analysis. *Cogent Food & Agriculture*, 11(1), 2487207. <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2487207>
4. Bachtiar, W. F., **Masruroh, N. A.**, Asih, A. M. S., & Sari, D. P. (2024). Halal food sustainable traceability framework for the meat processing industry. *Journal of Islamic Marketing*, 15(11), 2759–2784. <https://doi.org/10.1108/JIMA-12-2023-0412>
5. Isnaini, W., Rifai, A. P., Nurmasari, N. M. E., **Masruroh, N. A.**, Budi Dharma, I. G. B., & Andriani, V. E. (2024). Sequential use of blocplan, solver, and particle swarm optimization (PSO) to optimize the double row facility layout. *International Journal of Production Management and Engineering*, 12(2), 117–124. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2024.20061>

6. **Masruroh, N. A.**, Rifai, A. P., Mulyani, Y. P., Ananta, V. S., Luthfiansyah, M. F., & Winati, F. D. (2024). Priority-based multi-objective algorithms for green supply chain network design with disruption consideration. *Production Engineering*, 18(1). <https://doi.org/10.1007/s11740-023-01220-8>
7. Musyarofah, S. A., Tontowi, A. E., **Masruroh, N. A.**, & Wibowo, B. S. (2024). New Tool for Circular Economy Measurement of Industrial Symbiosis in Manufacturing Industrial Estates. *Industrial Engineering and Management Systems*, 23(3), 373–382. <https://doi.org/10.7232/iems.2024.23.3.373>
8. Subagyo, Purnama, D. A., **Masruroh, N. A.**, & Pratama, R. R. (2024). Modeling Dynamic Consumer Preferences in Product Attributes for Social Media-Based Product Improvement Planning. *Malaysian Journal of Consumer and Family Economics*, 32, 104–140. <https://doi.org/10.60016/majcafe.v32.05>
9. Kuo, R. J., Fernanda Luthfiansyah, M., **Masruroh, N.A.**, & Eva Zulvia, F. (2023). Application of improved multi-objective particle swarm optimization algorithm to solve disruption for the two-stage vehicle routing problem with time windows. *Expert Systems with Applications*, 225. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120009>
10. **Masruroh, N. A.**, Putra, R. K. E., Mulyani, Y. P., & Rifai, A. P. (2023). Strategic insights into recovery from supply chain disruption: A multi-period production planning model. *Journal of the Operational Research Society*, 74(7). <https://doi.org/10.1080/01605682.2022.2115414>
11. Musyarofah, S. A., Tontowi, A. E., **Masruroh, N. A.**, & Wibowo, B. S. (2023). Developing supply chain readiness measurement tool for the manufacturing industrial estates. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100019>
12. Musyarofah, S. A., Tontowi, A. E., **Masruroh, N. A.**, Wibowo, B.S., Warmadewanthi, I. D. A. A., Nasution, A. H., Bhawika, G. W., Handiwibowo, G. A., & Rusydi, M. K. (2023a). Developing a Circular Economy Index to Measure the Macro Level of Circular Economy Implementation in Indonesia. *Management Systems in*

- Production Engineering*, 31(2). <https://doi.org/10.2478/mspe-2023-0022>
13. Musyarofah, S. A., Tontowi, A. E., **Masruroh, N. A.**, Wibowo, B. S., Warmadewanthi, I., Nasution, A. H., Rusydi, M. K., Handiwibowo, G. A., & Bhawika, G. W. (2023b). Developing New Indonesia Circular Economy Indicators: A Lesson Learnt from European Union. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 0(1). <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2023i1.16368>
 14. Purnama, D. A., Subagyo, & **Masruroh, N. A.** (2023). Online data-driven concurrent product-process-supply chain design in the early stage of new product development. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(3). <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100093>
 15. Sari, D. P., **Masruroh, N. A.**, & Asih, A. M. S. (2023). Eco-Efficiency Comparative Analysis of Informal and Formal Smartphone Recycling Practices Using Life Cycle Assessment. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(3). <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.3.17452>
 16. Wibowo, B. S., Prakoso, Y. J., & **Masruroh, N. A.** (2023). Performance of judgmental–statistical forecast combination strategies under product-market configurations. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 18(2). <https://doi.org/10.1080/17509653.2021.2015472>
 17. Wibowo, B. S., Prakoso, Y. J., & **Masruroh, N. A.** (2023). Performance of judgmental–statistical forecast combination strategies under product-market configurations. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 18(2). <https://doi.org/10.1080/17509653.2021.2015472>
 18. Trapsilawati, F., Subagyo, Firmansyah, D. A., **Masruroh, N. A.**, Dharma, I. G. B. B., & Wibowo, B. S. (2022). Concurrent product-process-supply chain strategy formulation for small medium enterprises. *Concurrent Engineering Research and Applications*, 30(4), 411–423. <https://doi.org/10.1177/1063293X221118356>
 19. Tsao, Y.-C., Fauziah, H.-A., Vu, T.-L., & **Masruroh, N. A.** (2022). Optimal Pricing, Ordering, And Credit Period Policies For

- Deteriorating Products Under Order-Linked Trade Credit. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 18(6), 4151–4182. <https://doi.org/10.3934/jimo.2021152>
20. Hsieh, C.-C., Lai, H.-H., & **Masruroh, N. A.** (2021). Production decision making considering dual material types and setup time uncertainty. *Applied Mathematical Modelling*, 96, 751–765. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2021.02.010>
21. Sari, D. P., **Masruroh, N. A.**, & Asih, A. M. S. (2021a). Consumer intention to participate in e-waste collection programs: A study of smartphone waste in Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su13052759>
22. Sari, D. P., **Masruroh, N. A.**, & Asih, A. M. S. (2021b). Extended maximal covering location and vehicle routing problems in designing smartphone waste collection channels: A case study of Yogyakarta Province, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/su13168896>
23. Yuniartha, D. R., **Masruroh, N. A.**, & Herliansyah, M. K. (2021). An evaluation of a simple model for predicting surgery duration using a set of surgical procedure parameters. *Informatics in Medicine Unlocked*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100633>
24. Ilhami, M. A., Subagyo, & **Masruroh, N. A.** (2020). A mathematical model at the detailed design phase in the 3DCE new product development. *Computers and Industrial Engineering*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106617>
25. **Masruroh, N. A.**, Fauziah, H. A., & Sulistyono, S. R. (2020). Integrated production scheduling and distribution allocation for multi-products considering sequence-dependent setups: a practical application. *Production Engineering*, 14(2), 191–206. <https://doi.org/10.1007/s11740-020-00954-z>
26. Rifai, A. P., Aoyama, H., Tho, N. H., Md Dawal, S. Z., & **Masruroh, N. A.** (2020). Evaluation of turned and milled surfaces roughness using convolutional neural network. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107860>

HAKI

- 2019 Subagyo, **Masruroh, N.A.**, Ilhami, A., *Perancangan Produk 3DCE*, Hak Cipta No. pencatatan: EC00201944869
- 2017 Subagyo, **Masruroh, N.A.**, Bastian, I., *Akuntansi Manajemen Berbasis Desain*, ISBN: 978-602-386-147-7