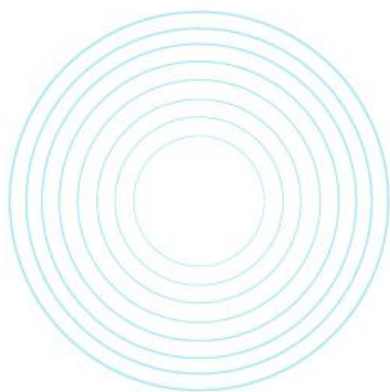




PELAN TINDAKAN SUBSEKTOR AEROANGKASA



BAHAGIAN PENGURUSAN MODEN & TEKNOLOGI
PERBADANAN PRODUKTIVITI MALAYSIA

Tajuk: **PELAN TINDAKAN SUBSEKTOR AEROANGKASA**
Hak Cipta © 2025 Perbadanan Produktiviti Malaysia (MPC)

Laman web: www.mpc.gov.my

E-mel: info@mpc.gov.my

Semua hak cipta terpelihara. Tiada bahagian daripada penerbitan ini boleh diterbitkan semula, disimpan dalam sistem simpanan semula atau dipindahkan dalam apa-apa bentuk atau dengan apa-apa cara; elektronik, mekanikal, fotokopi, rakaman atau sebaliknya – tanpa kebenaran bertulis daripada penerbit, kecuali bagi tujuan pendidikan, latihan atau penggunaan rasmi kerajaan.

ISBN: 978-967-XXXX-XX-X

Edisi: Pertama Tahun

Terbit: 2025

Versi: Buku Panduan PDF Interaktif

Hak Milik Terjemahan: Teks asal dalam Bahasa Melayu Malaysia. Sebarang terjemahan ke bahasa lain memerlukan kebenaran bertulis MPC.

Penafian: Dengan setiap penelitian yang telah diambil dalam penyediaan dokumen ini, MPC tidak akan bertanggungjawab dengan sebarang maklumat yang tidak tepat. Semua informasi dan spesifikasi adalah tertakluk kepada sebarang perubahan dari semasa ke semasa.

Perbadanan Produktiviti Malaysia (MPC)

MPC adalah agensi di bawah Kementerian Pelaburan, Perdagangan dan Industri (MITI) yang ditubuhkan bagi merancang, menyelaraskan dan melaksanakan dasar peningkatan produktiviti negara. Sejak penubuhannya pada tahun 1962 (dahulunya dikenali sebagai Pusat Daya Pengeluaran Negara), MPC berperanan sebagai peneraju dalam mempercepat pertumbuhan produktiviti negara.

Sebagai organisasi yang memfokuskan kepada penyampaian berasaskan impak, MPC menggabungkan pendekatan analitik, pemudahcara perubahan dan teknologi digital bagi menyokong pertumbuhan firma dan pengurangan beban peraturan perniagaan yang tidak wajar.

PELAN TINDAKAN SUBSEKTOR AEROANGKASA

Pelan tindakan ini menuntut komitmen padu daripada kementerian, industri, institusi akademik dan rakyat. Industri aeroangkasa adalah pemacu utama kemajuan teknologi tinggi negara dan menjana pekerjaan berkemahiran, memperkukuh keselamatan negara, dan membuka peluang eksport baharu.

Melalui kerjasama erat sektor awam-swasta, kita berupaya membina ekosistem aeroangkasa yang produktif, inovatif dan berdaya saing di peringkat global. Marilah kita berganding bahu menjadikan Malaysia sebagai hab teknologi aeroangkasa serantau.

Ayuh kita mulakan langkah ini bersama.

KANDUNGAN

PERKARA	MUKASURAT
PRAKATA	v
RINGKASAN EKSEKUTIF	vi
GAMBARAN KESELURUHAN SUBSEKTOR AEROANGKASA	viii
BAHAGIAN I: KONTEKS & DIAGNOSTIK	1
1. Pengenalan <i>playbook</i> merangkumi objektif, metodologi, keselarasan dasar, prestasi industri, rantai bekalan, dan penggunaan kerangka KLEMS. 2. Profil Aeroangkasa Malaysia — Peringkat Nasional Bab ini mengupas konteks makroekonomi, dasar, kelebihan daya saing, infrastruktur, cabaran semasa dan halatuju masa depan industri. 3. Penilaian Asas Produktiviti Bahagian ini menilai metrik sektor, membandingkan prestasi dengan peneraju global, serta mengenal pasti jurang dan peluang penambahbaikan.	
BAHAGIAN II: RANGKA KERJA STRATEGI PRODUKTIVITI	42
1. Bahagian ini menetapkan peranan Malaysia dalam aeroangkasa produktiviti tinggi, matlamat jangka panjang, dan penyelarasan pelbagai strategi nasional serta global. 2. Pilar Strategik Produktiviti Bab ini menggariskan tujuh teras transformasi: inovasi pembuatan, MRO pintar, digitalisasi, kemahiran tenaga kerja, kelestarian, ekosistem perniagaan, dan tadbir urus produktiviti. Kecemerlangan MRO Pintar & Integrasi Sistem	

PERKARA	MUKASURAT
BAHAGIAN III: RANCANGAN TINDAKAN & INISIATIF 1. Pelan Tindakan Produktiviti Sektoral – Peringkat Sektoral Bahagian ini merangkumi pelan tindakan sektoral bagi lima kluster utama: pembuatan aero, MRO, avionik, mobiliti udara dan teknologi angkasa. 2. <i>Playbook</i> Transformasi Syarikat – Peringkat Syarikat Bab ini menyenaraikan inisiatif utama termasuk Kerangka Pembiayaan AeroPN, Program Transformasi AI dan program Rantaian Bekalan Global. BAHAGIAN IV: PELAKSANAAN, PEMANTAUAN & TADBIR URUS Bahagian ini merangkumi rangka kerja pelaksanaan dengan penetapan peranan pelbagai agensi utama serta mekanisme pemantauan dan pelaporan. BAHAGIAN V: PERANAN MPC DALAM EKOSISTEM AEROANGKASA Bab ini menghuraikan program utama peningkatan pembekal, integrasi peranan rantai bekalan oleh MPC, cara pelaksanaan program, serta keluaran dan impak yang boleh diukur secara jelas. BAHAGIAN VI: TINDAKAN (<i>CALL TO ACTION</i>) Bahagian akhir ini merangkumi tanda aras lima tahun dan pelaburan, mengenal pasti trend disruptif dan komitmen bersama Agensi, industri dan akademik.	60 69 73 92

PRAKATA

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh dan salam sejahtera,

Ekonomi global kini berhadapan perubahan pesat yang didorong oleh beberapa cabaran serta kemajuan teknologi yang pantas. Malaysia tidak boleh sekadar bertindak balas, kita mesti menjadi peneraju. Industri aeroangkasa mencerminkan cabaran dan peluang ini, sebagai sektor berteknologi tinggi yang sarat potensi nilai dan inovasi.

Di bawah RMK13 dan selari dengan Wawasan MADANI, Malaysia komited membina ekonomi berpendapatan tinggi yang inklusif dan lestari. Produktiviti menjadi pemacu utama: menjana pekerjaan, menarik pelaburan, dan meningkatkan daya saing. Walaupun produktiviti buruh negara mencatat prestasi kukuh pada 2023, sektor aeroangkasa masih berdepan isu seperti masa pusing balik yang panjang, penggunaan tenaga tinggi dan keterlihatan rantai bekalan yang lemah.

AeroPN Playbook adalah respons strategik kepada cabaran ini. Ianya satu pelan tindakan dan platform transformasi dibangunkan bersama industri dan agensi awam. Ianya memperkenalkan hala tuju baharu: operasi digital, pensijilan pintar dan pembiayaan bersasar. Ia juga mengangkat potensi kecerdasan buatan (AI), bahan api penerbangan lestari (SAF) dan inovasi angkasa lepas.

Produktiviti bukan sekadar bekerja lebih keras, tetapi bekerja lebih bijak. Ini memerlukan pemanfaatan data, pengurangan ketidakcekapan, dan mewujudkan ekosistem yang menyokong industri dan diterjemahkan ke dasar yang berimpak tinggi. Playbook ini adalah titik permulaan kepada industri, penggubal dasar dan institusi pembelajaran, sama ada melatih semula tenaga kerja, membina teknologi baharu, atau meluaskan kapasiti pengeluaran rangka kerja AeroPN menyokong setiap langkah industri.

Bersama-sama, kita boleh menjadikan Malaysia sebagai hab aeroangkasa serantau yang berdaya saing, lestari dan dipacu inovasi.

Datuk Zahid Ismail

Ketua Pengarah
Perbadanan Produktiviti Malaysia

RINGKASAN EKSEKUTIF

Tinjauan Produktiviti

Sektor aeroangkasa Malaysia sedang memasuki fasa penting transformasi. Berteraskan kekuatan sejarahnya dalam bidang pembuatan dan perkhidmatan MRO, sektor ini kini beralih ke arah bidang pertumbuhan bernilai tinggi seperti kejuruteraan digital, integrasi sistem, dan penerbangan lestari. Walaupun terdapat kemajuan, beberapa kekangan produktiviti masih wujud, khususnya berkaitan tempoh pusing balik (*turnaround*), pengoptimuman tenaga, dan kapasiti pensijilan. *Aerospace Productivity Nexus (AeroPN) Playbook* menyediakan rangka kerja nasional yang terkoordinasi untuk menangani cabaran ini dan membuka sempadan baharu dalam prestasi industri.

Teras Strategik

Transformasi ini dipandu oleh lima teras strategik. Pertama, pemodenan digital dan hijau akan menjadi pemangkin kepada penambahbaikan di sepanjang rantai nilai, dengan penerapan teknologi seperti AI, dan IoT dalam fungsi pembuatan, penyelenggaraan, dan audit. Kedua, penggunaan alat kecerdasan produktiviti seperti rangka kerja KLEMS akan meningkatkan keupayaan penanda aras (*benchmarking*) dan ketelusan, dengan papan pemuka di peringkat firma yang membolehkan keputusan dibuat berasaskan data. Ketiga, bagi menutup jurang keupayaan dan mempercepatkan pematuhan peraturan, penubuhan *One-Stop Certification Accelerator* (OSCA) akan mempermudah proses audit dan membolehkan akses pasaran yang lebih pantas. Keempat, model pembiayaan AeroPN akan memudahkan akses kepada modal mampu milik, disalurkan kepada projek yang menunjukkan pulangan produktiviti yang boleh diukur, selain sejajar dengan rangka kerja pembiayaan hijau Bank Negara Malaysia. Akhir sekali, penyelarasan institusi dan pengelompokan wilayah akan memacu kecekapan pada tahap sistem, disokong oleh tadbir urus ‘tripartite’ serta pewujudan zon-zon “*hotspot* produktiviti” dalam modul enjin, avionik dan integrasi sistem.

Hasil Utama yang Dijangka

Rangka strategik ini direka bentuk untuk menghasilkan hasil yang nyata dan berimpak tinggi. Tempoh turnaround bagi perkhidmatan MRO dijangka dapat dikurangkan sehingga 50% melalui penggunaan analitik dan proses kerja modular. Penggunaan tenaga dalam kitaran pengeluaran terpilih berpotensi dikurangkan sekurang-kurangnya 15% melalui pembuatan pintar. Kapasiti pensijilan pula dijangka meningkat, disokong oleh proses audit yang didigitalkan. Selain itu, peningkatan tahap kesediaan eksport dalam kalangan firma *Tier-2* dan *Tier-3* dijangka akan memperkukuh daya saing Malaysia di peringkat global. Paling penting, intervensi produktiviti akan dipantau melalui papan pemuka (*dashboards*) yang ditakrifkan dengan jelas, membolehkan penambahbaikan dasar dibuat secara berterusan dan penglibatan sektor swasta yang lebih mendalam.

Ringkasan Pelan Tindakan

Bagi memastikan pencapaian hasil-hasil ini, agenda tindakan telah disusun dengan struktur yang jelas dan berfokus. Rantaian bekalan akan dimodenkan melalui elektrifikasi dan sistem AI untuk meningkatkan hasil pengeluaran dan mengurangkan pembaziran tenaga. Seni bina data berasaskan KLEMS akan menjadi panduan untuk dasar, pembiayaan dan keputusan penanda aras. Proses pensijilan akan disatukan di bawah OSCA untuk mempercepatkan kelulusan bagi proses khas (*special processes*). Pemacu pembiayaan di bawah AeroPN akan memberi keutamaan kepada firma yang menunjukkan potensi pertumbuhan berkait produktiviti, sambil menyokong projek transformasi AI dan inovasi kolaboratif. Akhir sekali, pembangunan tenaga kerja akan tertumpu kepada latihan modular berkemahiran pelbagai yang dikaitkan dengan zon operasi utama serta diperkuat melalui kerjasama antarabangsa.

GAMBARAN KESELURUHAN

i. ***Playbook Nexus Produktiviti Aeroangkasa (AeroPN)***

Playbook Nexus Produktiviti Aeroangkasa (AeroPN) berfungsi sebagai panduan strategik untuk mentransformasi sektor aeroangkasa Malaysia menjadi pemimpin produktiviti tinggi di Asia Tenggara. Dengan fokus kepada inovasi industri, transformasi digital, dan kelestarian, playbook ini menggariskan objektif jelas dan rancangan tindakan untuk memacu pertumbuhan jangka panjang merentasi pelbagai subsektor, termasuk pembuatan aeroangkasa, MRO (Penyelenggaraan, Pembaikan, dan Pengubahsuaian), avionik, serta teknologi baru seperti kenderaan udara tanpa pemandu (UAV) dan mobiliti udara bandar (UAM). Dengan mengintegrasikan teknologi Industri 4.0, Bahan Api Penerbangan Mampan (SAF), dan sistem pendorongan elektrik, Malaysia bertujuan untuk meningkatkan daya saing globalnya sambil mengurangkan impak alam sekitar daripada operasi aeroangkasa negara.

Playbook ini adalah Rangka Kerja Strategi Produktiviti, yang merangkumi peta jalan@compass terperinci untuk mengadaptasi teknologi canggih seperti pembuatan tambahan, IoT, dan sistem berasaskan AI. Inovasi-inovasi ini akan mengoptimumkan operasi, meningkatkan kualiti pengeluaran, dan mengurangkan kos merentasi rantai nilai aeroangkasa. Rangka kerja ini direka untuk membolehkan syarikat aeroangkasa Malaysia mencapai tahap kecekapan dan produktiviti yang lebih tinggi, meletakkan negara sebagai pemain utama dalam pasaran aeroangkasa global.

Playbook ini juga merangkumi Pelan Tindakan Produktiviti Sektor, yang menyediakan rancangan tindakan yang disesuaikan untuk subsektor utama dalam aeroangkasa, seperti pembuatan, MRO, dan UAV. Setiap pelan ini memberi tumpuan kepada peningkatan operasi khusus dalam sektor-sektor ini, sama ada mengurangkan masa pusingan dalam MRO, mempertingkatkan keupayaan pembuatan komposit, atau memajukan teknologi angkasa. Pelan ini memastikan setiap sektor dalam industri aeroangkasa Malaysia mendapat

manfaat daripada peningkatan produktiviti yang disasarkan.

ii. ***Playbook* Transformasi Strategik**

Selain itu, *Playbook* Transformasi Strategik menawarkan strategi khusus untuk PKS, membolehkan mereka mengintegrasikan pembuatan lean dan teknologi digital ke dalam operasi mereka. Inisiatif seperti Makmal Kaizen Digital Lean dan Projek Kilang Pintar akan membantu PKS meningkatkan produktiviti mereka, manakala audit ESG dan program pembangunan pembekal akan menyokong amalan mampan dan memastikan perniagaan tempatan memenuhi piawaian aeroangkasa global.

Untuk mempercepatkan pelaksanaan strategi ini, *playbook* memperkenalkan Inisiatif Perintis & *Quick Win* Negara. inisiatif berdasarkan Misi NIMP direka untuk mempercepatkan penerimaan alat digital dan automasi di seluruh industri. Platform Pertukaran Data Penerbangan akan membolehkan perkongsian data masa nyata, meningkatkan pengurusan armada dan kecekapan MRO, sementara Penunjuk Koridor Hijau akan memimpin penerimaan SAF dan pengiraan karbon, memastikan kelestarian sektor aeroangkasa.

Kesimpulannya, *Playbook* AeroPN adalah rangka kerja yang komprehensif dan berwawasan yang bertujuan untuk meletakkan Malaysia sebagai pemimpin global dalam produktiviti aeroangkasa, kelestarian, dan inovasi. Dengan memberi tumpuan kepada inisiatif strategik, mobilisasi sumber, dan pendekatan kolaboratif, *playbook* ini meletakkan asas bagi sektor aeroangkasa yang dinamik dan berdaya saing yang boleh berkembang dalam pasaran global.

iii. **Prestasi Industri Aeroangkasa**

Industri aeroangkasa di Malaysia telah menunjukkan pertumbuhan yang substansial dari 2006 hingga 2022, didorong oleh inisiatif strategik yang digariskan dalam **Pelan Induk Perindustrian Ketiga (IMP3)**. Beberapa metrik prestasi utama, termasuk pelaburan, eksport, import, sumbangan nilai tambah, pekerjaan, dan produktiviti buruh, menonjolkan perkembangan sektor ini. IMP3

memberi tumpuan kepada mempromosikan kawasan pertumbuhan aeroangkasa, mengukuhkan keupayaan domestik, meningkatkan perkhidmatan sokongan, dan meletakkan Malaysia sebagai pusat luar pesisir utama untuk produk dan perkhidmatan aeroangkasa.

Pencapaian yang signifikan sepanjang tempoh ini termasuk pelancaran satelit **RazakSAT** yang berjaya, penubuhan **Pusat Inovasi Aeroangkasa Malaysia (AMIC)**, dan pencatatan hasil tertinggi sebanyak **RM16.2 bilion** pada tahun 2019. Prestasi yang konsisten ini menekankan peranan yang semakin meningkat bagi Malaysia dalam sektor aeroangkasa global.

iv. Prestasi (Fokus dan Pencapaian IMP3)

Prestasi sektor aeroangkasa sepanjang tempoh IMP3 dipandu oleh usaha yang fokus dalam membangunkan dan mempromosikan kawasan pertumbuhan utama. Objektif utama adalah untuk mengukuhkan keupayaan domestik dalam pembuatan aeroangkasa dan perkhidmatan sokongan, sambil menjadikan Malaysia sebagai pusat luar pesisir yang terkemuka untuk produk aeroangkasa. Pencapaian penting termasuk pelancaran satelit pengimejan jarak jauh kedua Malaysia, **RazakSAT**, pada tahun 2009, dan penubuhan **AMIC** pada tahun 2011 untuk memacu penyelidikan dan inovasi.

Pencapaian-pencapaian ini mencerminkan kejayaan pelaksanaan strategi IMP3, meletakkan sektor aeroangkasa sebagai penyumbang utama kepada pertumbuhan ekonomi Malaysia.

v. Pelaburan: Analisis Pertumbuhan dan Sumbangan

Industri aeroangkasa telah mengalami peningkatan yang ketara dalam jumlah pelaburan, yang merupakan petunjuk kuat mengenai peranan sektor ini yang semakin berkembang dalam ekonomi Malaysia. Dari tahun 2006 hingga 2022, sektor ini menyaksikan sumbangan KDNK meningkat pada kadar pertumbuhan tahunan kompaun (CAGR) sebanyak 17.6%, mencapai RM14.1 bilion pada tahun 2022. Pertumbuhan yang substansial dalam sumbangan

KDNK ini menonjolkan kepentingan industri ini dalam landskap ekonomi Malaysia. Pelaburan domestik dan asing memainkan peranan penting dalam pengembangan ini.

Pelaburan domestik melonjak, mencerminkan keyakinan yang semakin berkembang terhadap sektor aeroangkasa Malaysia sebagai hab untuk perkhidmatan pesawat, pembuatan, dan bekalan komponen. Pelaburan asing juga kekal stabil, mengukuhkan minat global terhadap pembuatan aeroangkasa dan perkhidmatan penyelenggaraan, pembaikan, dan pengubahsuaian (MRO) negara. Sepanjang tempoh IMP3, banyak projek aeroangkasa telah diluluskan, yang menyumbang kepada penciptaan pekerjaan. Walau bagaimanapun, sektor ini mengalami sedikit penurunan dalam pekerjaan daripada 15,890 kepada 14,244, yang dikaitkan dengan penggunaan teknologi maju yang semakin meningkat dan peralihan kepada tenaga kerja yang lebih berkemahiran tinggi.

vi. Eksport: Prestasi Produk Aeroangkasa

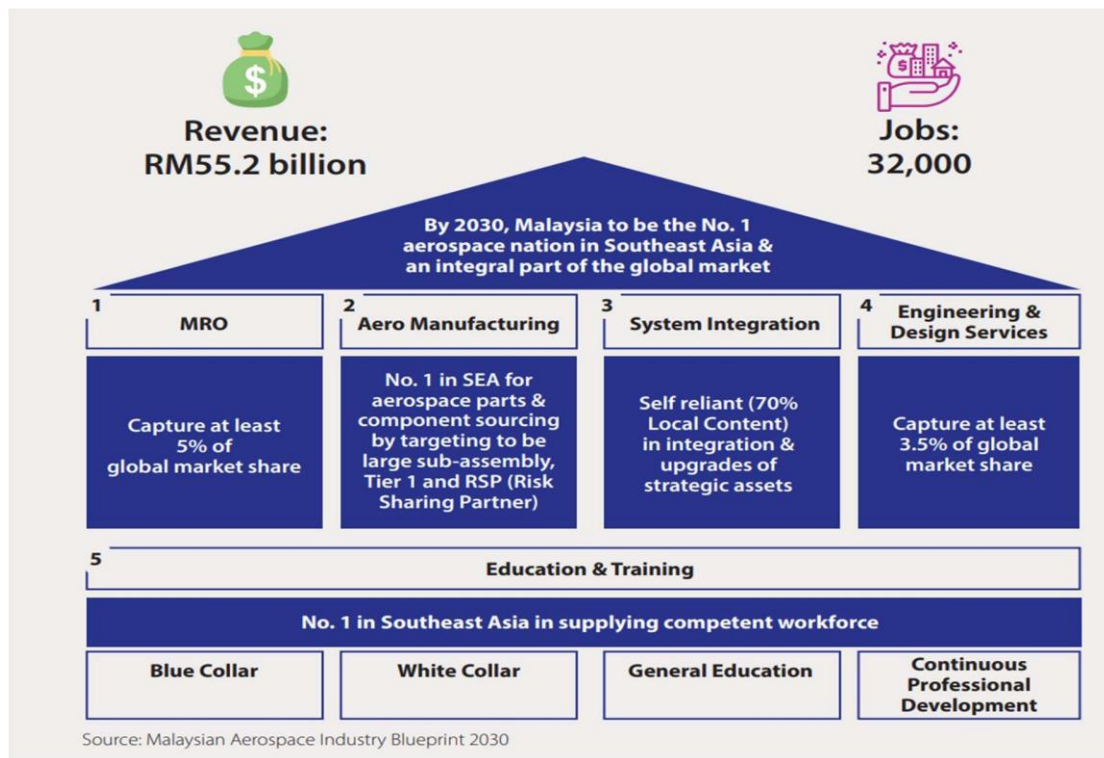
Eksport produk aeroangkasa mencatat pertumbuhan yang konsisten sepanjang tempoh IMP3, dengan industri mencatat kadar pertumbuhan tahunan terkumpul (CAGR) sebanyak 13.5%. Menjelang tahun 2021, nilai eksport aeroangkasa mencapai tahap yang signifikan, dengan peningkatan sebanyak 9% pada tahun 2022, menjadikan jumlah eksport keseluruhan sebanyak RM6.3 bilion. Pertumbuhan eksport ini didorong oleh permintaan global yang semakin meningkat terhadap komponen dan perkhidmatan aeroangkasa, sekali gus meletakkan Malaysia sebagai pemain utama dalam pasaran aeroangkasa antarabangsa. Destinasi eksport utama bagi produk aeroangkasa Malaysia termasuk Perancis, Amerika Syarikat, dan United Kingdom. Perancis menyumbang 21% daripada jumlah keseluruhan eksport aeroangkasa, dengan nilai eksport sebanyak RM1.8 bilion. Amerika Syarikat berada di tempat kedua dengan RM1.1 bilion (16.3%), manakala United Kingdom juga memberikan sumbangan yang signifikan. Pertumbuhan eksport yang stabil ini bukan sahaja mencerminkan daya saing industri Malaysia di peringkat global, tetapi juga menekankan kepentingan pasaran antarabangsa kepada industri aeroangkasa negara.

vii. Import: Sumbangan dan Trend

Import ke dalam sektor aeroangkasa meningkat sebanyak 1.3% dari tahun 2021 ke 2022, terutamanya didorong oleh peningkatan perolehan komponen yang diperlukan untuk aktiviti MRO serta permintaan yang semakin tinggi terhadap komponen pesawat khusus. Pada tahun 2022, jumlah import mencecah RM4.7 bilion, dengan Amerika Syarikat dan Perancis menjadi pembekal utama. Amerika Syarikat membekalkan komponen bernilai RM1.8 bilion (16.3%) daripada jumlah keseluruhan import, manakala Perancis menyumbang RM2.1 bilion (17.6%). Peningkatan import ini mencerminkan pergantungan industri aeroangkasa kepada pembekal antarabangsa bagi komponen kritikal yang diperlukan dalam kedua-dua sektor pembuatan dan penyelenggaraan. Kebergantungan kepada sumber luar bagi komponen khusus menunjukkan bahawa walaupun sektor aeroangkasa Malaysia sedang berkembang, ia masih bergantung kepada rantai bekalan global untuk memenuhi keperluan pengeluaran dan perkhidmatan. Trend peningkatan import ini juga menyerlahkan potensi untuk memperkukuh lagi keupayaan pembuatan tempatan Malaysia bagi mengurangkan kebergantungan terhadap pembekal luar.

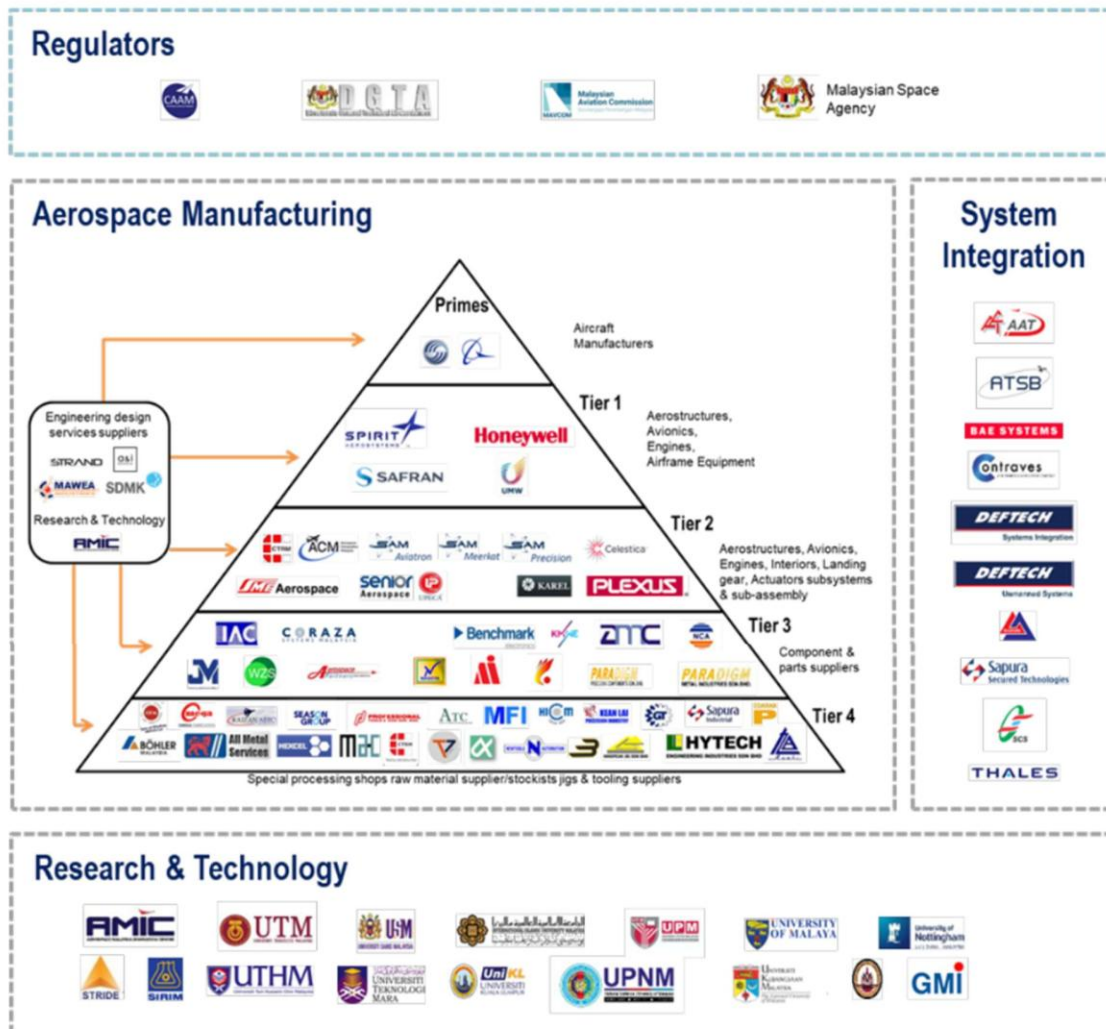
viii. Tinjauan Kemajuan Teknologi dalam Sektor Aeroangkasa Malaysia

Malaysia, sepanjang tahun-tahun kebelakangan ini, telah menjadi sebahagian penting daripada rantai bekalan syarikat gergasi seperti Airbus dan Boeing. Bermula dengan industri *Maintenance, Repair and Overhaul* (MRO) pada tahun 60-an, Malaysia kini muncul sebagai pembekal utama dalam mereka bentuk dan membina komponen pesawat kepada hampir semua pengeluar pesawat komersial. Negara telah melaburkan jumlah yang signifikan bagi merealisasikan kedudukan ini. Malaysia Aerospace Blueprint 2030 (National Aerospace Corporation, 2015) bagaimanapun, dengan jelas menyatakan bahawa Malaysia akan menumpukan kepada pembuatan bahagian dan komponen aeroangkasa dan tidak akan mengejar pengeluaran pesawat komersial berskala besar secara penuh.



Rajah 1: Strategi Pembangunan Industri (Sumber: NAICO)

Berdasarkan data daripada **MAIA (Malaysia Aerospace Industry Association, 2023)** dan NAICO, ekosistem pembuatan komponen struktur merangkumi syarikat *Tier 1* besar seperti **Spirit Aerosystems** dan **UMW Aerospace** yang menghasilkan pemasangan berskala besar, sehinggalah ke pengeluar komponen sub-tier Tier 3 dan 4. Sepanjang keseluruhan rantai nilai, syarikat pembuatan dan MRO Malaysia tertakluk kepada piawaian global kerana menjadi sebahagian daripada rantai bekalan global. Keadaan ini telah menjadi satu halangan yang tinggi untuk kemasukan banyak pihak baharu yang berpotensi ke dalam industri ini.



Source: NAICO

Rajah 2: Ekosistem Aeroangkasa Malaysia (Sumber NAICO)

Industri **Penyelenggaraan, Pembaikan dan Overhaul (MRO)** juga mempunyai tahap kerumitan yang setara, dengan organisasi penyelenggaraan asas berskala besar seperti **Sepang Aircraft Engineering (SAE)** milik Airbus, **Asia Aero Technics (AAT)** dan **General Electric Engine Services Malaysia (GEESM)** yang menjalankan pemeriksaan mendalam serta kerja overhaul penuh ke atas kerangka pesawat (*airframe*) dan enjin bagi syarikat penerbangan pihak ketiga di peringkat global.

Pemeriksaan mendalam ini merujuk kepada keupayaan untuk membongkar sepenuhnya kerangka pesawat dan enjin, mendiagnosis isu hingga ke tahap

komponen sub-paling terperinci, dan menentukan tindakan penyelenggaraan yang diperlukan. Proses ini memerlukan tahap kepakaran kejuruteraan yang sangat tinggi.

Bakat Malaysia dalam industri ini adalah setaraf dengan piawaian dunia, berkhidmat sebagai tenaga kerja bertaraf tinggi dalam pelbagai peranan, daripada jurutera berlesen hinggalah jurutera reka bentuk dan analisis yang terlibat dalam pembangunan reka bentuk terkini pesawat Airbus dan Boeing. Namun begitu, banyak kejayaan ini kurang mendapat perhatian umum, dengan sebahagian besar masyarakat tidak menyedari pencapaian hebat ini.



Rajah 3: Taklimat Presiden MAIA kepada YBM Tengku Zafrul di Pusat Kemudahan GE Engine, Subang

ix. Pencapaian dalam Pembangunan Industri Aeroangkasa Malaysia

Industri aeroangkasa Malaysia telah berkembang secara berterusan, bermula daripada tumpuan kepada perkhidmatan Penyelenggaraan, Pembaikan dan Overhaul (MRO) kepada menjadi pemain penting dalam bidang pembuatan, reka bentuk, kejuruteraan termaju serta penyelidikan dan pembangunan (R&D). Pencapaian berikut menyerlahkan pertumbuhan keupayaan teknologi dalam pelbagai sektor industri ini.



Rajah 4 : Contoh Carta Perancangan Aeroangkasa di Malaysia

BAHAGIAN I

KONTEKS & DIAGNOSTIK

1. PENGENALAN

1.1 Objektif dan Skop *Playbook*

Aerospace Productivity Nexus (AeroPN) Playbook ialah pelan strategik yang dibangunkan untuk meningkatkan produktiviti dalam industri aeroangkasa Malaysia. Dokumen ini menggariskan tindakan utama, rangka kerja, dan inisiatif yang direka untuk memacu inovasi, transformasi digital, dan pertumbuhan lestari di peringkat nasional, sektoral, dan perusahaan. *Playbook* ini bertujuan memperkukuh kedudukan Malaysia sebagai hab aeroangkasa terkemuka di Asia Tenggara dengan memanfaatkan kekuatan negara dalam industri aeroangkasa serta menyelaraskannya dengan landskap pasaran global yang sedang berkembang.

Playbook ini mengambil pendekatan menyeluruh dalam usaha meningkatkan produktiviti. Ia memberi tumpuan kepada mengenal pasti kekuatan sedia ada, menangani cabaran semasa, dan merebut peluang dalam bidang kritikal aeroangkasa termasuk pembuatan, *Maintenance, Repair, and Overhaul* (MRO), avionik, teknologi angkasa lepas dan satelit, serta sektor baharu seperti *Unmanned Aerial Vehicles* (UAVs) dan *Urban Air Mobility* (UAM).

Ini adalah dokumen dinamik yang merangkumi sasaran produktiviti jangka pendek, sederhana, dan panjang. Ia menyediakan langkah-langkah yang boleh diambil oleh pihak berkepentingan di semua peringkat nasional, sektoral, dan perusahaan serta sambil menggalakkan kerjasama antara industri, kerajaan, akademik, dan pemain utama lain untuk melaksanakan strategi-strategi dengan berkesan. Matlamat utama *playbook* ini ialah menjadikan sektor aeroangkasa

Malaysia lebih berdaya saing, inovatif, dan lestari, sekali gus menyumbang secara signifikan kepada pertumbuhan ekonomi negara dan pengaruh global Malaysia dalam industri aeroangkasa.

1.2 Metodologi & Penglibatan Pelbagai Pemegang Taruh

Bagi memastikan *playbook* ini mantap, pendekatan berbilang pemegang taruh telah digunakan, yang mengintegrasikan pandangan pemain utama dalam ekosistem aeroangkasa. Proses ini melibatkan konsultasi dan libat urus dengan pelbagai pihak berkepentingan termasuk:

Pemimpin Industri dan Persatuan: Bekerjasama dengan *Malaysian Aerospace Industry Association* (MAIA), fasiliti MRO, dan pemain utama dalam sektor aeroangkasa untuk memahami cabaran unik mereka, keperluan teknologi, dan jurang produktiviti yang wujud.

Agensi Kerajaan: Bekerjasama rapat dengan agensi seperti *National Aerospace Industry Corporation* (NAICO), *Civil Aviation Authority of Malaysia* (CAAM), *Malaysia Investment Development Authority* (MIDA), dan *Ministry of International Trade and Industry* (MITI) bagi memastikan *playbook* ini selaras dengan dasar industri dan peraturan nasional.

Institusi Akademik dan Badan Penyelidikan: Bekerjasama dengan universiti tempatan dan organisasi penyelidikan bagi membangunkan penyelesaian untuk pembangunan bakat, penyelidikan khusus industri, dan inovasi teknologi bagi memacu peningkatan produktiviti.

Amalan Terbaik Antarabangsa: Membuat penanda aras dengan hab aeroangkasa global seperti Amerika Syarikat, Singapura, dan Perancis untuk mengenal pasti amalan terbaik dalam pembuatan, proses MRO, dan strategi inovasi.

Metodologi pembangunan *playbook* ini menggabungkan analisis kuantitatif dan kualitatif, termasuk penilaian prestasi sektor, analisis jurang, bengkel pemegang

taruh, konsultasi pakar, dan penanda aras antarabangsa. Maklumat yang diperoleh daripada proses ini kemudian disintesis menjadi strategi-strategi yang boleh dilaksanakan dan membentuk teras utama playbook ini.

1.3 Penjajaran Malaysia MADANI dan Agenda Produktiviti Negara Penjajaran Playbook AeroPN dengan Strategi dan Rangka Kerja Negara

AeroPN Playbook berperanan sebagai panduan strategik untuk meningkatkan produktiviti sektor aeroangkasa Malaysia. Dengan penjajaran kepada rangka kerja nasional utama, ia memastikan bahawa penambahbaikan produktiviti aeroangkasa menyumbang secara langsung kepada matlamat ekonomi lebih luas negara. Berikut adalah gambaran tentang bagaimana *playbook* ini berintegrasi dengan strategi nasional Malaysia:

i) NIMP 2030 (*National Industrial Master Plan 2030*)

Matlamat: Mengubah Malaysia menjadi ekonomi berteknologi tinggi dan berasaskan inovasi.

Penjajaran dengan *Playbook* AeroPN:

Transformasi Digital: NIMP 2030 menekankan kepentingan transformasi digital merentas semua sektor. *Playbook* AeroPN menyokong usaha ini dengan menggalakkan penerapan teknologi Industry 4.0 seperti pembuatan pintar, automasi, dan analitik data dalam pembuatan aeroangkasa dan perkhidmatan MRO. Sebagai contoh, penyelenggaraan ramalan (*predictive maintenance*) menggunakan sensor IoT dalam fasiliti MRO dapat meningkatkan kecekapan operasi dan mengurangkan masa henti, sejajar dengan matlamat inovasi digital NIMP 2030.

Pembuatan Bernilai Tinggi: Salah satu objektif utama NIMP 2030 ialah meningkatkan pengeluaran barangan bernilai tinggi. *Playbook* AeroPN memajukan objektif ini dengan mempromosikan teknik pembuatan termaju dalam aeroangkasa, seperti pembuatan komposit, percetakan 3D (*additive*

manufacturing), dan kejuruteraan ketepatan.

Sebagai contoh, CTRM (*Composites Technology Research Malaysia*) merupakan syarikat peneraju dalam penghasilan bahan komposit canggih untuk pesawat, yang menyokong rantai bekalan aeroangkasa global.

Kelestarian: Playbook ini sejajar dengan usaha NIMP dalam mendorong kelestarian dengan mempromosikan teknologi penerbangan hijau dan penggunaan *Sustainable Aviation Fuel* (SAF). Malaysia boleh mencontohi negara seperti Amerika Syarikat yang

telah melancarkan inisiatif seperti *Sustainable Aviation Fuel Grand Challenge* untuk meningkatkan pengeluaran SAF. Malaysia mensasarkan untuk menghasilkan SAF menjelang 2027, sasaran yang jelas disokong oleh *Playbook AeroPN*.

Pembangunan Bakat: NIMP 2030 turut menekankan keperluan tenaga kerja berkemahiran tinggi. *Playbook AeroPN* menyumbang dengan mencadangkan program latihan yang dipertingkatkan dan kerjasama lebih erat antara universiti dan syarikat aeroangkasa bagi memastikan pembangunan tenaga kerja berkemahiran dalam teknologi baru muncul seperti *Unmanned Aerial Vehicles* (UAVs) dan teknologi angkasa lepas.

ii) MAIB 2030 (*Malaysia Aerospace Industry Blueprint 2030*)

Matlamat: Menjadikan Malaysia peneraju global dalam pembuatan aeroangkasa dan perkhidmatan MRO.

Penjajaran dengan *AeroPN Playbook*:

Pembuatan Termaju dan Perkhidmatan MRO: MAIB 2030 memberi tumpuan kepada pembuatan berteknologi tinggi dan perkhidmatan MRO, yang juga menjadi fokus utama dalam *AeroPN Playbook*. Syarikat aeroangkasa Malaysia seperti Spirit AeroSystems dan Sepang Aircraft Engineering telah

membangunkan keupayaan canggih dalam pemasangan pesawat dan overhaul enjin. Playbook menekankan pengembangan keupayaan ini melalui integrasi teknologi digital, seperti *augmented reality* (AR) untuk pemasangan dan 3D printing untuk pengeluaran bahagian khusus.

Teknologi Digital: *Playbook* menggalakkan penggunaan *digital twins*, automasi robotik, dan diagnostik berasaskan AI dalam perkhidmatan MRO, yang akan membantu Malaysia bersaing dengan hab aeroangkasa global seperti Singapura dan Perancis. Contohnya, GE Engine Services Malaysia menggunakan alat diagnostik untuk memantau prestasi enjin dan meramal keperluan penyelenggaraan, sekali gus mengurangkan masa pusing balik (*turnaround time*) dan kos.

Pembangunan Bakat: MAIB 2030 memprioritikan pembangunan bakat, dan playbook sejajar dengan usaha ini dengan menekankan penciptaan program latihan khusus dalam kejuruteraan aeroangkasa, robotik, dan AI. Institusi seperti *Malaysia Airlines' Engineering Training Centre* dan UniKL MIAT memainkan peranan penting dalam melengkapkan tenaga kerja dengan kemahiran yang diperlukan untuk teknologi aeroangkasa generasi akan datang.

iii) RMKe-12 (Rancangan Malaysia Kedua Belas)

Matlamat: Membangunkan ekonomi berpendapatan tinggi dan berdaya tahan dengan meningkatkan daya saing industri dan memupuk inovasi.

Penjajaran dengan *AeroPN Playbook*:

Daya Saing dan Inovasi: RMKe-12 memberi tumpuan kepada peningkatan daya saing industri, yang sejajar dengan matlamat playbook untuk menjadikan sektor aeroangkasa Malaysia lebih berdaya saing di peringkat global. *Playbook* mempromosikan integrasi teknologi termaju seperti kecerdasan buatan (AI) untuk penyelenggaraan ramalan, pembelajaran mesin (*machine learning*) untuk kawalan kualiti, dan analitik data besar (*big data analytics*) untuk meningkatkan proses membuat keputusan dalam operasi aeroangkasa. Sebagai contoh,

syarikat seperti Honeywell Aerospace di Pulau Pinang telah membangunkan sensor pintar dan sistem berasaskan AI untuk pesawat, yang merupakan contoh transformasi digital yang memacu inovasi.

Kelestarian: Selaras dengan tumpuan RMKe-12 terhadap pertumbuhan lestari, playbook merangkumi strategi untuk mengadaptasi teknologi hijau dalam industri aeroangkasa. Ini termasuk tumpuan kepada pengeluaran *Sustainable Aviation Fuel* (SAF) dan reka bentuk pesawat yang mesra alam. Sebagai contoh, Boeing telah mengumumkan komitmennya untuk memastikan semua pesawat komersial keluarannya serasi dengan penggunaan SAF menjelang 2030.

iv) Malaysia MADANI

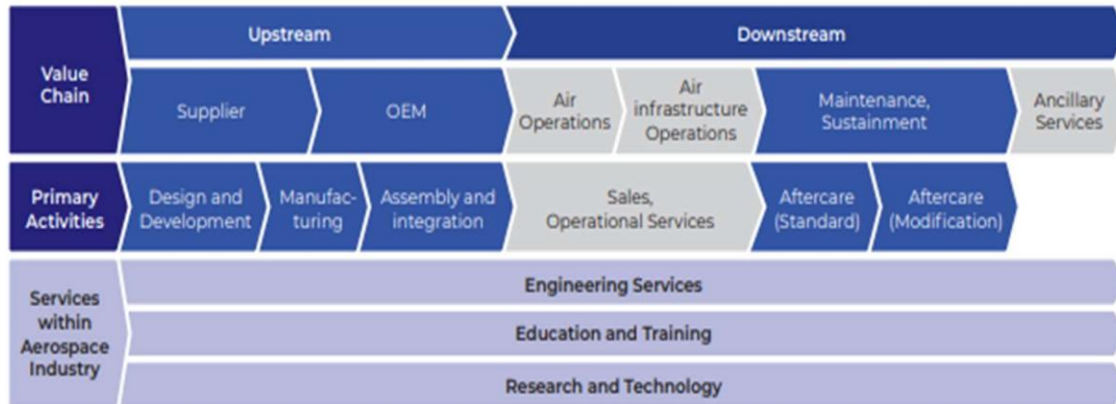
Matlamat: Mengamalkan pertumbuhan mampan, inklusif, dan berpaksikan digital.

Kelestarian: Malaysia MADANI memberi penekanan kepada pertumbuhan lestari melalui teknologi digital dan inklusiviti, sejajar dengan AeroPN Playbook. Playbook menekankan teknologi penerbangan lestari seperti SAF, pesawat *electric vertical take-off and landing* (eVTOL), dan proses pembuatan hijau dalam industri aeroangkasa. Integrasi teknologi digital twins dan AI dalam reka bentuk pesawat yang menggunakan kurang bahan api dan menyokong komitmen MADANI terhadap kelestarian.

Pembangunan Tenaga Kerja Inklusif: Malaysia MADANI menekankan pembangunan inklusif, dan playbook menyumbang ke arah ini dengan menggalakkan dasar tenaga kerja inklusif dalam sektor aeroangkasa, seperti memperluas pendidikan STEM kepada wanita dan kumpulan yang kurang diwakili dalam kerjaya aeroangkasa. Playbook menggalakkan kerjasama antara universiti dan syarikat aeroangkasa dalam program pembangunan kemahiran untuk memastikan tenaga kerja yang pelbagai dan bersedia menghadapi masa depan.

Strategi *Digital-First*

Sebagai sebahagian daripada strategi pertumbuhan *digital-first* Malaysia MADANI, *playbook* mencadangkan penggunaan teknologi Industry 4.0 untuk membangunkan ekosistem aeroangkasa yang saling berhubung secara digital. Ini termasuk pelaksanaan komponen pesawat berasaskan IoT, AI untuk penyelenggaraan ramalan, dan analitik data besar untuk meningkatkan kecekapan operasi merentas rantai nilai aeroangkasa.



Source: Ministry of Investment, Trade and Industry (MITI)

1. Rantaian Nilai Industri Aeroangkasa

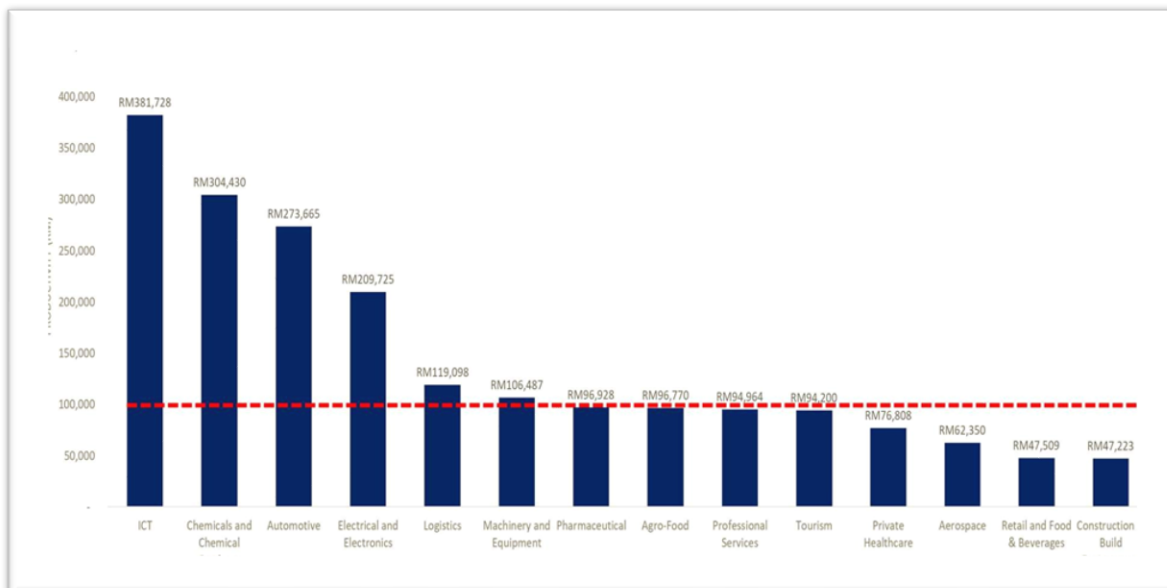
Dasar/Perancangan	Agensi Utama	Bidang Fokus	Matlamat Strategik	Alat Pelaksanaan	Peningkatan Produktiviti
<i>Malaysia Aerospace Industry Blueprint 2030</i> (MAIB 2030)	NAICO	Rangkaian nilai aeroangkasa nasional	RM55.2 bil. hasil, 32,000 pekerjaan, peneraju di Asia Tenggara	Insentif, pembangunan vendor, program pembangunan bakat	<i>Blueprint</i> ini meningkatkan kecekapan operasi di seluruh rantai nilai aeroangkasa. Dengan mengadaptasi teknologi canggih seperti automasi, analitik data, dan penciptaan pekerjaan bernilai tinggi, Malaysia bertujuan meningkatkan produktiviti sambil mengurangkan kos pengeluaran.
<i>National Industrial Master Plan 2030</i> (NIMP 2030)	MITI	Transformasi industri dengan aeroangkasa sebagai sektor utama	Mengukuhkan rantai nilai aeroangkasa, digitalisasi, pematuhan ESG	Strategi sektor berasaskan misi, infrastruktur, inovasi awam-swasta	NIMP 2030 memacu produktiviti industri aeroangkasa dengan mempromosi teknologi Industri 4.0 seperti AI, IoT, dan automasi, seterusnya meningkatkan

Dasar/Perancangan	Agensi Utama	Bidang Fokus	Matlamat Strategik	Alat Pelaksanaan	Peningkatan Produktiviti
					keluaran pembuatan, mengurangkan kebergantungan pada bioteknologi luar, dan memperbaiki kemahiran tenaga kerja. digitalisasi dan pematuhan ESG turut menjadi fokus utama.
<i>Selangor Aerospace Action Plan 2020–2030</i>	Invest Selangor	Pembangunan kluster aeroangkasa subnasional	Meningkatkan Subang sebagai hab MRO/logistik, integrasi SME	Taman perindustrian, perkongsian pendidikan-industri	Pelan tindakan ini meningkatkan produktiviti serantau dengan membangunkan kluster aeroangkasa di Selangor, memfokuskan kepada MRO dan pembuatan. Dengan mendefinisikan kawasan perindustrian dan memudahkan pertumbuhan syarikat SME, pelan ini menggalakkan proses pembuatan tempatan dan integrasi teknologi canggih, sekali gus membantu firma tempatan berkembang dan bersaing.
<i>National Space Policy 2030 (NSP 2030)</i>	MYSA	Pembangunan keupayaan angkasa lepas negara	Pelancaran satelit dan keupayaan angkasa, integrasi ekonomi angkasa	R&D awam-swasta, perkongsian antarabangsa	NSP 2030 bertujuan meningkatkan produktiviti menerusi kerjasama R&D global dan memperbaiki teknologi satelit. Kecekapan dalam pengurusan satelit tempatan dan pertumbuhan keupayaan industri akan mengurangkan kebergantungan kepada pembekal asing serta memastikan daya saing dan keberkesanan operasi dalam sektor angkasa.
<i>National Aviation Policy (NAP)</i>	Kementerian Pengangkutan / CAAM	Pembangunan tadbir urus penerbangan, peraturan, infrastruktur	Liberalisasi kawalan, pengawasan peraturan, pembangunan infrastruktur	Rangka kerja pematuhan keselamatan trafik udara	NAP meningkatkan produktiviti dengan memperkukuh kecekapan pengurusan peraturan dan pengawasan keselamatan penerbangan.

Dasar/Perancangan	Agensi Utama	Bidang Fokus	Matlamat Strategik	Alat Pelaksanaan	Peningkatan Produktiviti
					Kecekapan dalam pengurusan ruang udara, pengoptimuman laluan penerbangan, dan kos operasi yang lebih rendah menyumbang kepada prestasi ekonomi sektor penerbangan yang lebih baik.
<i>Aviation Green Roadmap</i>	Kementerian Pengangkutan / CAAM	Penerbangan lestari, pengurangan pelepasan karbon	Pengeluaran SAF 2027, campuran 47% menjelang 2050, pelepasan sifar bersih menjelang 2050	Mekanisme pasaran SAF, penyesuaian piawaian ICAO	Rangka tindakan ini memacu produktiviti dengan mempromosikan teknologi hijau dalam sektor penerbangan. Fokusnya kepada pengeluaran SAF dan mekanisme pasaran untuk mengurangkan jejak karbon penerbangan menjadikan sektor ini lebih mampan dan bersedia menghadapi keperluan ESG global.

1.4. Profil Industri Aeroangkasa

1.4.1 Prestasi Produktiviti Industri Aeroangkasa



Produktiviti buruh dalam industri aeroangkasa Malaysia kekal jauh di bawah purata nasional atas beberapa sebab yang saling berkait.

Pertama, campuran aktiviti sektor ini cenderung kepada tugas bernilai tambah rendah seperti penyelenggaraan asas barisan (*line*) dan pangkalan (*base maintenance*) atau pemesinan logam rutin, berbanding kerja ber-margin tinggi seperti MRO enjin, integrasi avionik, proses susunan komposit (*composite lay-up*), atau reka bentuk sistem. Oleh kerana perkhidmatan “komoditi” ini sangat bergantung kepada tenaga kerja dan menawarkan margin yang tipis, nilai tambah setiap pekerja kekal sederhana apabila dibandingkan dengan sektor seperti ICT atau bahan kimia, yang mempunyai keamatan modal dan kandungan harta intelek (IP) jauh lebih tinggi.

Kedua, banyak firma tempatan, terutamanya perusahaan kecil dan sederhana (PKS), masih belum mengguna pakai automasi canggih. Pelaburan dalam sel CNC autonomi sepenuhnya, kimpalan robotik, sistem *pick-and-place*, dan pemantauan *digital-twin* berasaskan IoT masih terhad. Dengan nisbah modal-ke-buruh yang rendah, setiap pekerja hanya mampu menghasilkan output pada kadar tertentu, menyebabkan jurang produktiviti semakin melebar berbanding hab serantau yang telah mengguna pakai teknologi Industry 4.0 secara meluas.

Industri ini juga sangat bergantung kepada input pertengahan yang diimport. Aloj khas, komposit berkualiti aeroangkasa, dan sub-pemasangan avionik masih banyak diperoleh dari luar negara. Oleh kerana produktiviti buruh dikira berdasarkan nilai tambah (output tolak input pertengahan), kos import yang tinggi menghakis nilai baki yang boleh dikaitkan kepada setiap pekerja.

Kos overhead pensijilan turut menambah beban struktur. Mencapai dan mengekalkan kelulusan AS9100, EN 9100, atau NADCAP memerlukan audit yang kerap, dokumentasi yang teliti, dan masa henti operasi. Piawaian ini penting untuk kredibiliti dengan pengeluar OEM global; namun, kesan jangka pendeknya adalah pengurangan output per jam buruh.

Kesan pandemik COVID-19 telah memburukkan lagi isu-isu struktur ini. Sekatan perjalanan antarabangsa dan penangguhan tempahan OEM menekan jumlah

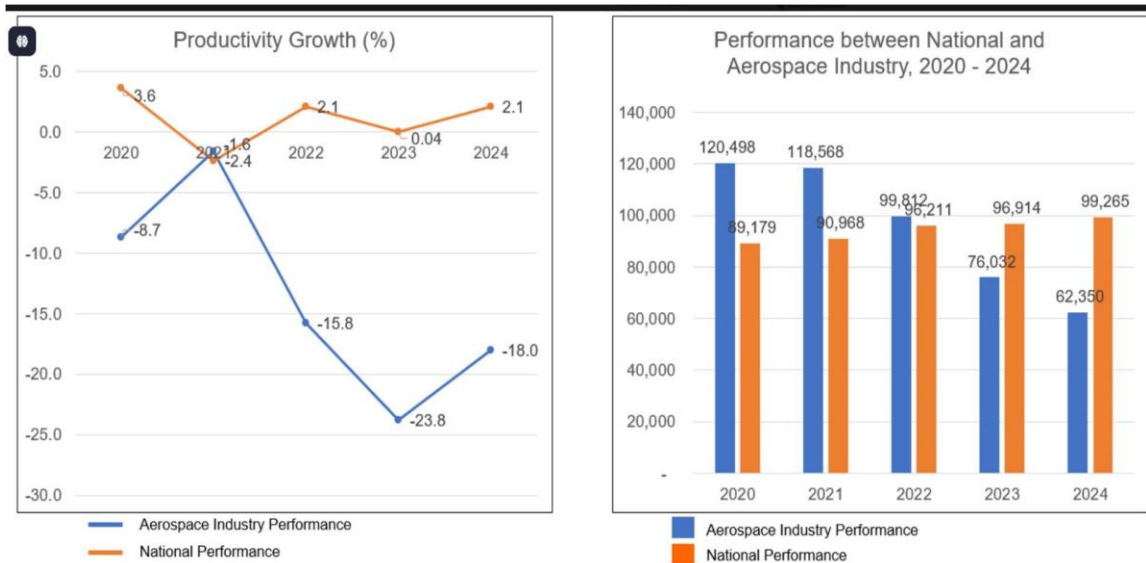
pengeluaran sepanjang 2020-2022. Firma enggan memberhentikan jurutera berlesen dan juruteknik bertauliah kerana bakat tersebut sukar diganti dan mahal. Akibatnya, walaupun hasil (*revenue*) merosot, jumlah gaji kekal tinggi, menyebabkan nilai tambah per pekerja jatuh mendadak.

Demografi juga memainkan peranan. Skim penukaran kemahiran kerajaan telah menyalurkan sejumlah besar graduan TVET dan jurutera pertengahan kerjaya ke sektor aeroangkasa dalam beberapa tahun kebelakangan ini. Walaupun positif dari segi peluang pekerjaan, pertumbuhan pantas tenaga kerja ini telah melebihi pertumbuhan hasil, sekali gus secara matematik menurunkan metrik produktiviti.

Akhir sekali, aliran kerja R&D tidak konsisten. Sekatan pembiayaan telah melambatkan program tempatan dalam pembangunan komposit generasi baharu, sistem tanpa pemandu, dan bahan api penerbangan mampan (SAF). Tanpa inovasi komersial yang menghasilkan kontrak bernilai tinggi, firma terperangkap dalam keadaan berteknologi rendah dan produktiviti rendah.

Faktor-faktor ini secara kolektif menjelaskan mengapa bar industri aeroangkasa dalam carta terletak jauh di bawah sektor lain yang mempunyai automasi lebih tinggi, kandungan IP yang lebih kaya, atau rantai bekalan yang lebih bersepadu secara menegak. Implikasinya bukan sekadar bersifat statistik: produktiviti buruh yang rendah menghadkan pertumbuhan gaji, menghalang pelabur asing yang mencari struktur kos yang cekap, dan mengurangkan ruang fiskal untuk pelaburan semula dalam keupayaan teknologi tinggi.

**Graf 1: Produktiviti: Industri Aeroangkasa Malaysia vs Prestasi Nasional
(2020 – 2024)**



Tahun	Pertumbuhan Aeroangkasa (%)	Pertumbuhan Nasional (%)	Analisis
2020	-8.7%	+3.6%	Industri aeroangkasa menguncup akibat sekatan perjalanan global; pengeluaran pembuatan penerbangan terhenti. Produktiviti nasional kekal positif, kemungkinan disokong oleh sektor penting seperti logistik dan penjagaan kesihatan.
2021	-2.4%	-1.6%	Sedikit pemulihan dalam aeroangkasa tetapi masih negatif. Penyusutan nasional disebabkan pandemik berpanjangan. Aeroangkasa terus berdepan permintaan rendah dan penutupan sempadan.
2022	-15.8%	+2.1%	Produktiviti nasional pulih. Aeroangkasa merosot teruk, menunjukkan isu struktur mungkin disebabkan kelewatan penerapan automasi atau kebergantungan eksport.

Tahun	Pertumbuhan Aeroangkasa (%)	Pertumbuhan Nasional (%)	Analisis
2023	-23.8%	+0.04%	Kemerosotan paling tinggi bagi aeroangkasa. Berkemungkinan didorong pembatalan pesanan besar-besaran atau kemerosotan industri. Tahap Nasional kekal mendatar tetapi stabil.
2024	-18.0%	+2.1%	Sedikit pemulihan dalam aeroangkasa tetapi masih sangat negatif. Ekonomi nasional menunjukkan pemulihan yang lebih kukuh dan konsisten.

- Industri aeroangkasa gagal meraih manfaat daripada pemulihan ekonomi negara pasca pandemik.
- Penyusutan terkumpul sebanyak -56% dari 2020 hingga 2024 amat membimbangkan.
- Tiada satu tahun pun mencatatkan pertumbuhan positif dalam sektor aeroangkasa sepanjang lima tahun.

Tahun	Indeks Aeroangkasa	Indeks Nasional	Perubahan YoY (Aero)	Analisis
2020	120,498	89,179	Asas	Aeroangkasa berada di atas purata nasional.
2021	118,568	90,968	-1.6%	Kemerosotan bermula untuk aeroangkasa. Tahap Nasional sedikit meningkat.
2022	99,812	96,211	-15.8%	Kejatuhan mendadak aeroangkasa; tshsp nasional terus meningkat.
2023	76,032	96,914	-23.8%	Aeroangkasa kini jauh di bawah tahap nasional. Jurang sangat ketara.

Tahun	Indeks Aeroangkasa	Indeks Nasional	Perubahan YoY (Aero)	Analisis
2024	62,350	99,265	-18.0%	Output aeroangkasa menurun berbanding 2020. Tahap Nasional mencapai paras tertinggi.

- Output aeroangkasa susut sebanyak 48.3% (daripada 120,498 kepada 62,350).
- Prestasi nasional meningkat sebanyak 11.3% dalam tempoh yang sama.
- Sektor ini kehilangan daya saing, relevansi, dan bahagian pasaran.

Tahun	Jurang (Aero - Nasional)	Tafsiran
2020	+31,319	Aeroangkasa mengatasi nasional dengan margin besar.
2021	+27,600	Margin semakin mengecil.
2022	+3,601	Hampir sama — titik perubahan.
2023	-20,882	Nasional mengatasi aeroangkasa dengan ketara.
2024	-36,915	Jurang terbesar. Aeroangkasa jauh ketinggalan.

- Industri berubah daripada prestasi cemerlang (2020) kepada prestasi sangat rendah menjelang 2023.
- Titik silang produktiviti berlaku pada 2022, selepas itu aeroangkasa konsisten merosot di bawah prestasi nasional.

Ulasan Tahunan

2020:

- Aeroangkasa terkesan teruk oleh kejutan COVID-19 (-8.7%) tetapi masih mengekalkan nilai produktiviti yang tinggi disebabkan asas kukuh sebelum

pandemik dan kerja tertunggak (*backlog*).

- Pada peringkat nasional, ekonomi digital, logistik, dan pembuatan seperti E&E membantu mengekalkan produktiviti.

✂ 2021:

- Aeroangkasa belum pulih; industri penerbangan global masih lemah.
- Kekurangan semikonduktor berkemungkinan melambatkan pengeluaran komponen aeroangkasa.
- Produktiviti nasional hanya turun sedikit.

✂ 2022:

- Kejatuhan ketara aeroangkasa bermula. -15.8% mencerminkan ketidaksepadanan permintaan/bekalan yang lebih mendalam.
- Mungkin berkaitan dengan kegagalan mendigitalkan proses atau terlepas peluang naik taraf industri.
- Secara nasional, permintaan tertangguh pasca COVID-19 meningkatkan output.

✂ 2023:

- Tahun terburuk bagi aeroangkasa. Penurunan -23.8% menandakan kemungkinan pemberhentian pekerja besar-besaran, pengurangan kilang, atau pemindahan pengeluaran.
- Permintaan global mungkin beralih kepada pemain yang lebih cekap (contohnya di Eropah/Amerika Syarikat).
- Prestasi nasional mendatar.

✂ 2024:

- Aeroangkasa pulih sedikit tetapi masih mencatatkan angka negatif yang dalam.
- Ini menunjukkan pemulihan struktur yang perlahan; mungkin kekurangan sokongan digital, dasar, atau pelaburan.
- Ekonomi nasional pulih semula.

Pemetaan Rantaian Bekalan Aeroangkasa Malaysia

Tier	Aktiviti Teras	Pemain Utama	Jurang Kritikal WCY Semasa
Tier 0 / OEM & Prime	Pemasangan akhir pesawat & enjin	Spirit AeroSystems, UMW Aerospace	Kebergantungan tinggi kepada IP reka bentuk import; kuasa reka bentuk tempatan rendah
Tier 1	Struktur aero besar, fan cases, brek landing-gear	CTRM, Safran Sendayan	Penggunaan tenaga tinggi, keterlihatan terhad
Tier 2	Pemesinan tepat, sub-assembly komposit, avionik EMS	SME Aerospace, Plexus, Celestica	Ketidakstabilan lead-time; piawaian kualiti tidak konsisten
Tier 3	Bengkel proses khas (penyaduran, heat-treat), perkakas, fasteners	Pelbagai PKS di sekitar KLIA & Melaka	Sekatan modal; tahap pendigitalan rendah
Lifecycle MRO /	Overhaul badan pesawat, enjin, komponen	MAB Engineering, GEESM, SAE	Seretan TAT; aliran kerja banyak bergantung kertas
Aftermarket & Data Services	Penyelenggaraan ramalan, pengurusan pool alat ganti, analitik fleet	Airbus CS Malaysia, AMIC, SAT-Asia	Data terpisah (<i>siloed</i>), tiada platform pertukaran data nasional

1.5. KLEMS dengan Aeroangkasa

KLEMS adalah singkatan bagi **Kapital (K)**, **Buruh (L)**, **Tenaga (E)**, **Bahan (M)** dan **Perkhidmatan (S)**. Kerangka ini digunakan untuk menilai produktiviti sektor dan membandingkan faktor-faktor pengeluaran dalam sebuah industri untuk memahami bagaimana sumber-sumber tersebut disalurkan untuk menghasilkan output. Dalam konteks sektor aeroangkasa, KLEMS berfungsi sebagai alat untuk menganalisis dan mengukur prestasi produktiviti sektor berdasarkan penggunaan dan pengurusan faktor pengeluaran yang terlibat dalam rantaian nilai aeroangkasa.

1. **Kapital (K)** dalam sektor aeroangkasa merujuk kepada pelaburan dalam teknologi canggih dan peralatan pengeluaran seperti pesawat, alat ganti, dan sistem penyelenggaraan yang digunakan dalam pembuatan, penyelenggaraan, pembaikan, dan pengubahsuaian (MRO). Pelaburan dalam modal adalah penting untuk mengembangkan kapasiti pengeluaran, meningkatkan kecekapan operasi, dan mengurangkan kos.
2. **Buruh (L)** merujuk kepada tenaga kerja dalam sektor aeroangkasa, termasuk jurutera, mekanik, teknisi, dan pekerja yang terlibat dalam pembuatan pesawat, pemasangan komponen, penyelenggaraan, dan pengubahsuaian. Seiring dengan penggunaan teknologi baru dan automasi, sektor ini semakin memerlukan pekerja berkemahiran tinggi untuk meningkatkan produktiviti dan memastikan kualiti.
3. **Tenaga (E)** dalam sektor aeroangkasa berkait rapat dengan penggunaan tenaga dalam proses pembuatan dan penyelenggaraan pesawat, yang melibatkan penggunaan tenaga yang tinggi dalam pengeluaran dan operasi. Teknologi hijau dan pengoptimuman tenaga, seperti penggunaan bahan api yang lebih efisien, adalah aspek penting dalam usaha untuk mengurangkan jejak karbon dan mematuhi matlamat kelestarian.
4. **Bahan (M)** merujuk kepada bahan mentah dan komponen yang digunakan dalam pengeluaran pesawat dan sistem yang diperlukan untuk penyelenggaraan dan pembaikan pesawat. Dalam industri aeroangkasa, bahan komposit yang ringan dan bahan berkualiti tinggi sangat penting untuk memastikan ketahanan dan prestasi pesawat. Pengurusan bahan adalah kunci untuk mengurangkan kos dan meningkatkan kecekapan dalam pengeluaran.
5. **Perkhidmatan (S)** merujuk kepada sokongan perkhidmatan seperti penyelenggaraan, pembaikan, dan pengubahsuaian pesawat (MRO), serta perkhidmatan sokongan lain seperti logistik dan latihan. Ini adalah sebahagian daripada rantai nilai yang memastikan pesawat tetap beroperasi dengan optimum dan mengurangkan *downtime*.

Dari 2015–2024, sektor aeroangkasa Malaysia berkembang dari kelompok MRO bernilai RM16 bilion menjadi enjin eksport pelbagai tier bernilai RM25 bilion yang membekalkan komposit kepada Boeing, fan-case kepada Rolls-Royce, dan overhaul enjin LEAP untuk syarikat penerbangan Asia-Pasifik. Lonjakan ini bergantung pada gabungan pesanan pesawat global yang melonjak, insentif pelaburan yang murah hati, dan peluasan kapasiti agresif oleh juara tempatan seperti CTRM, Spirit AeroSystems Malaysia, dan GE Engine Services.

Kategori Input	Peningkatan Tahunan Purata kepada Output (mata peratusan)	Pendorong Utama	Kelemahan Tersembunyi
Modal (K)	+2.8	Autoklaf baharu, CNC 5-paksi, sel ujian	Kadar penggunaan rendah; idle 1/3 syif
Bahan (M)	+3.1	Rekod kemasukan karbon-fiber & titanium	Scrap & kerja semula tinggi
Buruh (L)	+1.2	Pertumbuhan tenaga kerja, peningkatan kemahiran sederhana	Kekurangan pengaturcara NC, juruteknik MRO
Tenaga (E)	+0.6	Kitaran oven & rig lebih panjang	Kecekapan mendatar; kWh/komponen meningkat
Perkhidmatan (S)	+0.9	Lebih banyak audit, reka bentuk sub-kontrak	Kos meningkat seiring volum
MFP (Penggunaan Pintar)	-0.4	—	Proses semakin tidak cekap

2. PROFIL AEROANGKASA MALAYSIA — PERINGKAT NASIONAL

Industri aeroangkasa di Malaysia ialah pemain utama di rantau ini, dengan pelbagai segmen seperti pembuatan, MRO (Penyelenggaraan, Pembaikan dan Baikpulih), avionik dan teknologi angkasa lepas menyumbang dengan ketara kepada ekonomi.

2.1 Gambaran Makroekonomi & Perdagangan

- **Pertumbuhan Pendapatan:** Sektor aeroangkasa Malaysia terus mengukuhkan peranannya sebagai pemacu ekonomi utama, dengan pendapatan melonjak kepada RM25.1 bilion pada tahun 2024 lebih dua kali ganda daripada RM11 bilion pada tahun 2015. Ini mencerminkan kadar pertumbuhan tahunan kompaun (CAGR) yang ketara sebanyak kira-kira 10.2% sepanjang tempoh sembilan tahun, ia menunjukkan perkembangan industri yang mampan. Terutamanya pada tahun 2023 telah mencatatkan RM18.1 bilion yang menunjukkan pertumbuhan mendadak tahun ke tahun sebanyak 38.7% ke tahun 2024. Penjanaan pendapatan kekal tertumpu sebahagian besarnya dalam pembuatan aeroangkasa (49%) dan aktiviti Penyelenggaraan, Pembaikan & Baik pulih (MRO) (45%), yang bersama-sama menyumbang sebanyak 94% daripada jumlah keseluruhan pendapatan.

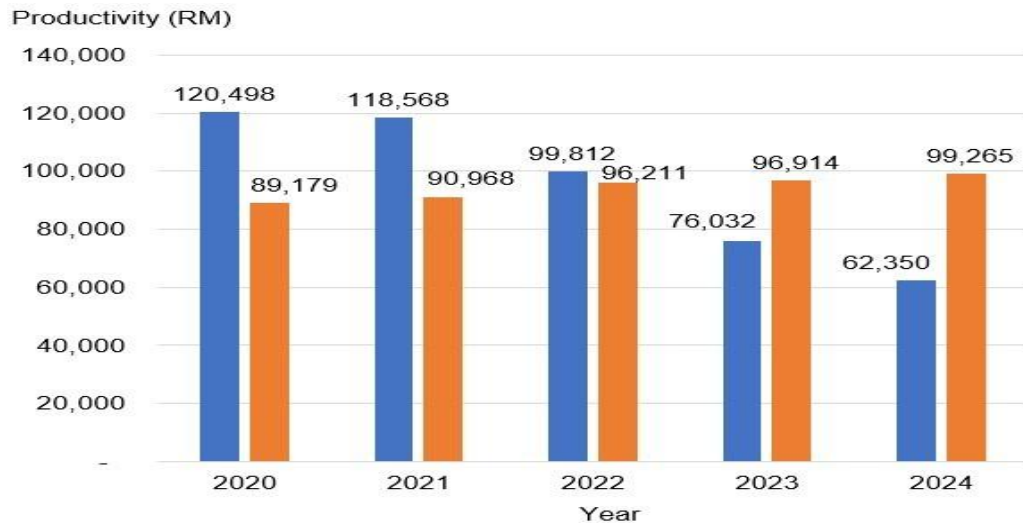
Item	IMP3			2021	2022	2006-2020	2020-2021	2021-2022
	2006	2020	2006-2020			CAGR	Annual Growth	
Exports (RM billion)	1.6	9.3	66.1	5.8	6.3	13.3%	-38.0%	9.0%

Nilai Eksport Sektor Aeroangkasa

Sumber: NIMP 2030

- **Eksport:** Di antara tahun 2006 dan 2020, eksport aeroangkasa meningkat daripada RM1.6 bilion kepada RM9.3 bilion, dengan kadar pertumbuhan tahunan kompaun (CAGR) yang kukuh sebanyak 13.3%, berjumlah RM66.1 bilion sepanjang tempoh IMP3. Bagaimanapun, eksport merosot

mendadak sebanyak 38% dari tahun 2020 hingga 2021, turun kepada RM5.8 bilion, ia disebabkan gangguan rantai bekalan global dan permintaan penerbangan yang berkurangan di tengah-tengah pandemik COVID-19. Pada tahun 2022, sektor ini mula pulih dengan pertumbuhan ketara 9.0% tahun ke tahun kepada RM6.3 bilion.



Prestasi Produktiviti Buruh antara Nasional dan Sektor Aeroangkasa

Sumber: Laporan Produktiviti Buruh Suku Pertama, JSM

- Produktiviti: Prestasi antara nasional dan sektor aeroangkasa dari tahun 2020 hingga 2024, mendedahkan percanggahan yang nyata dalam prestasi. Walaupun produktiviti negara terus meningkat daripada RM89,179 pada tahun 2020 kepada RM99,265 pada tahun 2024, ia mencerminkan kadar CAGR kira-kira 2.7%, malangnya sektor aeroangkasa telah mengalami kemerosotan mendadak dan berterusan, menjunam daripada RM120,498 kepada RM62,350 pada tempoh yang sama. Perbezaan ini menyerlahkan ketidakseimbangan kritikal: walaupun pertumbuhan positif keseluruhan negara dalam produktiviti.

Items	Units	IMP3			2021	2022	2021-2022
		2006	2020	2006-2020			
Total Investment	RM million	113.2	149.7	18,636.6	104.7	146.8	251.5
Domestic Investment	RM million	80.7	58.0	13,684.9	39.7	146.8	185.5
Foreign Investment	RM million	32.6	91.7	4,951.7	65.0	-	65.0
Number of projects	#	3	7	104	2	2	4
Employment	persons	179	278	18,931	247	42	289

Pelaburan Diluluskan dalam Sektor Aeroangkasa

Sumber: NIMP 2030

- Pelaburan: Di bawah Pelan Induk Perindustrian Ketiga (IMP3), jumlah pelaburan dari tahun 2006 hingga 2020 telah mencecah RM18.64 bilion, dengan pelaburan domestik menyumbang RM13.68 bilion dan pelaburan asing RM4.95 bilion merentas 104 projek, menjana 18,931 pekerjaan. Dalam tempoh tahun 2021–2022, jumlah pelaburan yang diluluskan berjumlah RM251.5 juta, didorong sebahagian besarnya oleh pelaburan domestik (RM185.5 juta atau 73.8%), manakala pelaburan asing hanya RM65 juta pada tahun 2021 sahaja. Hanya 4 projek diluluskan dalam tempoh dua tahun tersebut yang membuka sebanyak 289 peluang pekerjaan baharu.

Item	IMP3		2021	2022	2006-2020 CAGR	2020-2021 Annual Growth	2021-2022
	2006	2020					
Value-added ⁶ (RM billion)	1.2	1.3	1.2	1.4	1.1%	-13.9%	17.6%

Nilai Tambah bagi Sektor Aeroangkasa

Sumber: NIMP 2030

- Nilai Tambah: Dari tahun 2006 hingga 2020, nilai tambah meningkat sedikit daripada RM1.2 bilion kepada RM1.3 bilion, dengan kadar CAGR hanya 1.1%, menunjukkan peningkatan produktiviti terhad dalam tempoh IMP3. Pada tahun 2021, nilai tambah merosot sebanyak 13.9% kepada RM1.2 bilion, mencerminkan kesan global pandemik COVID-19 terhadap sektor aeroangkasa. Bagaimanapun, sektor ini telah melantun

semula pada tahun 2022 dengan peningkatan kukuh sebanyak 17.6%, mencecah RM1.4 bilion.

Item	IMP3		2021	2022	2019-2022
	2019	2020			CAGR
Employment ⁷ (persons)	15,890	13,839	14,129	14,244	-3.6%

Pekerjaan dalam Sektor Aeroangkasa

Sumber: NIMP 2030

- **Pekerjaan:** Dari tahun 2019 hingga 2022, jumlah pekerjaan merosot daripada 15,890 kepada 14,244 pekerja, menandakan kadar CAGR sebanyak -3.6%, sebahagian besarnya disebabkan oleh kesan global pandemik COVID-19 dan kelembapan sementara dalam sektor aeroangkasa. Bagaimanapun, sektor ini telah menyaksikan pemulihan yang luar biasa pada tahun 2023, dengan jumlah guna tenaga lebih dua kali ganda kepada lebih 28,000 pekerja.

2.2 Dasar Ekosistem & Tadbir Urus

- **Organisasi Utama:** Organisasi kawal selia dan dasar utama termasuk Perbadanan Industri Aeroangkasa Negara Malaysia (NAICO), Majlis Aeroangkasa Malaysia (MAC), Pihak Berkuasa Penerbangan Awam Malaysia (CAAM), dan Lembaga Pembangunan Pelaburan Malaysia (MIDA). Badan- badan ini bekerjasama untuk memastikan pertumbuhan industri dan pematuhan peraturan, dengan sokongan penting untuk pelaburan dan perkongsian antarabangsa.
- **Rangka Kerja Strategik:** Pelan Tindakan Industri Aeroangkasa Malaysia 2030 (MAIB 2030) menggariskan visi negara untuk menerajui pasaran aeroangkasa di Asia Tenggara, menetapkan matlamat bercita-cita tinggi untuk pertumbuhan pendapatan dan penciptaan pekerjaan. Rancangan Malaysia Kedua Belas (RMKe-12) dan Pelan Induk Perindustrian Baharu 2030 (NIMP 2030) seterusnya menekankan pembinaan ekosistem yang teguh untuk menyokong pertumbuhan masa hadapan.

2.3 Kelebihan Daya Saing

- Lokasi Geostrategik: Lokasi strategik Malaysia di Asia Tenggara meletakkannya sebagai hab untuk pembuatan aeroangkasa dan MRO, memudahkan laluan perdagangan yang cekap ke pasaran antarabangsa utama di Asia, Eropah dan US.
- Rantaian OEM Tahap 1: Malaysia disepadukan secara mendalam ke dalam rantaian bekalan aeroangkasa global dengan perkongsian utama dengan Pengeluar Peralatan Asal (OEM) seperti Boeing, Airbus, Rolls-Royce dan GE Aviation. Ini menyediakan akses kepada teknologi termaju dan kontrak aeroangkasa yang berkekalan.
- Perkhidmatan MRO Bertaraf Dunia: Malaysia telah memperkukuhkan kedudukannya sebagai peneraju serantau dalam perkhidmatan MRO, dengan pemain global seperti AirAsia Engineering, GE Aviation dan Boeing beroperasi di negara ini.
- Kluster Komposit: Pelaburan dalam pembuatan bahan komposit, khususnya di Selangor dan Pulau Pinang, telah membantu Malaysia menjadi pengeluar utama bahan komposit termaju yang digunakan dalam struktur dan komponen pesawat.

2.4 Infrastruktur Fizikal & Digital

- Taman Aerotech & Zon Bebas: Taman aeroangkasa yang dibina khas seperti Sepang Aerotech Park dan KLIA Aeropolis menyediakan infrastruktur untuk MRO dan pembuatan. Zon ini menawarkan insentif seperti pengecualian cukai dan kemudahan kastam.
- Infrastruktur 5G: Pelaksanaan infrastruktur 5G menyokong teknologi aeroangkasa termaju, meningkatkan kecekapan MRO dan membolehkan pemindahan data masa nyata untuk penyenggaraan ramalan dan aplikasi IoT.

- Kemudahan Angkasa: Infrastruktur angkasa lepas Malaysia, seperti Pusat Penyelidikan dan Pembangunan Langkawi dan Pusat Angkasa Negara, menyokong pembuatan dan penyelidikan satelit, menyumbang kepada pertumbuhan teknologi angkasa lepas negara.

2.5 Cabaran Utama

- Pasaran Buruh: Terdapat permintaan yang semakin meningkat untuk buruh mahir seperti kejuruteraan aeroangkasa, avionik dan MRO. Pembangunan tenaga kerja yang berterusan, termasuk latihan teknikal dan pensijilan profesional, adalah penting untuk mengekalkan pertumbuhan industri.
- Inovasi Teknologi: Apabila industri beralih ke teknologi termaju seperti AI, pembelajaran mesin dan UAV, mengekalkan dalam kelebihan daya saing memerlukan pelaburan berterusan dalam R&D.

Cabaran Dalam Industri Aeroangkasa Malaysia (Daripada Nimp 2030)

Pelan Induk Perindustrian Baharu 2030 (NIMP 2030) menonjolkan beberapa cabaran utama yang dihadapi oleh sektor aeroangkasa Malaysia. Cabaran ini, jika tidak ditangani dengan berkesan, boleh menghalang pertumbuhan industri dan keupayaannya untuk bersaing di peringkat global. Ini adalah analisis cabaran dan langkah-langkah yang perlu untuk mengatasinya:

i) Kedudukan dalam Pasaran Global MRO

- **Cabaran:**

Perkhidmatan MRO sebahagian besarnya terhad kepada penyelenggaraan penerbangan dan penyelenggaraan asas, dengan penglibatan minimum dalam perkhidmatan bernilai lebih tinggi seperti pembaikan enjin dan baik pulih komponen. Ini mengehadkan keupayaan Malaysia untuk menguasai bahagian pasaran yang lebih ketara dalam pasaran global MRO, yang dikuasai oleh negara maju dan pembekal khusus.

- **Analisis:**

Memperluas keupayaan MRO kepada aktiviti bernilai lebih tinggi (MRO enjin dan komponen) adalah penting untuk daya saing global. Kebergantungan semasa Malaysia pada perkhidmatan penyelenggaraan asas menghalang pemain tempatan daripada mendapat manfaat daripada margin keuntungan yang lebih tinggi dalam rantai nilai MRO. Industri perlu memberi tumpuan kepada peningkatan kemahiran dan melabur dalam peralatan canggih untuk mengendalikan pembaikan yang rumit dan mencapai pensijilan untuk perkhidmatan MRO yang lebih bernilai tinggi. Terdapat juga keperluan untuk lebih banyak perkongsian strategik dengan OEM utama untuk membawa keupayaan penyelenggaraan yang lebih rumit kepada negara.

ii) Sokongan dan Cabaran untuk PKS

- **Cabaran:**

PKS tempatan dalam industri aeroangkasa bergelut dengan mengemudi proses pensijilan yang rumit untuk memenuhi piawaian global. Ekosistem sokongan untuk PKS ini berpecah-belah, selalunya memerlukan mereka untuk terlibat dengan pelbagai entiti tanpa proses berpusat untuk mendapatkan sokongan atau pensijilan.

- **Analisis:**

Kekurangan mekanisma sokongan berpusat membawa kepada ketidakcekapan dalam pembangunan PKS dan mengehadkan keupayaan mereka untuk meningkat. Penubuhan Pejabat Pensijilan Sehati dan Program Kerjasama Industri (ICP) akan menyediakan PKS akses yang lebih mudah kepada sumber, sokongan kewangan dan laluan pensijilan. Selain itu, badan berpusat akan membantu menyelaraskan proses yang diperlukan untuk pensijilan dan akses kepada pasaran antarabangsa. Ini akan membolehkan PKS memenuhi piawaian yang diperlukan dengan cepat dan disepadukan ke dalam rantai bekalan global.

iii) Kurang Penggunaan dalam Keupayaan Penyelidikan dan Teknologi (R&T).

- **Cabaran:**

Malaysia mempunyai beberapa institusi penyelidikan, seperti CAESE (Central Aerospace Engineering Services Establishment) dan STRIDE, tetapi usaha penyelidikan dan teknologi (R&T) tidak disepadukan atau dioptimumkan sepenuhnya. Adaptasi rendah dalam teknologi pembuatan termaju, seperti komposit telah menghalang inovasi dan mengehendkan keupayaan Malaysia untuk membangunkan teknologi aeroangkasa termaju.

- **Analisis:**

Terdapat jurang komunikasi antara institusi R&T dan pemain industri yang menghalang pemindahan teknologi baharu ke dalam proses pembuatan. Negara memerlukan pusat kecemerlangan aeroangkasa (CoE) berpusat untuk memupuk kerjasama antara universiti, badan penyelidikan dan pihak berkepentingan industri. Ini akan memberi tumpuan kepada R&D dalam bidang kritikal seperti bahan komposit, pembuatan aditif dan sistem autonomi. Dengan menyediakan infrastruktur untuk penyelidikan kolaboratif, Malaysia boleh membangunkan penyelesaian inovatif dengan lebih baik dan menjadi hab untuk teknologi aeroangkasa di Asia Tenggara.

iv) Sokongan dan Insentif Kewangan yang Tidak Mencukupi

- **Cabaran:**

Sektor aeroangkasa memerlukan sokongan kewangan dan insentif, terutamanya untuk R&D dan pelaburan bernilai tinggi. Walaupun Malaysia menawarkan geran dan insentif cukai, PKS dan pemain besar dalam industri aeroangkasa masih menghadapi halangan untuk menggunakan teknologi canggih atau operasi skala.

- **Analisis:**

Walaupun insentif kewangan seperti NIMP High Tech Funds wujud, landskap pembiayaan masih berpecah-belah, dan proses permohonan yang menyusahkan, terutamanya untuk PKS. Terdapat keperluan untuk akses sumber kewangan, termasuk pembiayaan R&D, robotik dan automasi, dan penggunaan teknologi hijau. Meningkatkan akses kepada modal teroka dan pembiayaan ekuiti persendirian untuk syarikat pemula dan pembekal kecil dalam sektor aeroangkasa juga akan membantu untuk memupuk inovasi dan menggalakkan akses pasaran untuk teknologi terkini seperti pendorong elektrik dan dron. Platform pembiayaan yang menyeluruh harus menyokong inovasi teknologi tinggi dan memudahkan pembangunan teknologi yang mampan.

v) Cabaran Kelestarian

- **Cabaran:**

Malaysia menghadapi cabaran besar dalam mengurangkan kesan alam sekitar khususnya dalam industri aeroangkasa. Ini termasuk infrastruktur tenaga hijau yang terhad, kesukaran untuk menggunakan bahan api penerbangan mampan (SAF), dan keperluan untuk pengurangan karbon dalam proses pembuatan aeroangkasa.

- **Analisis:**

Apabila permintaan global penerbangan mampan semakin berkembang, sektor aeroangkasa Malaysia mesti segera menangani jejak karbonnya. Membangunkan penyelesaian aeroangkasa hijau dan mewujudkan kemudahan pengeluaran SAF dengan kerjasama rakan kongsi antarabangsa akan membantu Malaysia memenuhi piawaian alam sekitar global. Kerajaan harus memberi insentif kepada penggunaan SAF melalui subsidi atau pelepasan cukai, dan industri harus digalakkan untuk melabur dalam proses pengeluaran yang cekap tenaga. Tambahan pula, penubuhan rangka kerja perakaunan karbon akan membantu mengesan dan mengurangkan pelepasan, meningkatkan kemampan keseluruhan sektor akan membolehkan Malaysia meletakkan dirinya sebagai peneraju

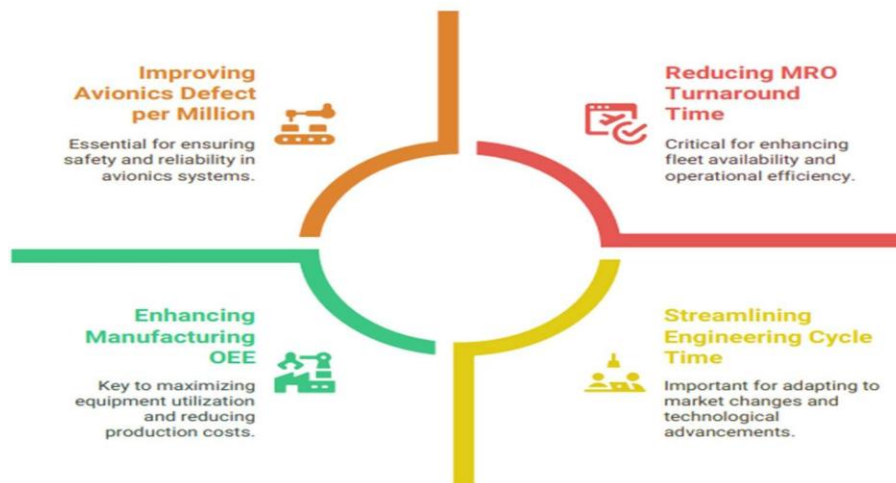
dalam penerbangan hijau.

2.6 Hala Tuju Masa Hadapan

- **Pembuatan Aeroangkasa:** Menjelang tahun 2030, Malaysia menyasarkan untuk menguasai segmen pembuatan aeroangkasa di Asia Tenggara, khususnya dalam komponen pesawat dan komposit.
- **Pertumbuhan MRO:** Dengan pasaran MRO global kian berkembang, sasaran Malaysia ialah untuk menguasai 5% daripada bahagian pasaran global menjelang 2030.
- **Teknologi Angkasa Lepas:** Pelan MSE2030 Malaysia bersedia untuk mengembangkan keupayaan angkasa lepas, bertujuan untuk berdikari dalam teknologi angkasa, meletakkan negara sebagai peneraju dalam pembuatan satelit dan perkhidmatan angkasa.
- **Industri aeroangkasa Malaysia** bersedia untuk pertumbuhan yang berterusan, didorong oleh pelaburan strategik, perkongsian global dan penggunaan teknologi termaju. Malaysia menyasarkan untuk menjadi pemain dominan dalam pembuatan aeroangkasa dan perkhidmatan MRO di peringkat global.

3. PENILAIAN ASAS PRODUKTIVITI

3.1 Metrik Produktiviti Mengikut Sektor



Rajah 1: Pengukuran Kecekapan dan Daya Saing

Penilaian garis asas produktiviti dalam sektor aeroangkasa adalah penting untuk mengukur kecekapan dan daya saing bagi subsektor utama seperti MRO (Penyelenggaraan, Pembaikan dan Baik Pulih), pembuatan, dan avionik. Metrik berikut adalah penting untuk menilai dan meningkatkan prestasi sektor:

Masa Pusing Balik MRO (*Turnaround Time*, TAT) mengukur tempoh masa yang diperlukan untuk menyelesaikan aktiviti penyelenggaraan ke atas pesawat, termasuk pemeriksaan, pembaikan dan pengubahsuaian. Dalam industri aeroangkasa yang sangat kompetitif, pengurangan TAT adalah penting untuk meningkatkan ketersediaan armada, meminimumkan masa henti, dan memaksimumkan penggunaan pesawat.

- **Contoh:** Di Malaysia, fasiliti MRO berusaha untuk mengurangkan TAT dengan melabur dalam automasi dan teknologi penyelenggaraan ramalan. Matlamatnya ialah untuk memendekkan masa henti pesawat sambil mengekalkan keselamatan dan pematuhan. Sebagai contoh, pengurangan masa penyelenggaraan berat daripada 72 jam kepada 48 jam akan meningkatkan ketersediaan armada dan secara langsung

meningkatkan kecekapan operasi.

- **Analisis:** TAT yang lebih pantas memastikan pengendali pesawat dapat mengembalikan pesawat ke perkhidmatan dengan cepat, yang penting untuk mengekalkan keuntungan. TAT yang tinggi mungkin menunjukkan ketidakcekapan seperti teknologi yang ketinggalan zaman, kekurangan tenaga kerja mahir, atau keperluan untuk pengagihan sumber yang lebih baik. Dengan sentiasa membuat penanda aras TAT terhadap peneraju industri (seperti Singapura), Malaysia boleh menetapkan sasaran yang realistik untuk memperkemas proses MRO dan meningkatkan daya saing global.

Keberkesanan Peralatan Keseluruhan (*Overall Equipment Effectiveness, OEE*) dalam Pembuatan

OEE mengukur sejauh mana operasi pembuatan menggunakan aset pengeluaran mereka secara berkesan. Ia mengambil kira tiga faktor utama:

- **Ketersediaan (*Availability*):** Masa henti mesin..
- **Prestasi (*Performance*):** Kehilangan kelajuan akibat ketidakcekapan.
- **Kualiti (*Quality*):** Kecacatan pada bahagian yang dihasilkan.

Peratusan OEE yang lebih tinggi menunjukkan penggunaan peralatan pembuatan yang lebih baik, menyumbang kepada pengurangan kos, peningkatan produktiviti dan kualiti hasil yang lebih tinggi.

- **Contoh:** Di Malaysia, peningkatan OEE melibatkan penggunaan teknologi pembuatan termaju seperti robotik, automasi dan pembuatan tambahan (pencetakan 3D). Sebagai contoh, peningkatan OEE daripada 70% kepada 80% di sebuah fasiliti pembuatan komponen aeroangkasa menunjukkan peralatan digunakan dengan lebih cekap, menghasilkan komponen berkualiti tinggi dengan lebih pantas.

- **Analisis:** OEE ialah metrik penting bagi pengeluar dalam sektor aeroangkasa. OEE yang rendah mungkin menunjukkan peralatan tidak digunakan sepenuhnya, ketidakcekapan operasi, atau kecacatan dalam pengeluaran. Dengan memberi tumpuan kepada pengurangan masa henti (ketersediaan), peningkatan prestasi mesin, dan pengurangan kecacatan (kualiti), pengeluar boleh meningkatkan hasil tanpa memerlukan pelaburan modal tambahan.

Masa Kitaran Kejuruteraan (*Engineering Cycle Time*)

Masa Kitaran Kejuruteraan merujuk kepada tempoh masa dari permulaan sesuatu reka bentuk atau perubahan kejuruteraan sehingga kelulusan akhir dan pelaksanaannya. Dalam sektor aeroangkasa, metrik ini memberi kesan langsung kepada **masa ke pasaran** (*time-to-market*) bagi komponen dan sistem baharu.

- **Contoh:** Di Malaysia, usaha untuk mempercepatkan masa kitaran kejuruteraan boleh melibatkan penambahbaikan komunikasi antara pasukan reka bentuk, penggunaan perisian simulasi bagi mempercepat fasa ujian, dan automasi dalam pengubahsuaian reka bentuk. Sebagai contoh, pengurangan masa kitaran daripada 12 bulan kepada 9 bulan untuk reka bentuk komponen baharu membolehkan pengeluar bertindak balas dengan lebih pantas terhadap perubahan pasaran dan kemajuan teknologi.
- **Analisis:** Dalam industri aeroangkasa, masa kitaran kejuruteraan yang panjang boleh melambatkan pengenalan teknologi dan komponen baharu, sekali gus menjejaskan daya saing. Memperkemas proses ini melalui pengurusan projek dan kerjasama yang lebih baik akan memastikan pembangunan produk yang lebih cepat, membantu syarikat menyesuaikan diri dengan permintaan dan inovasi global. Penanda aras masa kitaran kejuruteraan Malaysia terhadap pemain global seperti Perancis boleh membantu mengenal pasti jurang dan menggalakkan amalan terbaik.

Kecacatan Avionik per Juta Unit

T Metrik ini menjejaki jumlah kecacatan dalam komponen avionik bagi setiap sejuta unit yang dihasilkan. Kecacatan avionik boleh menyebabkan kegagalan sistem, isu keselamatan, dan penarikan semula produk yang mahal, menjadikan kawalan kualiti sebagai keutamaan dalam pembuatan aeroangkasa.

- **Contoh:** Sasaran untuk mengurangkan kecacatan avionik daripada 10,000 kecacatan per sejuta unit kepada 5,000 kecacatan per sejuta unit akan meningkatkan kualiti dan kebolehpercayaan sistem avionik yang dihasilkan di Malaysia secara ketara, sekali gus meningkatkan kepuasan pelanggan dan mengurangkan tuntutan jaminan.
- **Analisis:** Dalam bidang avionik, penekanan utama adalah pada keselamatan dan kebolehpercayaan, menjadikan metrik ini sangat penting. Kadar kecacatan yang tinggi mungkin menunjukkan kelemahan dalam proses pembuatan atau pengujian yang tidak mencukupi. Sebagai contoh, jika kadar kecacatan avionik Malaysia lebih tinggi daripada piawaian global iaitu 3,000 kecacatan per sejuta unit, ia boleh menyebabkan peningkatan kos penyelenggaraan dan kerosakan reputasi. Dengan mengguna pakai langkah kawalan kualiti yang lebih ketat, pengurusan pembekal yang lebih baik, dan prosedur ujian yang lebih maju, Malaysia boleh meningkatkan kualiti avionik sejajar dengan piawaian antarabangsa.

3.2 Penanda Aras vs. Pemimpin Global

Penanda aras sektor aeroangkasa Malaysia terhadap peneraju global seperti **Singapura, Perancis, dan Amerika Syarikat** adalah penting untuk mengenal pasti jurang prestasi, menetapkan sasaran yang realistik, dan mendorong penambahbaikan berterusan. Berikut adalah perbandingan terperinci:

Singapura:



Perkhidmatan MRO aeroangkasa yang canggih dan keupayaan pembuatan yang maju. Negara ini cemerlang dalam mengurangkan masa pusing balik MRO (TAT), dengan fasiliti yang mampu menyelesaikan penyelenggaraan berat dalam masa yang jauh lebih singkat berbanding negara lain. Singapura juga telah melabur secara besar-besaran dalam pendigitalan, menggunakan penyelenggaraan ramalan dan analitik data masa nyata untuk mengoptimumkan operasi MRO.

Penanda Aras:

Malaysia boleh menyasarkan pengurangan masa pusing balik (TAT) MRO dengan memanfaatkan teknologi penyelenggaraan ramalan dan sistem penjejakan masa nyata seperti yang digunakan di Singapura. Jika Singapura mampu mencapai TAT selama 24 jam untuk sesetengah perkhidmatan, Malaysia boleh menyasarkan pengurangan TAT daripada 48 jam kepada 36 jam dalam jangka masa pendek

Analisis:

Penanda aras terhadap piawaian MRO Singapura dapat membantu Malaysia mengenal pasti bidang yang memerlukan transformasi digital dan penambahbaikan proses.

Perbandingan ini akan mendorong Malaysia untuk menggunakan teknologi yang lebih maju seperti IoT dan pembelajaran mesin (machine learning) bagi meningkatkan kecekapan operasi serta mengurangkan masa henti.



Perancis:

Perancis, yang merupakan negara asal kepada Airbus, cemerlang dalam bidang pembuatan aeroangkasa, terutamanya dalam teknologi seperti pembuatan tambahan (additive manufacturing) dan robotik. Negara ini mengintegrasikan teknologi canggih seperti pencetakan 3D untuk memperkemas proses pengeluaran dan mengurangkan masa kitaran pembuatan. Perancis juga

mempunyai tenaga kerja yang sangat berkemahiran, hasil daripada kerjasama yang kukuh antara industri dan institusi akademik.

Penanda Aras:

Berdasarkan perbandingan dengan Keberkesanan Peralatan Keseluruhan (OEE) dan masa kitaran kejuruteraan antara Malaysia dan Perancis, Malaysia boleh memberi tumpuan kepada penerapan teknologi pembuatan termaju yang setara. Jika OEE Perancis dalam pembuatan aeroangkasa melebihi 80%, Malaysia boleh menyasarkan peningkatan OEE daripada 70% kepada 75% dengan memanfaatkan automasi dan teknologi pintar.

Analisis:

Kejayaan Perancis dalam kecemerlangan pembuatan memberikan penanda aras yang amat bernilai untuk Malaysia. Dengan permintaan global terhadap komponen aeroangkasa berkualiti tinggi, penambahbaikan dalam OEE dan masa kitaran kejuruteraan akan meningkatkan daya saing Malaysia dalam rangkaian bekalan aeroangkasa global. Pelaburan dalam robotik dan pembuatan tambahan (*additive manufacturing*) akan menjadi kunci kepada kejayaan transformasi sektor ini.

Amerika Syarikat (AS):



Amerika Syarikat merupakan kuasa besar dalam kedua-dua bidang pembuatan aeroangkasa dan perkhidmatan MRO, serta merupakan negara asal kepada Boeing dan General Electric — dua syarikat aeroangkasa terbesar di dunia. AS menerajui transformasi digital, dengan penggunaan Kecerdasan Buatan (AI), Internet Benda (IoT) dan pembelajaran mesin (*machine learning*) bagi tujuan penyelenggaraan ramalan, analitik masa nyata, dan automasi proses.

Penanda Aras:

Malaysia boleh membuat penanda aras kadar kecacatan avionik dan masa kitaran kejuruteraan dengan Amerika Syarikat. Jika Amerika Syarikat mencapai kadar kecacatan 1,500 per sejuta unit, Malaysia boleh menyasarkan pengurangan daripada 5,000 kepada 3,000 kecacatan per sejuta, sejajar dengan amalan terbaik global.

Analisis:

Tumpuan Amerika Syarikat terhadap transformasi digital memberikan panduan jelas tentang bagaimana Kecerdasan Buatan (AI) dan pembelajaran mesin dapat meningkatkan kawalan kualiti dan penyelenggaraan ramalan. Malaysia boleh mengguna pakai teknologi yang serupa untuk meningkatkan ketepatan ujian avionik, mengurangkan kecacatan, dan mempercepatkan proses kejuruteraan.

3.3 Analisis Jurang & Peluang di Peringkat Nasional, Sektoral dan Perusahaan

Satu analisis jurang dan peluang yang menyeluruh merangkumi tiga lapisan yang saling berkaitan Nasional, Sektoral, dan Perusahaan. Analisis ini membantu mengenal pasti bidang penambahbaikan dan potensi pertumbuhan untuk industri aeroangkasa Malaysia. Berikut adalah penjelasan utama bagi jurang dan peluang di setiap peringkat:

Peringkat Nasional**Jurang:****1. Kekurangan Penyelarasan Antara Agensi Kerajaan dan Pemegang Taruh Industri:**

- Terdapat cabaran penyelarasan antara pelbagai agensi kerajaan (contohnya NAICO, MIDA, MITI) dengan pemain industri, yang mengakibatkan dasar dan program sokongan yang kurang kordinasi.

- **Impak:** Keadaan ini boleh mewujudkan ketidakceapan, kelewatan dalam pelaksanaan projek, dan ketiadaan strategi pertumbuhan menyeluruh bagi sektor aeroangkasa.

2. Pelaburan Tidak Mencukupi dalam Infrastruktur Aeroangkasa:

- Infrastruktur aeroangkasa Malaysia terutamanya dalam pembuatan termaju dan penyelidikan & pembangunan (R&D) masih kurang dibangunkan berbanding negara-negara peneraju global.
- **Impak:** Tanpa taman aeroangkasa moden dan kemudahan penyelidikan yang canggih, Malaysia berisiko ketinggalan berbanding negara lain yang melabur secara besar-besaran dalam bidang ini, sekali gus menghadkan kebolehsaingan di peringkat antarabangsa.

3. Pembangunan Bakat Berteknologi Tinggi yang Terhad:

- Walaupun permintaan terhadap tenaga kerja berkemahiran tinggi semakin meningkat, masih terdapat kekurangan penekanan terhadap pembangunan tenaga kerja khusus dalam bidang seperti AI, IoT, dan kejuruteraan aeroangkasa.
- **Impak:** Kekurangan ini menyekat keupayaan sektor untuk berinovasi dan berkembang pada kadar yang diperlukan untuk kekal berdaya saing dalam industri aeroangkasa global.

Peluang:

1. Mengukuhkan Kerjasama antara Kerajaan dan Industri:

- Terdapat peluang untuk mengukuhkan kerjasama antara agensi bersama pihak berkepentingan industri bagi menyelaraskan dasar dan memupuk ekosistem aeroangkasa yang lebih bersepadu.
- **Contoh:** Usaha kolaboratif boleh memberi tumpuan kepada penciptaan peluang pembiayaan bersama untuk R&D, penetapan peraturan yang lebih jelas untuk inovasi, dan memastikan pertumbuhan sektor yang mampan dalam jangka panjang.

2. Pengembangan Taman Aeroangkasa dan Zon Bebas:

- Pemodenan dan pengembangan taman aeroangkasa serta zon bebas boleh menarik pemain global seperti Boeing, Airbus dan Rolls-Royce, seterusnya menggalakkan aktiviti R&D dan pembuatan di Malaysia.
- **Contoh:** Penubuhan kemudahan pembuatan termaju dalam zon ini dapat memberikan akses kepada teknologi terkini dan meningkatkan daya saing di peringkat global.

3. Memperkasa Pembangunan Bakat Nasional:

- Malaysia boleh memberi tumpuan kepada peluasan program latihan khusus dalam bidang aeroangkasa melalui universiti dan institusi teknikal, dengan meningkatkan kerjasama bersama industri bagi memastikan ketersediaan tenaga kerja yang berkemahiran.
- **Contoh:** Universiti boleh menawarkan program yang sejajar secara langsung dengan keperluan industri seperti pembuatan termaju, robotik, sistem avionik dan kejuruteraan aeroangkasa, bagi memastikan graduan bersedia untuk industri.

Peringkat Sektor

Jurang:

1. Penggunaan Terhadap Teknologi Industri 4.0:

- Walaupun teknologi Industri 4.0 seperti IoT, AI dan pembelajaran mesin penting untuk meningkatkan produktiviti dalam MRO dan pembuatan, kadar penggunaannya dalam sektor aeroangkasa Malaysia masih perlahan.
- **Impak:** Ini menghadkan potensi peningkatan kecekapan operasi seperti pengurangan masa pusing balik MRO (TAT) dan penambahbaikan keberkesanan peralatan keseluruhan (OEE).

2. Penggunaan Platform Digital yang Perlahan:

- Penggunaan platform digital untuk pengurusan rantai bekalan masa nyata dan analitik data masih tidak konsisten di seluruh sektor.
- **Impak:** Keadaan ini membawa kepada keputusan yang tidak optimum, tindak balas yang perlahan terhadap permintaan pasaran, serta keterlihatan yang terhad ke seluruh rantai nilai.

3. Standard Kualiti yang tidak Konsisten Merentasi Sub-sektor:

- Variasi dalam standard kualiti merentasi pelbagai subsektor aeroangkasa (contohnya pembuatan, MRO, avionik) menyebabkan kecacatan, terutamanya dalam bidang avionik.
- **Impak:** Kadar kecacatan yang tinggi dalam komponen avionik menyebabkan kepuasan pelanggan yang rendah, tuntutan jaminan yang meningkat, serta kos operasi yang lebih tinggi bagi syarikat-syarikat aeroangkasa..

Peluang:

1. Pelaksanaan Teknologi Industri 4.0:

- Terdapat peluang besar untuk memperkenalkan teknologi Industri 4.0 di seluruh rantai nilai aeroangkasa, daripada pembuatan hingga MRO, bagi mengautomatiskan proses dan meningkatkan penyelenggaraan ramalan.
- **Contoh:** Dengan mengintegrasikan alat penyelenggaraan ramalan berasaskan AI dalam MRO, Malaysia boleh mengurangkan masa henti pesawat dan meningkatkan kadar penggunaan armada.

2. Mewujudkan Platform Pertukaran Data Aeroangkasa:

- Penubuhan Platform Pertukaran Data Aeroangkasa peringkat nasional boleh membolehkan perkongsian data masa nyata, analitik ramalan, dan pemantauan prestasi di seluruh sektor, sekaligus memacu kecekapan operasi.

- **Contoh:** Platform yang menyediakan data masa nyata mengenai prestasi pesawat, jadual penyelenggaraan dan bekalan alat ganti boleh membantu mengoptimumkan pengurusan inventori dan mengurangkan kelewatan dalam operasi MRO.

3. Penubuhan Kerangka Kualiti Khusus Sektor:

- Malaysia boleh memperkenalkan standard kualiti yang seragam merentasi subsektor aeroangkasa untuk memastikan konsistensi dalam kualiti produk dan perkhidmatan.
- **Contoh:** Pelaksanaan pensijilan khusus sektor seperti AS9100 untuk pembuatan dan MRO penerbangan boleh membawa kepada peningkatan kebolehpercayaan produk, pengurangan kecacatan, dan peningkatan daya saing.

Peringkat Enterpris

Jurang:

1. Cabaran yang dihadapi oleh PKS:

- Perusahaan kecil dan sederhana (PKS) dalam sektor aeroangkasa sering menghadapi kesukaran untuk berkembang disebabkan oleh akses terhad kepada modal, teknologi dan tenaga kerja berkemahiran.
- **Impak:** Keadaan ini menyekat keupayaan mereka untuk berinovasi, menggunakan teknologi termaju, dan bersaing dengan syarikat yang lebih besar dalam rantai bekalan aeroangkasa.

2. Tumpuan Terhadap terhadap Penambahbaikan Berterusan dan Amalan Lean:

- Ramai PKS dalam sektor aeroangkasa tidak sepenuhnya mengamalkan prinsip penambahbaikan berterusan atau pembuatan lean, yang mengakibatkan ketidakcekapan.
- **Impak:** Kekurangan dalam pengoptimuman proses membawa kepada kos pengeluaran yang lebih tinggi, masa pemprosesan yang

lebih lama, dan ketidakcekan dalam kitaran pengeluaran.

3. Kekurangan Integrasi Alat Digital termaju:

- Banyak perusahaan masih bergantung kepada proses manual dan sistem lama, yang mengehadkan penggunaan analitik data, automasi, dan pembuatan keputusan masa nyata.
- **Impak:** Ini menyebabkan pembuatan keputusan yang tidak optimum, kitaran pengeluaran yang perlahan, dan peluang yang terlepas untuk pengoptimuman proses.

Peluang:

1. Memudahkan Akses PKS kepada Pembiayaan dan Teknologi:

- Malaysia boleh meningkatkan akses PKS kepada modal dan teknologi dengan menyokong inisiatif seperti Dana Teknologi Tinggi NIMP, yang menawarkan pembiayaan untuk projek berteknologi tinggi dalam sektor aeroangkasa.
- **Contoh:** Menawarkan laluan pensijilan pantas seperti AS9100 untuk sistem pengurusan kualiti akan membantu PKS meningkatkan kualiti produk dan mendapatkan akses kepada rangkaian bekalan aeroangkasa global.

2. Penubuhan Makmal Lean Digital Kaizen:

- PKS boleh dibekalkan dengan alatan dan sumber untuk mengamalkan prinsip pembuatan lean serta transformasi digital, sekali gus meningkatkan kecekapan operasi dan mengurangkan pembaziran.
- **Contoh:** Makmal ini boleh menawarkan latihan dalam bidang automasi, robotik dan IoT, membolehkan PKS mengintegrasikan alat digital secara berperingkat untuk meningkatkan produktiviti tanpa kos permulaan yang besar.

3. Pembangunan Model Kematangan Digital untuk Perusahaan:

- Malaysia boleh membangunkan model kematangan digital untuk membantu perusahaan menilai keupayaan digital semasa mereka dan melaksanakan IoT, AI, serta platform digital secara berperingkat.
- **Contoh:** Model ini boleh membimbing syarikat melalui tahap-tahap kematangan digital, bermula dengan alat automasi asas dan berkembang ke arah operasi yang didorong sepenuhnya oleh AI.

BAHAGIAN II

KERANGKA STRATEGI PRODUKTIVITI

4. VISI & MATLAMAT STRATEGIK

4.1 Industri aeroangkasa di Malaysia berada pada landasan untuk pertumbuhan yang ketara, dengan visi untuk menjadi Kuasa Besar Aeroangkasa Berproduktiviti Tinggi di Asia Tenggara. Kerangka yang dibentangkan menggariskan hala tuju yang jelas, dengan matlamat yang ditetapkan mengikut jangka masa pendek, sederhana, dan panjang. Dengan penjajaran kepada strategi nasional dan antarabangsa, Malaysia berhasrat untuk meningkatkan daya saing globalnya, merangsang pertumbuhan ekonomi, dan mencapai amalan mampan dalam sektor aeroangkasa.

Visi ini menekankan kepada sektor aeroangkasa yang produktif, mampan, dan berdaya saing di peringkat global. Tumpuan bukan sahaja untuk mengekalkan kepimpinan industri, tetapi juga memastikan bahawa inovasi, pendigitalan, dan amalan hijau memainkan peranan penting dalam membentuk masa depan industri aeroangkasa Malaysia.

- **Daya Saing Global:** Visi Malaysia meletakkan negara ini sebaris dengan pemain global seperti Amerika Syarikat, Perancis, dan Singapura. Ini penting untuk menarik pelaburan, terutamanya dalam bidang pembuatan berteknologi tinggi, perkhidmatan MRO, dan teknologi angkasa lepas.

Sasaran 2025: Pengurangan Masa Pusing Balik MRO (TAT) Sebanyak 15–20%

Kecemerlangan MRO Singapura:

Singapura mendahului dalam usaha mengurangkan masa pusing balik penyelenggaraan, pembaikan dan pengubahsuaian (MRO) dengan memanfaatkan penyelenggaraan ramalan dan alat digital. Malaysia boleh mencontohi strategi serupa untuk meningkatkan kecekapan operasi.

Sumber: Industri Aeroangkasa Singapura

Penekanan IATA terhadap Kecekapan MRO:

Persatuan Pengangkutan Udara Antarabangsa (IATA) menekankan kepentingan pengurangan TAT MRO bagi meningkatkan kadar penggunaan armada. Malaysia boleh mencapai penambahbaikan yang setara dengan penggunaan alat dan teknologi canggih.

Sumber: Strategi MRO IATA

- **Kemampuan:** Fokus Malaysia terhadap teknologi hijau dalam aeroangkasa seperti Bahan Api Penerbangan Mampan (Sustainable Aviation Fuel, SAF) selaras dengan matlamat industri penerbangan global untuk mengurangkan pelepasan karbon. Ini merupakan elemen penting dalam menjadikan Malaysia pemain yang berdaya saing dalam dunia yang semakin menuju ke arah pertumbuhan mampan.
- **Inklusiviti dan Pertumbuhan:** Visi ini juga memberi keutamaan kepada pekerjaan bernilai tinggi dan pembangunan kemahiran, bagi memastikan industri aeroangkasa Malaysia mewujudkan ekosistem yang inklusif dan berasaskan pengetahuan untuk generasi akan datang.

4.2 Matlamat Mengikut Jangka Masa Strategik

Matlamat untuk tahun 2025, 2030 dan 2035 menetapkan sasaran yang jelas bagi industri aeroangkasa, dengan penekanan terhadap kedua-dua aspek produktiviti dan kemampuan.

Matlamat 2025 (Jangka Pendek)

- **Kepimpinan dalam Hab MRO Aeroangkasa:**
 - **Sasaran:** Dengan mengurangkan masa pusing balik MRO (Turnaround Time, TAT) sebanyak 15–20% dan meningkatkan kecekapan operasi, Malaysia menyasarkan untuk menjadi hab MRO terkemuka di Asia Tenggara. Sasaran ini selaras dengan *Pelan Induk Aeroangkasa ASEAN*, yang mengutamakan MRO sebagai segmen pertumbuhan utama di rantau ini.
 - **Perbandingan Antarabangsa:** Sasaran ini mencerminkan strategi agresif MRO Singapura, yang telah menjadikannya peneraju dunia dalam bidang pembaikan dan penyelenggaraan pesawat. Malaysia boleh mengambil contoh daripada strategi pendigitalan dan penyelenggaraan ramalan yang diamalkan Singapura bagi mengurangkan masa pusing balik MRO.

- **Pertumbuhan Hasil Pembuatan Aeroangkasa:**
 - **Sasaran:** Mencapai pertumbuhan tahunan sebanyak 5–7% melalui peningkatan keupayaan pengeluaran dalam bidang komposit dan avionik.
 - **Analisis:** Dengan jangkaan pertumbuhan global dalam pembuatan aeroangkasa, sektor komposit dan avionik Malaysia boleh memanfaatkan permintaan industri yang dipacu oleh pengeluar peralatan asal (OEM) seperti Boeing dan Airbus. Pembangunan kluster aeroangkasa di kawasan seperti Pulau Pinang boleh menggalakkan integrasi yang lebih mendalam dengan rantai bekalan global, khususnya bagi komponen seperti struktur sayap dan bahagian enjin.

- **Inisiatif Kilang Pintar untuk PKS Aeroangkasa:**
 - **Sasaran:** Melancarkan sekurang-kurangnya 10 projek perintis bagi pengilangan lean dan integrasi digital.
 - **Analisis:** Transformasi Industri 4.0 merupakan kunci bagi PKS Malaysia untuk bersaing di peringkat global. Pelaksanaan kilang pintar akan membolehkan mereka mengoptimumkan proses, mengurangkan pembaziran, dan meningkatkan kualiti produk. Dengan mengambil contoh kejayaan industri aeroangkasa di Jerman, Malaysia perlu memberi tumpuan kepada penubuhan ekosistem Industri 4.0 bagi menyokong transformasi digital PKS dalam sektor ini.

- **Platform Digital Aeroangkasa Kebangsaan:**
 - **Sasaran:** Satu platform untuk perkongsian data masa nyata merentasi rantai bekalan aeroangkasa.
 - **Analisis:** Platform digital ini akan memperkemas operasi, daripada MRO hingga ke pembuatan. *Space Data Centre* Kesatuan Eropah (EU) merupakan penanda aras terbaik bagi Malaysia dalam membangunkan infrastruktur digital bersepadu yang memastikan aliran data yang cekap, analitik ramalan, dan pembuatan keputusan yang lebih baik di seluruh rantai nilai aeroangkasa.

Matlamat 2030 (Jangka Sederhana)

- **Pertumbuhan Hasil:**

- **Sasaran:** Mencapai peningkatan hasil industri aeroangkasa sebanyak 50% melalui integrasi teknologi Industri 4.0 dan peningkatan eksport.
- **Analisis:** Penggunaan teknologi Industri 4.0 adalah penting untuk membolehkan Malaysia meningkatkan operasi pembuatan dalam sektor aeroangkasa. Dengan mengguna pakai automasi, kecerdasan buatan (AI), dan robotik, Malaysia boleh meningkatkan kecekapan dan produktiviti, sekaligus menjadikannya pemain yang kompetitif di peringkat global. Pengambilan inspirasi daripada industri aeroangkasa Jerman dapat membantu Malaysia dalam meningkatkan reka bentuk produk, dan sistem jaminan kualiti.

- **Pegangan Pasaran MRO Aeroangkasa:**

- **Sasaran:** Mencapai 25% pegangan pasaran global dalam perkhidmatan MRO.
- **Analisis:** Untuk memperluaskan pegangan pasaran MRO, Malaysia perlu membangunkan kemudahan MRO bertaraf dunia dan melabur dalam teknologi penyelenggaraan terkini. Amerika Syarikat, dengan infrastruktur MRO yang maju, boleh dijadikan contoh bagi Malaysia. Penggunaan alat digital untuk diagnostic penyelenggaraan dan analitik ramalan adalah penting bagi menyediakan perkhidmatan MRO yang berkualiti tinggi dan cekap di peringkat global.

- **.Pengurangan Pelepasan Karbon:**

- **Sasaran:** Mencapai pengurangan 20% dalam pelepasan karbon bagi setiap kitaran penerbangan.
- **Analisis:** Dengan menggunakan pakai Bahan Api Penerbangan Mampan (Sustainable Aviation Fuel, SAF), Malaysia boleh menyumbang kepada matlamat global industri penerbangan dalam mengurangkan pelepasan karbon. Penggunaan SAF yang selaras dengan piawaian ICAO bukan sahaja akan mengurangkan pelepasan, malah akan meletakkan Malaysia sebagai peneraju dalam teknologi aeroangkasa hijau, seiring dengan usaha kemampanan global seperti Perjanjian Paris.

Sasaran 2030: Pengurangan 20% Emisi Karbon bagi Setiap Kitaran Penerbangan

Sumber: Airbus dan Boeing

Airbus dan Boeing merupakan peneraju global dalam mempromosikan penggunaan Bahan Api Penerbangan Lestari (SAF), yang terbukti dapat mengurangkan pelepasan karbon dioksida (CO₂) sehingga 80% berbanding bahan api jet konvensional. Sasaran Malaysia untuk mengadaptasi SAF menjelang 2030 adalah sejajar dengan trend global dalam usaha mengurangkan jejak karbon dalam industri penerbangan.

Rujukan: Strategi SAF Airbus, Komitmen Boeing terhadap SAF

Sasaran 2035: Peningkatan 40% Kandungan Tempatan dalam Pembuatan Aeroangkasa

Sumber: NAICO, MITI, dan MIDA

Pelan Induk Industri Aeroangkasa Negara 2030 menetapkan matlamat utama untuk meningkatkan kandungan tempatan dalam pembuatan aeroangkasa kepada sekurang-kurangnya 40% menjelang 2035. Penekanan terhadap sumber tempatan bertujuan mengurangkan kebergantungan kepada import dan memperkukuh rangkaian bekalan domestik. Sasaran ini boleh dicapai melalui galakan penggunaan teknologi pembuatan termaju dan pelaksanaan program pembangunan pembekal.

Rujukan: Laporan Industri Aeroangkasa MIDA

Matlamat 2035 (Jangka Panjang)

- **Kepimpinan Global dalam Pembuatan dan MRO Aeroangkasa:**
 - **Sasaran:** Mencapai kedudukan 3 teratas dunia dalam pembuatan dan perkhidmatan MRO aeroangkasa.
 - **Analisis:** Malaysia perlu melabur secara besar-besaran dalam infrastruktur, teknologi, dan pembangunan bakat. Tumpuan harus diberikan kepada pembinaan kerjasama strategik dengan OEM global dan penyedia perkhidmatan MRO terkemuka, dengan memanfaatkan lokasi geostrategik Malaysia untuk menjadi hab serantau bagi operasi aeroangkasa. Ini sejajar dengan trend global di mana negara seperti Amerika Syarikat, Perancis, dan Singapura mendominasi landskap aeroangkasa.
- **Pengurangan Pelepasan CO₂ dan Teknologi Hijau:**
 - **Sasaran:** Mencapai pengurangan 30% dalam pelepasan CO₂ bagi setiap kitaran penerbangan dengan menjadi peneraju dalam teknologi aeroangkasa hijau.
 - **Analisis:** Apabila peraturan perubahan iklim menjadi semakin ketat di seluruh dunia, pelaburan Malaysia dalam teknologi hijau seperti pendorongan elektrik, SAF, dan teknologi penangkapan karbon akan membezakan negara ini daripada yang lain. Kerjasama dengan negara seperti United Kingdom, yang telah pun mendahului dalam penerbangan hijau, akan membantu mempercepatkan usaha Malaysia.
- **Integrasi Digital dan Kecerdasan Buatan (AI):**
 - **Sasaran:** Mencapai integrasi digital sepenuhnya dengan penyelenggaraan ramalan berasaskan AI, sistem autonomi, dan analitik data.
 - **Analisis:** Integrasi digital sepenuhnya akan membolehkan Malaysia meningkatkan kecekapan operasi, mengurangkan masa henti, dan

meningkatkan produktiviti di seluruh sektor aeroangkasa. Langkah ini akan meletakkan Malaysia dalam kalangan negara terkemuka dalam bidang aeroangkasa, terutamanya dalam teknologi penerbangan dan perkhidmatan aeroangkasa digital. Malaysia boleh mengambil inspirasi daripada perjalanan transformasi digital Boeing, yang mengintegrasikan AI dalam penyelenggaraan dan analitik data untuk mendapatkan pandangan ramalan.

- **Kandungan Tempatan dalam Pembuatan Aeroangkasa:**

- **Sasaran:** Meningkatkan kandungan tempatan dalam pembuatan kepada 40%.
- **Analisis:** Industri aeroangkasa Malaysia perlu memberi tumpuan kepada pengukuhan rantai bekalan tempatan, mengurangkan kebergantungan kepada pembekal asing, dan memacu inovasi melalui R&D. Usaha ini bukan sahaja akan meningkatkan produktiviti, malah akan memperkukuh daya tahan ekonomi serta nilai domestik sektor aeroangkasa.

4.3 Penjajaran Strategik Nasional dan Antarabangsa

Penjajaran Nasional:

Strategi yang digariskan dalam Pelan Induk Industri Aeroangkasa Malaysia 2030 (MAIB 2030) dan Pelan Induk Perindustrian Negara 2030 (NIMP 2030) adalah selaras dengan matlamat negara untuk transformasi industri, pendigitalan, dan kemampanan. Strategi ini juga seiring dengan Rancangan Malaysia Ke-12 (RMKe-12), yang menyasarkan pemodenan industri utama melalui penggunaan teknologi, penciptaan pekerjaan bernilai tinggi, dan kepelbagaian ekonomi.

Sasaran 2030: Penguasaan 25% Pegangan Pasaran Global dalam Perkhidmatan MRO

Sumber: *Boeing Commercial Market Outlook* dan IATA

Unjuran *Commercial Market Outlook 2023–2042* oleh Boeing, pasaran global bagi penyelenggaraan, pembaikan dan pengubahsuaian (MRO) dijangka mencecah USD 3.8 trilion menjelang 2042, dengan pertumbuhan ketara di rantau Asia Pasifik. Hasrat Malaysia untuk menguasai 25% pegangan pasaran global dalam perkhidmatan MRO menjelang 2030 adalah sejajar dengan peningkatan permintaan global terhadap perkhidmatan ini, terutamanya di Asia.

Penjajaran Antarabangsa:

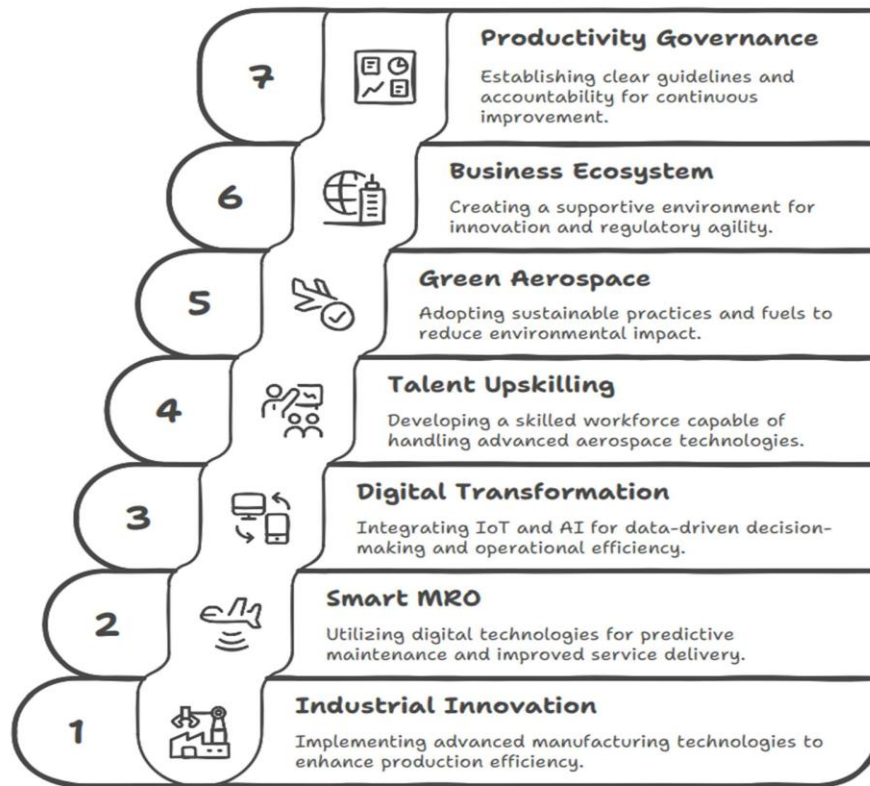
Di peringkat global, matlamat aeroangkasa Malaysia sejajar dengan rangka kerja antarabangsa utama seperti *Skim Pengimbangan dan Pengurangan Karbon bagi Penerbangan Antarabangsa (CORSIA)* yang diperkenalkan oleh ICAO, dan *Matlamat Pembangunan Mampan (SDG)* oleh Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (PBB). Amalan hijau dalam aeroangkasa yang diterapkan oleh Malaysia bertujuan untuk meletakkan negara ini sebagai peneraju dalam penerbangan mampan, mematuhi piawaian antarabangsa berkaitan pengurangan pelepasan karbon dan kemampanan alam sekitar. Kerjasama dengan syarikat aeroangkasa gergasi dunia seperti Airbus dan Boeing juga akan memacu kemajuan teknologi, membolehkan Malaysia mengekalkan kelebihan daya saing dan menembusi pasaran baharu.

Industri aeroangkasa Malaysia berada di landasan yang tepat untuk mencapai produktiviti tinggi dan daya saing global melalui pelaksanaan teknologi Industri 4.0, inisiatif kemampanan, dan perkongsian strategik. Dengan menyelaraskan dasar nasional dengan arah aliran antarabangsa, Malaysia sedang menetapkan asas untuk menjadi kuasa besar aeroangkasa terkemuka di Asia Tenggara dan peringkat global. Pendekatan berpandangan jauh ini akan memastikan pertumbuhan ekonomi berterusan, kemajuan teknologi, dan penciptaan pekerjaan dalam sektor aeroangkasa.

5. TERAS PRODUKTIVITI STRATEGIK

Teras Produktiviti Strategik membentuk asas kepada usaha sektor aeroangkasa Malaysia untuk meningkatkan daya saing, kemampanan, dan pertumbuhan jangka panjang. Teras ini memberi tumpuan kepada penerapan inovasi industri, penerimaan pendigitalan, pembangunan tenaga kerja berkemahiran, dan pelaksanaan peraturan yang tangkas. Kesemua elemen ini akan menggerakkan industri aeroangkasa ke arah menjadi peneraju produktiviti di Asia Tenggara.

Rajah 2: Strategic Productivity Pillars for Aerospace



5.1 Inovasi Industri & Pembuatan Termaju

Inovasi industri adalah teras kepada peningkatan produktiviti dan memastikan sektor aeroangkasa Malaysia kekal berdaya saing di peringkat global. Teknologi utama seperti Pembuatan Tambahan (Additive Manufacturing, AM), Komposit, dan Robotik sedang mentransformasi pengeluaran aeroangkasa dengan meningkatkan ketepatan, mengurangkan kos, dan mempercepatkan masa pengeluaran

- **Pembuatan Tambahan (Additive Manufacturing, AM):**
 - AM, yang juga dikenali sebagai pencetakan 3D, membolehkan penciptaan prototaip pantas, penghasilan komponen kompleks, dan pengurangan pembaziran bahan. Dalam industri aeroangkasa, AM membolehkan penghasilan komponen yang biasanya memerlukan acuan dan perkakas mahal. Dengan mengintegrasikan AM ke dalam pembuatan aeroangkasa di Malaysia, negara dapat

mengurangkan kos pengeluaran, meminimumkan masa pemprosesan, dan meningkatkan Keberkesanan Keseluruhan Peralatan (*Overall Equipment Effectiveness, OEE*).

- Impak: Kitaran pengeluaran yang lebih pantas, pembaziran bahan yang lebih rendah, dan fleksibiliti reka bentuk yang lebih tinggi membawa kepada kecekapan kos yang lebih baik serta produk yang berkualiti tinggi.

- **Komposit:**

- Bahan komposit termaju seperti gentian karbon dan polimer sangat penting dalam industri aeroangkasa kerana nisbah kekuatan kepada berat yang tinggi, yang meningkatkan kecekapan bahan api dan mengurangkan berat pesawat. Malaysia telah membangunkan kepakaran dalam bahan komposit untuk komponen kritikal seperti fiuslaj dan sayap.
- Impak: Penggunaan komposit yang lebih meluas dalam pembuatan aeroangkasa akan mengurangkan kos pengeluaran, meningkatkan kecekapan bahan api, dan mengukuhkan kedudukan Malaysia sebagai peneraju dalam bahan aeroangkasa berprestasi tinggi.

- **Robotik:**

- Robotik meningkatkan ketepatan, mengurangkan kesilapan manusia, dan mempercepatkan proses pembuatan. Dalam industri aeroangkasa, robotik digunakan untuk kerja kimpalan, pengecatan, pemasangan, dan pemeriksaan. Automasi proses ini membawa kepada pengeluaran yang lebih cepat, kos yang lebih rendah, dan produk yang lebih berkualiti.
- Impak: Penggunaan robotik dalam pengeluaran menjadikan proses lebih efisien dan konsisten, sekaligus menyokong standard kualiti tinggi dalam industri aeroangkasa Malaysia.

5.2 MRO Pintar & Kecemerlangan Integrasi Sistem

T Sektor MRO (Penyelenggaraan, Pembaikan, dan Baik Pulih) merupakan komponen penting dalam industri aeroangkasa Malaysia. MRO Pintar dan integrasi sistem memainkan peranan penting dalam meningkatkan kecekapan, mengurangkan kos, dan mengekalkan tahap kecemerlangan operasi yang tinggi.

- **MRO Pintar:**

- Teknologi digital seperti Internet Kebendaan (IoT), analitik ramalan, dan Kecerdasan Buatan (AI) sedang merevolusikan cara komponen aeroangkasa diselenggara. MRO pintar melibatkan pemantauan masa nyata dan penyelenggaraan ramalan bagi mengenal pasti isu berpotensi sebelum berlakunya kegagalan. Pendekatan proaktif ini mengurangkan masa henti, meningkatkan ketersediaan armada, dan menurunkan kos penyelenggaraan.
- Impak: Masa pusing balik (*Turnaround Time*, TAT) yang lebih pantas, perbelanjaan penyelenggaraan yang lebih rendah, dan penggunaan armada yang lebih tinggi adalah hasil langsung daripada pelaksanaan amalan MRO pintar.

- **Kecemerlangan Integrasi Sistem:**

- Integrasi sistem melibatkan penggabungan sistem avionik, mekanikal, dan pendorongan ke dalam satu sistem yang bersepadu dan sangat cekap. Integrasi ini meningkatkan kerjasama merentasi rangkaian nilai, memperkemas aliran kerja pengeluaran, dan meningkatkan prestasi sistem secara keseluruhan.
- Impak: Melalui integrasi teknologi yang lancar, sektor aeroangkasa Malaysia dapat menawarkan perkhidmatan MRO bertaraf dunia, menarik minat OEM global, dan memastikan kebolehpercayaan serta prestasi operasi di seluruh rangkaian bekalan.

5.3 Transformasi Digital & Operasi Berpandukan Data

Transformasi digital adalah kunci untuk meningkatkan produktiviti sektor aeroangkasa Malaysia secara menyeluruh. Integrasi teknologi seperti IoT, AI, dan Pembelajaran Mesin (*Machine Learning*, ML) membolehkan syarikat membuat keputusan yang lebih bijak dan berinformasi, seterusnya memacu kecekapan dan prestasi.

- **Automasi Pembuatan Bersepadu (*Integrated Manufacturing***

- ***Automation, IMA*):**

- IMA membolehkan automasi yang lancar di seluruh proses pembuatan, dari pemasangan hingga kawalan kualiti. Ini menghasilkan pengeluaran yang lebih cepat, ralat yang lebih sedikit, dan pemantauan masa nyata terhadap operasi, sekaligus meningkatkan kecekapan keseluruhan.
 - Impak: Kitaran pengeluaran yang lebih pantas, penggunaan sumber yang dioptimumkan, dan pengurangan kebergantungan kepada tenaga kerja manual akan membolehkan pengeluar aeroangkasa Malaysia kekal kompetitif.

- **Internet Kebendaan (IoT):**

- IoT membolehkan penjejakan masa nyata terhadap komponen aeroangkasa dan prestasi pesawat. Ini membolehkan amaran segera terhadap sebarang isu, seterusnya menyokong penyelenggaraan ramalan dan keputusan operasi yang lebih baik.
 - Impak: Jangka hayat aset yang lebih panjang, pengurangan masa henti, dan peningkatan kecekapan operasi adalah antara manfaat utama penggunaan IoT dalam sektor aeroangkasa Malaysia.

- **Prognostik AI/ML:**

- AI dan Pembelajaran Mesin (ML) menggunakan data untuk meramalkan prestasi masa hadapan sistem aeroangkasa, membantu mengenal pasti kegagalan sebelum ia berlaku. Ini

membolehkan syarikat mengurus inventori dengan lebih cekap dan mengurangkan gangguan operasi.

- Impak: Prognostik berasaskan AI akan meningkatkan operasi penyelenggaraan, mengoptimumkan rantai bekalan, dan memperkemas aliran kerja pembuatan dengan meramalkan bila sistem perlu dibaiki atau diganti.

Kajian Kes 1:

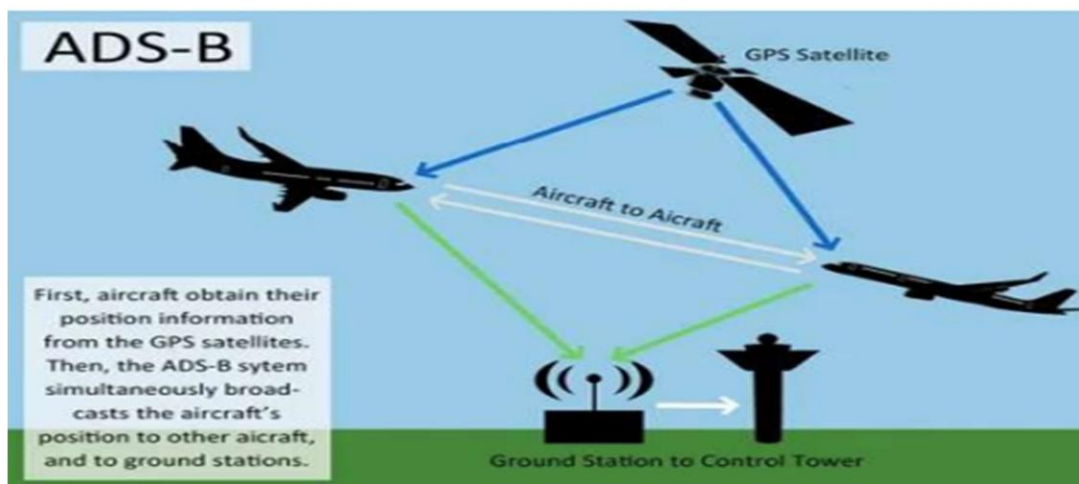
Projek Airbus ATTOL telah melengkapkan pesawat A350-1000 dengan sistem yang sepenuhnya autonomi

Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B)



Kajian Kes 2:

Pengawasan Bergantung Automatik–Siaran (*Automatic Dependent Surveillance–Broadcast, ADS-B*) ialah satu teknologi penerbangan di mana pesawat secara automatik menentukan kedudukannya menggunakan navigasi satelit (seperti GPS) dan menyiarkan maklumat ini secara berkala.



5.4 Peningkatan Kemahiran Bakat & Tenaga Kerja Inklusif

Tenaga kerja berkemahiran tinggi amat penting untuk memacu produktiviti. Tiang Peningkatan Kemahiran Bakat dan Tenaga Kerja Inklusif memberi tumpuan kepada pembangunan bakat bukan sahaja untuk peranan tradisional dalam aeroangkasa, tetapi juga bagi bidang baharu yang sedang berkembang seperti UAV (kenderaan udara tanpa pemandu) dan dron.

- **Jurutera Pesawat Berlesen B2/B3 (LAE):**

- Latihan bagi Jurutera Pesawat Berlesen B2/B3 akan memastikan sektor MRO Malaysia mampu memenuhi permintaan yang semakin meningkat terhadap profesional penyelenggaraan berkemahiran tinggi. Jurutera ini pakar dalam sistem avionik dan mekanikal, membolehkan mereka mengendalikan sistem pesawat yang canggih.

Impak: Tenaga kerja yang sangat berkemahiran akan meningkatkan kualiti perkhidmatan MRO, mengurangkan masa pembaikan, dan menarik pelaburan antarabangsa ke dalam sektor aeroangkasa Malaysia.

- **LAE Avionik:**

- Dengan kemajuan pesawat yang semakin kompleks, latihan khusus dalam sistem avionik menjadi keperluan. Malaysia perlu mengutamakan peningkatan kemahiran jurutera dalam bidang ini bagi menyokong keperluan industri penerbangan yang sentiasa berkembang.
- Impak: Latihan khas dalam bidang avionik akan memastikan Malaysia mampu menyokong sistem pesawat yang kompleks, meningkatkan keupayaan penyelenggaraan dan mengurangkan kadar kecacatan.

- **Juruterbang Dron & Juruteknik UAV:**

- Peningkatan penggunaan UAV dan dron memerlukan tenaga kerja

yang mahir dalam operasi dan penyelenggaraan dron. Pembangunan program pensijilan juruterbang dron dan latihan juruteknik UAV akan menyokong pertumbuhan sektor ini.

- Impak: Tenaga kerja UAV yang berkemahiran tinggi akan memastikan Malaysia dapat menerokai pasaran sistem tanpa pemandu yang sedang berkembang, mewujudkan pekerjaan bernilai tinggi yang baharu dan meningkatkan daya saing negara.

5.5 Aeroangkasa Hijau & Bahan Api Penerbangan Mampan (SAF)

Kemampanan adalah elemen penting dalam industri aeroangkasa. Tiang ini memberi tumpuan kepada pengurangan kesan alam sekitar dengan menggunakan teknologi hijau dan penggunaan Bahan Api Penerbangan Mampan (*Sustainable Aviation Fuel*, SAF).

- **Bahan Api Penerbangan Mampan (SAF):**

- SAF memainkan peranan penting dalam pengurangan pelepasan karbon dalam penerbangan. Malaysia boleh menjadi pengeluar utama SAF dengan menjalin kerjasama bersama pembekal global dan mengintegrasikan SAF ke dalam sektor penerbangan nasional.
- Impak: Penggunaan SAF akan mengurangkan jejak karbon Malaysia, meletakkan negara sebagai peneraju dalam penerbangan mampan, serta menarik pelaburan hijau.

- **Amalan Aeroangkasa Hijau:**

- Selain SAF, Malaysia juga akan memberi tumpuan kepada teknologi hijau lain seperti pendorongan elektrik dan proses pembuatan yang cekap tenaga untuk mengurangkan kesan alam sekitar dalam operasi aeroangkasa.
- Impak: Inisiatif ini akan meletakkan Malaysia sebagai peneraju global dalam penerbangan mampan, memberikan manfaat ekonomi jangka panjang serta meningkatkan tanggungjawab terhadap alam sekitar.

5.6 Ekosistem Perniagaan & Ketangkasan Peraturan

Mewujudkan ekosistem perniagaan yang menyokong inovasi dan ketangkasan peraturan adalah penting untuk mengekalkan pertumbuhan produktiviti.

- **Pensijilan AS9100:**

- AS9100 ialah piawaian pengurusan kualiti global untuk industri aeroangkasa. Meningkatkan bilangan syarikat yang disijilkan AS9100 akan memastikan standard kualiti dan keselamatan yang tinggi, sekaligus meningkatkan daya saing Malaysia.
- Impak: Pensijilan ini akan meningkatkan kredibiliti industri, membuka pasaran global baharu, dan memastikan kualiti produk yang konsisten.

- **Pensijilan NADCAP:**

- NADCAP memastikan pengeluar aeroangkasa memenuhi piawaian kualiti yang ketat. Memudahkan akses kepada pensijilan NADCAP untuk syarikat tempatan akan membantu mereka untuk berintegrasi dalam rantai bekalan global.
- Impak: Pensijilan NADCAP akan meningkatkan daya saing Malaysia di peringkat global, membolehkan pengeluar tempatan berkhidmat kepada OEM antarabangsa.

- **Kotak Pasir Peraturan (*Regulatory Sandboxes*):**

- Kotak pasir peraturan membolehkan Malaysia menguji teknologi aeroangkasa inovatif dalam persekitaran terkawal. Fleksibiliti ini menggalakkan percubaan, inovasi, dan penggunaan pantas teknologi baru seperti dron dan sistem pendorongan baharu.
- Impak: Fleksibiliti peraturan akan membolehkan Malaysia berada di hadapan dalam penerimaan teknologi terkini dan memenuhi permintaan global dalam industri aeroangkasa dengan lebih pantas.

5.7 Tadbir Urus Produktiviti & Akauntabiliti

Tadbir urus yang berkesan adalah penting untuk menjejaki kemajuan dan memastikan akauntabiliti di semua peringkat sektor aeroangkasa.

- **Tadbir Urus Peringkat Kebangsaan:**

- Agensi seperti **NAICO**, **MITI**, dan **MPC** akan bekerjasama bagi menyediakan garis panduan yang jelas, pembiayaan, dan insentif untuk peningkatan produktiviti. Sebuah **papan pemuka produktiviti kebangsaan** akan digunakan untuk memantau prestasi sektor.
- Impak: Tadbir urus berpusat ini akan memastikan penjajaran dengan matlamat negara, memberikan ketelusan dan akauntabiliti dalam pertumbuhan produktiviti.

- **Akauntabiliti Peringkat Sektor:**

- Jawatankuasa sektor akan memantau subsektor aeroangkasa seperti **MRO**, **pembuatan**, dan **avionik**, bagi memastikan strategi selaras dengan matlamat negara.
- Impak: Akauntabiliti khusus mengikut sektor akan membolehkan intervensi yang disasarkan, sekaligus mendorong penambahbaikan yang berterusan.

- **Prestasi Peringkat Perusahaan:**

- Di peringkat perusahaan, kad skor (*scorecard*) akan digunakan untuk menjejaki prestasi syarikat berdasarkan penunjuk prestasi utama (KPI) produktiviti. Kad skor ini akan memupuk budaya peningkatan berterusan dalam organisasi.
- Impak: Prestasi setiap syarikat akan dipantau secara dekat, menghasilkan keputusan yang boleh diukur dan menyumbang kepada sektor aeroangkasa yang lebih produktif.

Teras Produktiviti Strategik ini direka untuk meletakkan sektor aeroangkasa Malaysia sebagai peneraju global dalam kecekapan, inovasi, dan kemampuan.

Dengan memberi tumpuan kepada pembuatan termaju, MRO pintar, transformasi digital, pembangunan bakat, teknologi hijau, dan ketangkasan peraturan, Malaysia akan meningkatkan daya saing aeroangkasa dan mencapai pertumbuhan serta kepimpinan jangka panjang dalam industri ini.

BAHAGIAN III

PELAN TINDAKAN & INISIATIF

6. CETAK BIRU PRODUKTIVITI SEKTORAL – PERINGKAT SEKTORAL

Bahagian ini menggariskan pelan tindakan strategik dan inisiatif Malaysia yang direka untuk meningkatkan produktiviti, daya saing, dan kemampuan merentasi sektor aeroangkasa negara. Inisiatif-inisiatif ini akan memastikan pertumbuhan berterusan Malaysia sebagai peneraju global dalam pembuatan aeroangkasa, perkhidmatan MRO (Penyelenggaraan, Pembaikan, dan Baik Pulih), serta teknologi baharu yang sedang berkembang.

Kluster	Fokus Utama	Tindakan Keutamaan	Impak & Manfaat
6.1 Pembuatan Aeroangkasa (Komposit, Pemesinan, Sarung Enjin)	• Komposit: R&D bahan ringan & pusat inovasi bersama OEM global • Pemesinan: Mesin CNC tercanggih & prinsip Lean • Sarung Enjin: Penuangan ketepatan tinggi & program pembangunan pembekal	• Tubuhkan pusat R&D komposit & inkubator inovasi • Automasi cetak 3D & robotik bagi komponen kompleks • Latihan & pensijilan QC komposit serta lean-manufacturing • Kukuhkan rantai bekalan Tier 1/Tier 2 menerusi bantuan teknikal	• ↓ Kos produksi & bahan terbuang • ↑ Kecekapan bahan api pesawat • ↑ Ketepatan & kelajuan pemesinan Malaysia muncul peneraju bahan berprestasi tinggi
6.2 MRO (Rangka Pesawat, Enjin, Komponen, Kabin)	- AI Predictive Maintenance & pemeriksaan robotik NDT - Pusat baik pulih enjin berkeupayaan tinggi - Digital twin & automasi inventori • Naik taraf kabin + AR untuk teknisyen	• Bangunkan kemudahan MRO pintar berasaskan IoT/AI • Wujudkan pusat <i>overhaul</i> enjin khusus • Guna kembar digital untuk ramalan kegagalan komponen • Guna AR bagi pembaikan kabin pantas	• ↓ <i>Turnaround Time</i> (TAT) • ↑ Ketersediaan pesawat & kapasiti MRO • ↑ Kepuasan penumpang; Malaysia hab MRO serantau

Kluster	Fokus Utama	Tindakan Keutamaan	Impak & Manfaat
6.3 Avionik & Elektronik	- Simulasi reka bentuk lanjutan - EMS automatik (robot solder & pemasangan) - Program pensijilan & pembangunan pembekal Tier 2/3	• Lab simulasi reka bentuk avionik berintensif R&D • Tetapkan piawai QC global untuk komponen • Dana & latihan pembekal tempatan capai pensijilan antarabangsa	• ↑ Kelajuan iterasi reka bentuk • ↑ Konsistensi produk & kapasiti eksport • ↓ Kebergantungan import
6.4 Mobiliti Udara Tanpa Pemandu (UAM) Dron & eVTOL	- Pusat ujian & pensijilan dron - Rangka kerja regulatori UAV komprehensif	• Wujudkan zon ujian dron & eVTOL • Keluarkan garis panduan keselamatan & integrasi ruang udara	• Malaysia peneraju operasi dron komersial; peluang baharu logistik & pemantauan
6.5 Angkasa & Satelit (Hulu & Hiliran)	- Pemasangan satelit komunikasi & EO - Pusat R&D nano-/micro-satelit & sistem pendorongan - Platform analitik data satelit	• Bina kemudahan pengeluaran satelit tempatan • Bekerjasama dengan NASA/ESA untuk teknologi termaju • Komersialkan data satelit untuk pertanian, pengangkutan, bencana	• ↑ Kemandirian teknologi angkasa • ↑ Pendapatan hiliran data Malaysia pemain utama ekonomi angkasa serantau

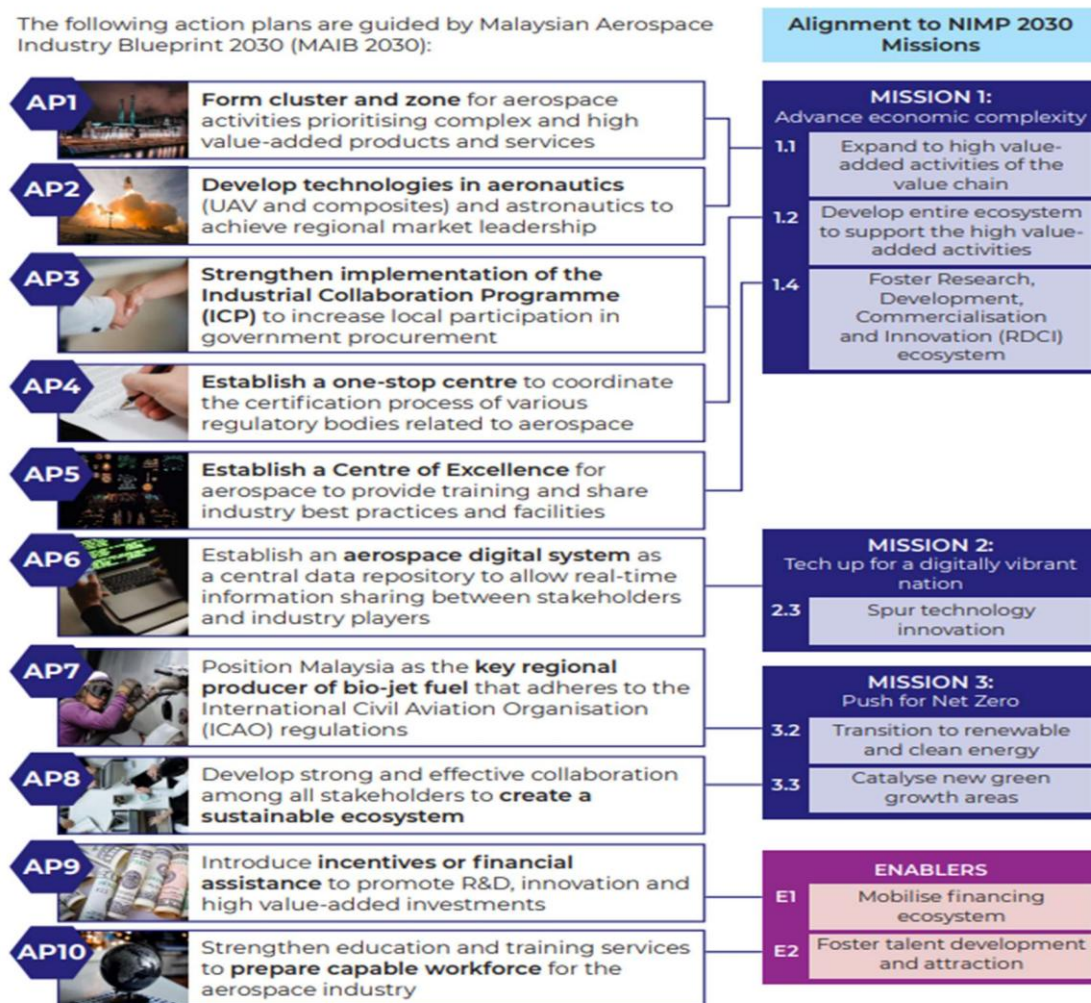
7. BUKU PANDUAN TRANSFORMASI PERUSAHAAN — PERINGKAT PERUSAHAAN@SYARIKAT

Di Peringkat Perusahaan, matlamat utama adalah untuk mentransformasikan syarikat-syarikat aeroangkasa khususnya perusahaan kecil dan sederhana (PKS) menjadi perniagaan berprestasi tinggi, berorientasikan digital, dan mampan. Bahagian ini mempersembahkan Buku Panduan Transformasi Perusahaan, yang menggariskan strategi utama dan inisiatif penting bagi membantu syarikat-syarikat ini memanfaatkan teknologi Industri 4.0, meningkatkan produktiviti, dan memupuk inovasi. Tumpuan diberikan kepada penyediaan alat dan sokongan untuk membolehkan PKS menyesuaikan diri dengan kemajuan teknologi, meningkatkan kecekapan operasi, dan mempertingkatkan daya saing dalam pasaran aeroangkasa global.

7.1 Lean Digital Kaizen untuk PKS

Inisiatif Makmal Lean Digital Kaizen direka untuk membantu PKS mengguna pakai prinsip pembuatan lean serta teknologi digital bagi mendorong penambahbaikan berterusan. Objektifnya adalah untuk membolehkan syarikat mengurangkan pembaziran, meningkatkan kecekapan aliran kerja, dan mengoptimumkan proses operasi melalui gabungan metodologi Kaizen dengan alat digital moden.

Rajah 3: Strategies and Action Plans for Aerospace Industry – NIMP 2030



Pelan tindakan Rangka Tindakan Industri Aeroangkasa Malaysia 2030 (MAIB 2030) yang sejajar dengan misi NIMP 2030.

Pelan Tindakan:

1. Membentuk Kluster dan Zon bagi Aktiviti Aeroangkasa (AP1): Langkah ini melibatkan penubuhan kawasan khusus untuk aktiviti aeroangkasa yang tertumpu kepada produk dan perkhidmatan bernilai tambah tinggi.
2. Membangunkan Teknologi Aeronautik (AP2): Inisiatif ini bertujuan untuk memperluas keupayaan Malaysia dalam bidang kenderaan udara tanpa pemandu (UAV) dan teknologi aeroangkasa, demi membina kelebihan daya saing dalam kejuruteraan aeronautik.
3. Memperkukuh Pelaksanaan Program Kolaborasi Industri (AP3): Fokus utama adalah untuk menggalakkan kolaborasi antara pelbagai sektor dan pihak berkepentingan bagi meningkatkan kepimpinan serantau dalam pembangunan industri aeroangkasa.
4. Menubuhkan Pusat Sehenti untuk Perkhidmatan Kawal Selia (AP4): Inisiatif utama bagi memperkemas proses kelulusan kawal selia agar industri aeroangkasa dapat beroperasi dengan lancar tanpa halangan birokrasi yang tidak perlu.
5. Menubuhkan Pusat Kecemerlangan Latihan Aeroangkasa (AP5): Langkah strategik untuk membangunkan infrastruktur latihan dan pendidikan bagi melahirkan tenaga kerja berkemahiran khusus dalam sektor aeroangkasa.
6. Membangunkan Sistem Digital Aeroangkasa (AP6): Inisiatif ini melibatkan penciptaan sistem digital bagi menyokong aktiviti industri, dengan fokus kepada pengambilan keputusan masa nyata dan peningkatan kecekapan operasi.
7. Menjadikan Malaysia sebagai Hab Serantau Utama dalam Aeroangkasa

(AP7): Strategi ini bertujuan untuk meletakkan Malaysia sebagai pemain utama serantau dalam industri aeroangkasa, dengan tumpuan kepada menjadi hab berpengaruh di Asia Tenggara.

8. Membina Kolaborasi Kukuh dan Efektif dalam Ekosistem Aeroangkasa (AP8): Memperkukuh kerjasama antara pelbagai pihak berkepentingan termasuk kerajaan, pemain industri, dan institusi penyelidikan untuk mewujudkan ekosistem aeroangkasa yang mampan dan inovatif.
9. Memperkenal dan Meningkatkan Bantuan Kewangan untuk Penyelidikan Aeroangkasa (AP9): Membangunkan instrumen kewangan bagi membiayai penyelidikan dan pembangunan (R&D) dalam sektor aeroangkasa, serta menyokong inovasi dan kemajuan teknologi.
10. Memperkasa Pendidikan dan Latihan Tenaga Kerja Industri Aeroangkasa (AP10): Fokus kepada membangunkan tenaga kerja berkemahiran tinggi dan khusus untuk menyokong industri aeroangkasa, yang penting bagi pertumbuhan jangka panjang.

8. INISIATIF UTAMA NEGARA & PENCAPAIAN PANTAS

8.1 Hab Produktiviti Digital Aeroangkasa Malaysia

Hab Produktiviti Digital Aeroangkasa Malaysia ialah satu inisiatif utama negara yang bertujuan untuk mempercepatkan transformasi digital sektor aeroangkasa Malaysia. Hab ini akan berfungsi sebagai platform berpusat bagi teknologi Industri 4.0, menawarkan kepada syarikat-syarikat aeroangkasa akses kepada alat dan penyelesaian digital terkini yang dapat meningkatkan kecekapan, mengurangkan kos, dan mempertingkatkan daya saing global..

Tujuan dan Objektif:

- Integrasi Teknologi: Hab ini akan mengintegrasikan AI, IoT, analitik data, dan robotik ke dalam operasi pembuatan aeroangkasa, penyelenggaraan,

pembaikan dan baik pulih (MRO) serta kejuruteraan. Dengan menyediakan akses kepada teknologi- teknologi canggih ini, hab ini akan membantu PKS dan syarikat besar untuk mengguna pakai amalan digital yang dapat meningkatkan kecekapan operasi secara signifikan.

- **Latihan & Perkongsian Ilmu:** Hab ini akan menempatkan pusat latihan khusus yang menawarkan bengkel, program pensijilan, dan latihan praktikal untuk jurutera, juruteknik dan pengurus dalam sektor aeroangkasa. Sesi latihan ini akan memberi tumpuan kepada teknologi kritikal seperti pembuatan tambah nilai (3D printing), sensor pintar, dan pendekatan membuat keputusan berasaskan data.
- **Inovasi Kolaboratif:** Hab ini akan menggalakkan kerjasama antara syarikat- syarikat aeroangkasa tempatan, OEM global, dan penyedia teknologi bagi memacu inovasi, membangunkan penyelesaian baharu, dan memastikan sektor aeroangkasa Malaysia terus berdaya saing di peringkat global.

Pencapaian pantas (*Quick Wins*):

- Melaksanakan projek perintis bagi sistem MRO pintar dan penggunaan kembar digital (digital twins) dalam proses pembuatan untuk menunjukkan peningkatan produktiviti yang segera..
- Menubuhkan makmal inovasi digital dalam hab tersebut bagi prototaip pantas teknologi aeroangkasa baharu dan integrasinya ke dalam sistem pembuatan termaju..

Impak: Hab Produktiviti Digital Aeroangkasa akan memacu transformasi digital sektor aeroangkasa Malaysia, menjadikannya lebih cekap, inovatif, dan berdaya saing di peringkat global.

8.2 Dana Berasaskan Misi NIMP untuk Automasi Aeroangkasa

Inisiatif Dana Berasaskan Misi NIMP untuk Automasi Aeroangkasa menyediakan sokongan kewangan untuk membantu syarikat aeroangkasa – terutamanya PKS – dalam menerapkan teknologi automasi. Matlamatnya adalah untuk meningkatkan kecekapan pengeluaran, mengurangkan kebergantungan terhadap buruh manual, dan menambah baik kualiti komponen serta perkhidmatan aeroangkasa melalui penggunaan robotik dan alatan berasaskan AI.

Tujuan dan Objektif:

- Sokongan Pembiayaan: Inisiatif ini akan menawarkan geran, pinjaman berkadar faedah rendah, dan insentif cukai kepada syarikat aeroangkasa yang melaksanakan barisan pengeluaran automatik, sistem robotik, dan alat yang dipacu AI.
- Bidang Tumpuan: Keutamaan akan diberikan kepada automasi dalam bidang kritikal seperti pembuatan komposit, pengeluaran bahagian enjin, dan proses MRO. Sektor-sektor ini penting dalam rantai bekalan aeroangkasa Malaysia dan mampu meraih manfaat besar daripada automasi dari segi kelajuan, ketepatan, dan kebolehskalaan.
- Sokongan Pelaksanaan: Selain bantuan kewangan, syarikat juga akan menerima bimbingan teknikal, latihan, dan perkhidmatan perundingan bagi memastikan pelaksanaan automasi yang berjaya.

Pencapaian Pantas (*Quick Wins*):

- Mempercepat pelaksanaan sistem automasi untuk pembekal aeroangkasa berskala kecil dan sederhana bagi meningkatkan kelajuan dan kualiti pengeluaran.

- Menyokong automasi proses MRO di hab aeroangkasa utama, yang akan membawa kepada pengurangan ketara dalam masa pusing balik (turnaround time)..

Impak: Inisiatif ini akan meningkatkan kecekapan dan kualiti pembuatan serta perkhidmatan MRO dalam industri aeroangkasa, memastikan Malaysia terus berdaya saing dalam industri aeroangkasa global

8.3 Pembangunan Pembekal 4.0 Boeing-NAICO

Inisiatif Pembangunan Pembekal 4.0 Boeing–NAICO merupakan kerjasama antara Boeing, NAICO (Perbadanan Industri Aeroangkasa Nasional) dan pembekal aeroangkasa tempatan di Malaysia. Inisiatif ini bertujuan untuk meningkatkan tahap pembekal Malaysia agar memenuhi piawaian global, dengan penekanan kepada penggunaan teknologi Industri 4.0 dan teknik pembuatan termaju..

Tujuan dan Objektif:

- **Pembangunan Pembekal:** Program ini akan mengenal pasti pembekal tempatan yang berpotensi untuk peningkatan teknologi, latihan kemahiran, dan perkhidmatan perundingan bagi meningkatkan keupayaan mereka dan memenuhi piawaian global.
- **Pendigitalan dan Automasi:** Inisiatif ini akan menggalakkan pembekal untuk mengguna pakai teknologi kilang pintar seperti robotik, AI dan IoT bagi meningkatkan kecekapan pembuatan dan kawalan kualiti..
- **Pembuatan *Lean* (*Lean Manufacturing*):** Program ini akan mempromosikan prinsip pembuatan lean untuk mengurangkan pembaziran, memperbaiki aliran kerja, dan meningkatkan produktiviti.

Pencapaian Pantas (*Quick Wins*):

- Memilih pembekal utama untuk pelaksanaan segera alat automasi dan pendigitalan agar mereka boleh dinaik taraf menjadi pembekal Tier 1 kepada Boeing.
- Melaksanakan program latihan untuk meningkatkan kemahiran tenaga kerja pembekal tempatan, dengan fokus kepada teknologi digital seperti AI dalam kawalan kualiti dan pencetakan 3D.

Impak: Dengan meningkatkan keupayaan pembekal tempatan, Malaysia akan memperkukuh kedudukannya dalam rangkaian bekalan aeroangkasa global, sekali gus membolehkan integrasi yang lebih berkesan bersama OEM global.

- SAF yang boleh dipercayai. Ini akan membolehkan Malaysia menjadi pemain utama dalam sektor penerbangan mampan
- Insentif bagi Penggunaan SAF: Kerajaan akan menawarkan insentif kepada syarikat penerbangan dan syarikat aeroangkasa yang mengguna pakai SAF dalam operasi mereka, sekali gus mempercepatkan peralihan kepada bahan api penerbangan hijau

BAHAGIAN IV

PELAKSANAAN, PEMANTAUAN & TADBIR URUS

9. RANGKA KERJA PELAKSANAAN

Rangka kerja pelaksanaan adalah penting untuk mentransformasikan matlamat strategik Buku Panduan Produktiviti Aeroangkasa (AeroPN) kepada hasil yang boleh diukur dan dilaksanakan. Ia menyediakan struktur yang jelas untuk koordinasi, akauntabiliti, dan mobilisasi sumber. Rangka kerja ini termasuk matriks peranan, jawatankuasa sektor, dan struktur pengurusan program untuk memastikan semua pihak berkepentingan bekerja secara kolaboratif ke arah mencapai matlamat yang ditetapkan. Selain itu, mekanisme pembiayaan yang khusus akan memastikan sumber yang diperlukan tersedia untuk pelaksanaan yang Berjaya.

9.1 Matriks Peranan: NAICO, MITI, MINDEF, CAAM, Persatuan Industri (MAIA, MAB, AAPA)

- Matriks peranan mendefinisikan tanggungjawab dan peranan agensi utama serta persatuan industri yang terlibat dalam pembangunan, pengawasan, dan pelaksanaan Buku Panduan AeroPN. Pembahagian tanggungjawab yang jelas memastikan koordinasi dan kecekapan dalam mencapai matlamat strategi produktiviti aeroangkasa.
- ***National Aerospace Industry Corporation (NAICO)***: Sebagai badan penyelarasan utama, peranan NAICO adalah untuk memimpin hala tuju strategik industri aeroangkasa di Malaysia. NAICO bertanggungjawab untuk:



- Menetapkan agenda produktiviti aeroangkasa negara selaras dengan NIMP 2030, MAIB 2030, dan dasar-dasar nasional lain.
 - Memberikan panduan dan sumber untuk memastikan pemain industri selaras dengan tonggak strategik buku panduan ini.
 - Berkerjasama dengan pelbagai pihak berkepentingan, termasuk agensi kerajaan dan pemimpin industri, untuk memastikan pelaksanaan inisiatif produktiviti yang berjaya.
 - Memantau dan melaporkan kemajuan menuju matlamat produktiviti aeroangkasa negara.
- **Ministry of International Trade and Industry (MITI):** Memainkan peranan penting untuk memastikan inisiatif produktiviti aeroangkasa diselaraskan dengan strategi industri keseluruhan Malaysia. Tanggungjawab termasuk:



- Menyokong pembangunan dasar untuk menggalakkan pelaburan dalam teknologi aeroangkasa, infrastruktur, dan pembangunan bakat.
 - Menyediakan insentif dan geran untuk inovasi aeroangkasa, transformasi digital, dan teknologi hijau.
 - Memudahkan perjanjian perdagangan antarabangsa dan kerjasama dengan syarikat aeroangkasa dan pasaran global untuk meningkatkan eksport aeroangkasa Malaysia.
- **Ministry of Defence (MINDEF):** Sebagai cabang kerajaan yang bertanggungjawab terhadap keselamatan negara dan aktiviti aeroangkasa berkaitan pertahanan, peranan MINDEF termasuk:



- Memastikan dasar perolehan pertahanan selaras dengan objektif produktiviti aeroangkasa.

- Menyokong inovasi berkaitan pertahanan dan pembinaan keupayaan, termasuk perkhidmatan MRO dan pembuatan maju.
- Memudahkan kerjasama antara sektor pertahanan dan aeroangkasa awam untuk pertumbuhan bersama dan pemindahan pengetahuan.
- **Civil Aviation Authority of Malaysia (CAAM):** Memastikan operasi aeroangkasa memenuhi piawaian keselamatan dan peraturan. Tanggungjawab utamanya termasuk:



- Memastikan operasi MRO, pembuatan pesawat, dan perkhidmatan avionik mematuhi piawaian keselamatan nasional dan antarabangsa.
- Melaksanakan rangka kerja peraturan untuk memudahkan pembangunan teknologi aeroangkasa baru, seperti dron dan sistem propulsi elektrik.
- Mempromosikan inovasi dalam keselamatan penerbangan, latihan, dan pensijilan personel aeroangkasa.
- **Persatuan Industri (MAIA, MAB, AAPA):**



- **Malaysian Aerospace Industry Association (MAIA):** Badan industri yang mewakili kepentingan kolektif pengeluar aeroangkasa, penyedia MRO, dan pembekal perkhidmatan di Malaysia. Ia memainkan peranan penting dalam:
 - Memudahkan kerjasama dan perkongsian industri, baik di dalam negara maupun antarabangsa.
 - Membela dasar dan peraturan yang menyokong pertumbuhan dan daya saing industri.
 - Menganjurkan acara, misi perdagangan, dan bengkel promosi.

- **Malaysian Airlines Berhad (MAB):** Sebagai pengangkut nasional, peranan MAB sangat penting dalam memupuk kerjasama industri, terutamanya dalam perkhidmatan MRO, penerimaan teknologi, dan pembangunan bakat. MAB juga akan menjadi rakan utama dalam membangunkan piawaian dan amalan industri.
- **Asia Pacific Airlines Association (AAPA):** Mewakili syarikat penerbangan serantau dan membela dasar serta amalan yang menyokong pertumbuhan dan daya saing sektor penerbangan. Peranan AAPA dalam buku panduan ini termasuk:
 - Menyokong pembangunan perjalanan udara serantau, termasuk integrasi teknologi baru untuk perkhidmatan MRO dan operasi penerbangan.
 - Mempromosikan penerimaan amalan dan teknologi penerbangan lestari di seluruh industri penerbangan.

BAHAGIAN V

Peranan Perbadanan Produktiviti Malaysia (MPC) dalam Ekosistem Aeroangkasa

10. MENINGKATKAN PRODUKTIVITI AEROANGKASA: PENDEKATAN MPC

Perbadanan Produktiviti Malaysia (MPC) adalah tulang belakang dalam usaha meningkatkan rantai pembekalan aeroangkasa negara dan produktivitinya.

Peranan MPC	Apa Maksudnya dalam Bahasa Mudah	Kenapa Ia Penting untuk Produktiviti
1. Mendiagnosis & Memetakan	Menjejaki setiap langkah dalam rantai bekalan, mencari di mana masa, wang, tenaga, atau sumber lain dibazirkan, dan meletakkan angka- angka tersebut pada papan pemuka yang dikongsi.	Memberikan platform kepada vendor pandangan yang jelas mengenai halangan dalam proses.
2. Membetulkan & Memodenkan	Menghantar pasukan pakar untuk membantu kilang dan kedai MRO mengurangkan pembaziran, mempercepatkan kerja, dan membawa alat automasi serta digital asas.	Transformasi penyataan “masalah di atas kertas” kepada peningkatan sebenar dalam hasil, kos, dan kebolehpercayaan.
3. Mengukur & Melaporkan	Menetapkan beberapa KPI mudah (contohnya: masa operasi mesin, masa pusingan, sisa, tenaga setiap bahagian) dan menerbitkannya setiap suku tahun. Geran dan insentif dikaitkan dengan skor hijau.	Memastikan peningkatan berterusan dan memberi signal sekiranya syarikat akan mengalami cabaran.
4. Membangun Kemahiran & Budaya	Menjalankan latihan pendek mengenai alat lean, automasi, dan pematuhan untuk pembekal kecil; meletakkan Juara Produktiviti dalam kilang; mengiktiraf pencapaian terbaik.	Memastikan peningkatan kekal kerana pekerja tahu bagaimana menggunakan alat baru tersebut.

Peranan MPC	Apa Maksudnya dalam Bahasa Mudah	Kenapa Ia Penting untuk Produktiviti
5. Berkongsi Amalan Terbaik & Menasihati	Membawa pelajaran dari industri automotif/E&E; mengenal pasti masalah atau halangan kepada MITI/NAICO; memasukkan syarikat ke dalam platform MPC seperti MyReskill IoT.	Menyebarkan idea yang terbukti dengan cepat dan menghapuskan masalah luar yang menjejaskan pembekal.

MPC memetakan ekosistem untuk mengenal pasti halangan industri. Berikut adalah peranan MPC:



i) Kerangka Pembiayaan AeroPN: Menurunkan Kos Modal untuk Syarikat Aeroangkasa

Kerangka Pembiayaan AeroPN diperkenalkan untuk menangani salah satu cabaran utama yang dihadapi oleh sektor aeroangkasa di Malaysia: kos modal yang tinggi. Sebagai industri yang memerlukan modal yang banyak dan didorong oleh teknologi, syarikat aeroangkasa terutamanya perusahaan kecil dan sederhana (SME) yang memerlukan sumber kewangan yang signifikan untuk kekal berdaya saing. Sumber kewangan ini sangat penting untuk melabur dalam teknologi canggih seperti automasi, kecerdasan buatan (AI), *Internet of Things* (IoT), dan inisiatif hijau. Namun, ramai syarikat aeroangkasa menghadapi cabaran dalam mendapatkan pembiayaan yang mampu, yang menghadkan kemampuan mereka untuk berinovasi dan mengembangkan operasi mereka.

Inisiatif Utama dan Impaknya

Akses kepada Pembiayaan Berfaedah Rendah dan Geran.

Melalui kerjasama dengan institusi kewangan tempatan dan antarabangsa, Kerangka Pembiayaan AeroPN memudahkan akses kepada pinjaman berfaedah rendah, geran, dan insentif cukai untuk syarikat yang melabur dalam teknologi inovatif. Dengan mengurangkan kadar faedah, syarikat aeroangkasa akan mempunyai lebih banyak kapasiti kewangan untuk melabur semula dalam pengoptimuman proses, automasi, dan sistem pembuatan canggih. Ini bukan sahaja akan meningkatkan kecekapan tetapi juga mengurangkan kos pengeluaran, mempertingkatkan daya saing dalam pasaran tempatan dan antarabangsa.

Dana Ekuiti Persendirian dan Modal Teroka

Dana yang disasarkan kepada startup aeroangkasa berpotensi tinggi merupakan komponen penting dalam kerangka ini. Dana ini memberi tumpuan kepada syarikat yang membangunkan teknologi AI, IoT, dan teknologi mampan. Dengan menyediakan modal pertumbuhan, kerangka ini membantu syarikat yang baru muncul untuk memperbesarkan operasi mereka dan membangunkan produk inovatif. Inisiatif ini menggalakkan inovasi dalam bidang utama aeroangkasa, memupuk ekosistem startup yang dinamik yang akan menyumbang kepada daya saing Malaysia dalam rantai bekalan aeroangkasa global.

Pembiayaan Hutang untuk Projek Automasi

Syarikat aeroangkasa yang ingin mengadopsi teknologi Industri 4.0 boleh mengakses pembiayaan hutang yang berpatutan untuk projek automasi. Kerangka ini menawarkan terma pembayaran balik yang menguntungkan dan kadar faedah yang disubsidi, mengurangkan beban kewangan syarikat yang beralih kepada sistem automatik. Inisiatif ini adalah penting untuk meningkatkan kecekapan operasi, mengurangkan kesilapan, menurunkan kos buruh, dan meningkatkan kualiti produk.

Latihan Kewangan dan Perkhidmatan Perundingan

Selain menawarkan produk kewangan, kerangka ini juga merangkumi latihan literasi kewangan dan perkhidmatan perundingan. Perkhidmatan ini memberi kuasa kepada syarikat aeroangkasa untuk menyusun semula operasi kewangan mereka, membantu mereka mengurangkan pergantungan kepada hutang kos tinggi dan menarik pelaburan. Dengan membina literasi kewangan dalam sektor ini, kerangka ini bertujuan untuk meningkatkan pengurusan sumber dan mewujudkan industri aeroangkasa yang lebih kukuh dan berdaya saing.



MPC Melancarkan Program "*Tech-Up Financing & Equity*" semasa LIMA 2025

MPC telah melancarkan program "*Tech-Up Financing & Equity*" untuk mengenal pasti syarikat-syarikat yang berpotensi untuk disertakan dalam pertimbangan MITI bagi program ini, yang akan dipertimbangkan dalam acara LIMA 2025. Program ini bertujuan untuk memberikan sokongan pembiayaan dan ekuiti kepada syarikat aeroangkasa, khususnya syarikat kecil dan sederhana (SME), dalam usaha mereka untuk mengadopsi teknologi canggih dan meningkatkan daya saing dalam industri aeroangkasa global. Dengan menyediakan pembiayaan yang lebih mudah diakses, program ini berperanan penting dalam mempercepatkan transformasi digital dan automasi dalam sektor ini, serta memperkasakan syarikat untuk berkembang dan berinovasi. Dengan peranan MPC yang komprehensif ini, Kerangka Pembiayaan AeroPN berfungsi sebagai pemangkin utama untuk meningkatkan daya saing sektor aeroangkasa Malaysia

melalui penyelesaian kewangan yang lebih mudah diakses dan sokongan yang lebih sistematik.

Year		Notes
2019	Engagement with MoF to address financing challenges of Malaysian aero SME's	1) Meeting requested by Johan Merican as budget director to address challenges of aerospace supply chain
2021	Aerospace and E&E Industry Fund announced as part of RMK12	1) RM1billion 50/50 fund for aero and E&E allocated 2) Slow fund drawdown due to government budget constraints
2022	1) MPC Meeting of Minds with Aerospace SME's 2) Request to MITI and ME for NOC to allow AEEIF to be used in Equity and Financing solution 3) Meeting with Banks and MTDC with MITI, ME and BNM to develop Equity and Financing solution	1) Large purchasing requirement by OEM's e.g. Airbus and Boeing driving SME growth requirements 2) Aerospace ecosystem lacking SME capacity (most players less than RM25m/annum revenue) 3) EXIM, Bank Pembangunan Malaysia, SME Bank, MIDF called by BNM to consider participating
2024	1) NOC realized and pilot companies identified for Equity and Financing scheme 2) MTDC, MBSB and MIDF combined to propose solutions for pilot company	1) Initial proposals included highly restrictive terms which SME's not able to comply with and would restrict operations 2) EXIM bank finally could not develop solution that was acceptable 3) MIDF guided by MITI came up with first solution with much support
2025	1) First pilot company received offer letters from MTDC, MBSB and MIDF	1. Final disbursement still pending SJPP consent letter from MTDC

ii) Projek Transformasi AI: Memanfaatkan AI, IoT, dan Analitik Data untuk Kecekapan Operasi

Projek Transformasi AI adalah inisiatif yang bercita-cita tinggi yang direka untuk mengintegrasikan teknologi canggih seperti kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), dan analitik data ke dalam sektor aeroangkasa. Dengan proses pembuatan yang kompleks, operasi penyelenggaraan, dan pengurusan rantai bekalan, industri aeroangkasa berpotensi memperoleh manfaat yang besar daripada pengintegrasian teknologi-teknologi ini. Dengan memanfaatkan AI, IoT, dan analitik data, syarikat aeroangkasa dapat meningkatkan kecekapan operasi, mengurangkan pembaziran, mengoptimumkan penggunaan tenaga, dan meningkatkan kualiti produk.

Peranan AI, IoT, dan Analitik Data

Pengintegrasian AI, IoT, dan analitik data akan memberikan wawasan masa nyata mengenai operasi, membolehkan syarikat aeroangkasa meramalkan kegagalan peralatan, mengoptimumkan kitaran pengeluaran, dan meningkatkan pengurusan rantai bekalan. Teknologi ini adalah kunci untuk mengurangkan

pembaziran tenaga, menurunkan kos, dan meningkatkan produktiviti di semua peringkat operasi aeroangkasa.

Penyelenggaraan Prediktif Berdasarkan AI

Salah satu ciri utama projek ini adalah penggunaan AI untuk penyelenggaraan prediktif. Dengan mengintegrasikan algoritma AI dengan sensor dan analitik data, syarikat aeroangkasa dapat meramalkan kegagalan peralatan sebelum ia berlaku, mengurangkan waktu henti yang tidak dirancang dan meningkatkan keberkesanan peralatan secara keseluruhan (OEE). Ini bukan sahaja meningkatkan produktiviti tetapi juga mengurangkan penggunaan tenaga yang berkaitan dengan amalan penyelenggaraan yang tidak cekap. Dengan penyelenggaraan prediktif, syarikat dapat menjalankan tugas penyelenggaraan hanya apabila diperlukan, membawa kepada penjimatan kos yang ketara.

Sistem Pembuatan Pintar

Pelaksanaan sistem pembuatan pintar yang dikuasakan oleh AI akan membantu mengoptimumkan proses pengeluaran secara masa nyata. Sistem ini akan memantau aliran kerja pengeluaran dan menyesuaikan mengikut keperluan untuk menghapuskan ketidakefisienan, mengurangkan pembaziran, dan meningkatkan kualiti produk. Algoritma pembelajaran mesin akan membolehkan peningkatan prestasi secara berterusan, seterusnya mengurangkan kos pengeluaran dan mempercepatkan kitaran pengeluaran. Akibatnya, syarikat aeroangkasa dapat meningkatkan kecekapan operasi dan keuntungan mereka.

IoT untuk Pengurusan Tenaga

Sensor yang dikuasakan oleh IoT memainkan peranan penting dalam memantau penggunaan tenaga di seluruh kilang pembuatan aeroangkasa, kemudahan penyelenggaraan, pembaikan dan pengubahsuaian (MRO), serta operasi lain. Sensor ini mengumpul data mengenai penggunaan tenaga, yang kemudiannya dianalisis oleh algoritma AI untuk mengenal pasti pembaziran tenaga dan mencadangkan penambahbaikan. Syarikat aeroangkasa kemudian boleh mengambil langkah-langkah untuk mengurangkan penggunaan tenaga, menurunkan kos operasi, dan meningkatkan kelestarian. Inisiatif ini menyumbang kepada penjimatan kos dan pengurangan jejak karbon sektor

aeroangkasa.

Pengoptimuman Rantaian Bekalan Berdasarkan AI

AI dapat merevolusikan pengurusan rantaian bekalan dalam sektor aeroangkasa dengan mengoptimumkan pengurusan inventori, meramalkan permintaan, dan mengurangkan masa penghantaran. Algoritma pembelajaran mesin dapat membantu syarikat memastikan bahawa bahan mentah dan komponen tersedia apabila diperlukan, mengurangkan stok dan meminimumkan pembaziran. Pengoptimuman rantaian bekalan yang dikuasakan oleh AI juga akan membolehkan syarikat aeroangkasa untuk bertindak balas dengan lebih cepat terhadap permintaan pasaran, meningkatkan kecekapan operasi dan kepuasan pelanggan.

Peranan MPC dalam Projek Transformasi AI

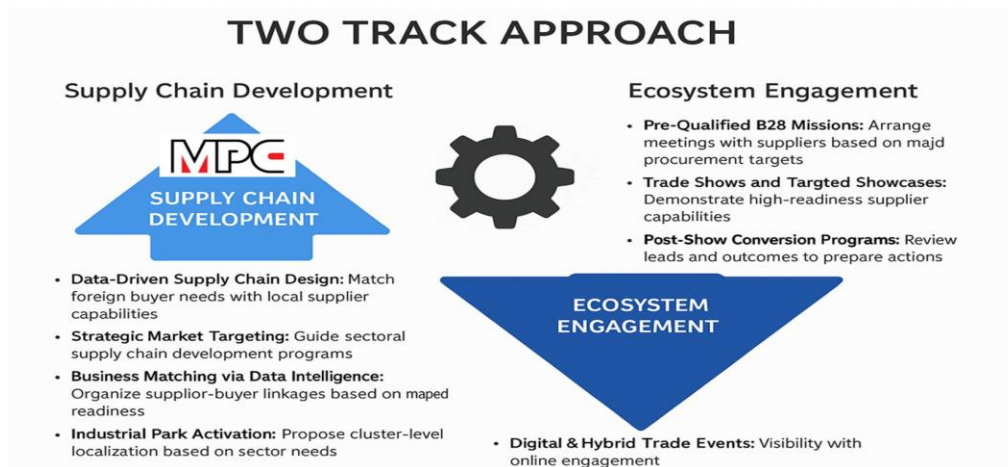
MPC memainkan peranan penting dalam memacu transformasi AI dalam sektor aeroangkasa. Sebagai pemudahcara utama, MPC memastikan bahawa syarikat aeroangkasa dapat mengadopsi teknologi AI, IoT, dan analitik data dengan berkesan untuk meningkatkan operasi mereka. Tanggungjawab MPC termasuk:

- **Pemudahan Teknologi dan Pengintegrasian:** MPC bekerjasama dengan penyedia teknologi dan pemain industri untuk membantu syarikat aeroangkasa mengintegrasikan teknologi AI dan IoT ke dalam sistem dan proses yang sedia ada.
- **Pembinaan Kapasiti dan Latihan:** MPC menyediakan program latihan untuk membantu syarikat membangunkan kemahiran yang diperlukan untuk menguruskan sistem yang dikuasakan oleh AI. Program ini termasuk latihan dalam analisis data, pembelajaran mesin, penyelenggaraan prediktif, dan aspek utama lain pengadopsian AI.
- **Kerjasama dengan Pemimpin Industri:** MPC menggalakkan kerjasama antara syarikat aeroangkasa, penyedia teknologi, dan institusi akademik untuk memacu inovasi dan perkongsian pengetahuan. Ini memastikan sektor aeroangkasa terus berada di barisan hadapan dalam kemajuan teknologi.

Sasaran KPI : Sebanyak 100 projek digitalisasi termasuk AI, IoT, Data Analitik yang akan diadaptasi oleh syarikat dan pekerja di bawah subsektor Aeroangkasa.

iii) Program Rantaian Bekalan Global: Mengukuhkan Integrasi Rantaian Bekalan Aeroangkasa Malaysia

Program Rantaian Bekalan Global direka untuk mengukuhkan sektor aeroangkasa Malaysia dengan meningkatkan integrasinya ke dalam rantaian bekalan global. Inisiatif ini bertujuan untuk mengoptimumkan penggunaan tenaga, mengurangkan kos, dan meningkatkan daya tahan rantaian bekalan aeroangkasa. Dengan mengadopsi alat digital seperti AI dan blockchain, program ini meningkatkan keterlihatan dan kecekapan rantaian bekalan, membolehkan syarikat aeroangkasa memenuhi permintaan pasaran global.



Sasaran KPI: Projek yang baru melalui fasa 1. Inisiatif dilaksanakan dengan penglibatan dan Kerjasama Kementerian, Agensi, Syarikat Frontier dan industri untuk mendapatkan input mengenai produk dan perkhidmatan dalam memperkukuhkan Rantaian Bekalan Global dalam Subsektor Aeroangkasa.

Digitalisasi Rantaian Bekalan

Pengenalan alat digital seperti AI akan merevolusikan rantaian bekalan aeroangkasa Malaysia. Teknologi ini akan meningkatkan aliran maklumat di seluruh rantaian bekalan, mengurangkan masa penghantaran, mengoptimumkan pengurusan inventori, dan meminimumkan pembaziran.

Digitalisasi akan meningkatkan kecekapan rantai bekalan, membolehkan syarikat aeroangkasa Malaysia bertindak balas dengan lebih cepat terhadap permintaan pasaran dan memperbaiki kelebihan daya saing mereka.

Pengurangan Masa Penghantaran: Dengan aliran maklumat yang lebih lancar, masa penghantaran boleh dikurangkan, membolehkan syarikat mengurangkan stok yang tidak perlu dan mengelakkan pembaziran.

Pengurusan Inventori yang Lebih Baik: Penggunaan teknologi digital untuk menguruskan inventori akan memastikan bahawa bahan mentah dan komponen sentiasa tersedia apabila diperlukan, tanpa pembaziran, dan ini akan mengurangkan kos operasi secara keseluruhan.

Pengembangan Rangkaian Pembekal Global

Program ini memberi tumpuan kepada memfasilitasi perkongsian antara syarikat aeroangkasa Malaysia dan pembekal antarabangsa. Ini akan membantu Malaysia mengintegrasikan diri ke dalam rantai bekalan aeroangkasa global yang bernilai tinggi, memperkukuhkan kedudukan negara dalam pasaran global. Dengan memperkuat hubungan antarabangsa ini, Malaysia boleh meningkatkan eksport aeroangkasa dan menarik lebih banyak pelaburan langsung asing (FDI).

Integrasi dalam Rantai Bekalan Global: Melalui kerjasama dengan pembekal antarabangsa, Malaysia akan dapat menyertai rantai bekalan aeroangkasa global yang lebih berdaya saing, sekaligus meningkatkan kedudukan negara di pasaran dunia.

Peningkatan Eksport Aeroangkasa: Perkongsian ini akan membuka peluang untuk meningkatkan eksport aeroangkasa Malaysia ke pasaran luar negara, meningkatkan sumbangan sektor aeroangkasa kepada ekonomi negara.

Logistik yang Mampan Tenaga

Program ini mempromosikan penggunaan amalan logistik yang cekap tenaga, termasuk penggunaan kenderaan elektrik dan hibrid untuk pengangkutan.

Amalan ini akan membantu mengurangkan jejak karbon rantai bekalan aeroangkasa, menjadikannya lebih mampan dan kos efektif. Dengan mengoptimumkan pengangkutan dan logistik, syarikat aeroangkasa dapat meningkatkan kedua-dua impak persekitaran dan keuntungan mereka.

Pengurangan Jejak Karbon: Penggunaan kenderaan elektrik dan hibrid dalam pengangkutan dapat mengurangkan penggunaan bahan api fosil dan mengurangkan pelepasan karbon, menyumbang kepada kelestarian sektor ini.

Penjimatan Kos: Penggunaan logistik yang lebih efisien akan mengurangkan kos operasi pengangkutan dan meningkatkan kelestarian persekitaran industri.

Peranan MPC dalam Program Rantai Bekalan Global

MPC memainkan peranan yang sangat penting dalam memacu usaha digitalisasi dan integrasi dalam Program Rantai Bekalan Global. Sebagai pemudah cara utama, MPC bekerjasama dengan pihak berkepentingan seperti MIDA dan syarikat aeroangkasa global untuk memastikan bahawa sektor aeroangkasa Malaysia dapat mengintegrasikan diri secara berkesan dalam rantai bekalan global. Tanggungjawab utama MPC dalam program ini termasuk:

Fasilitasi Program

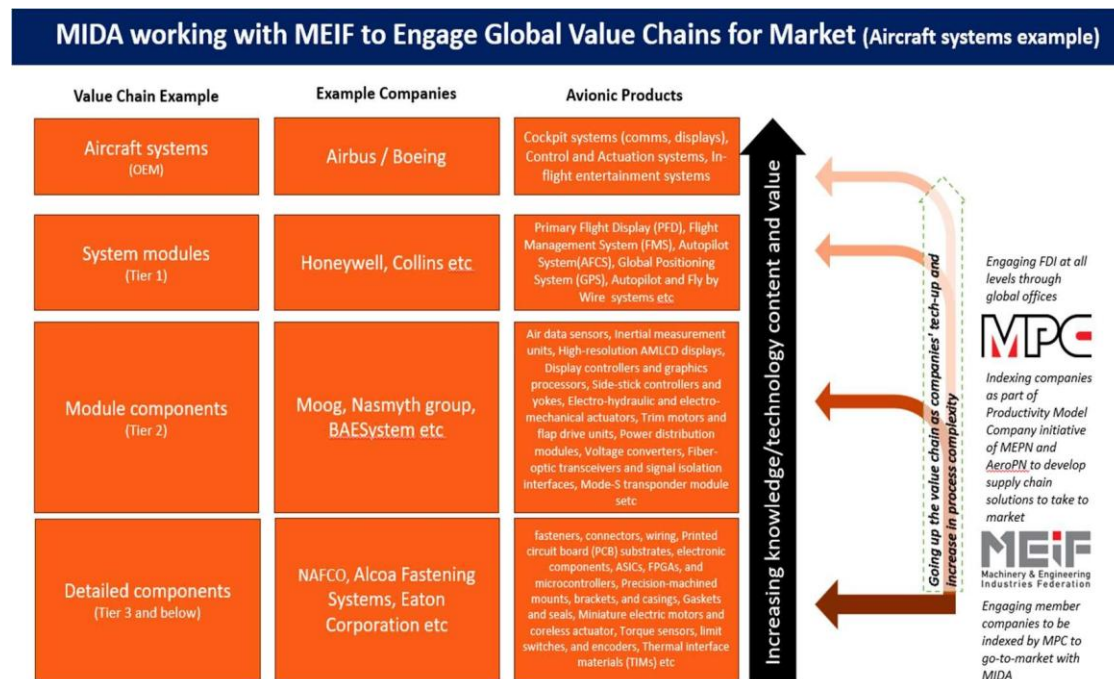
MPC memfasilitasi penubuhan perkongsian dan memastikan usaha digitalisasi rantai bekalan selaras dengan piawaian global. MPC membantu menyelaraskan kerjasama antara syarikat Malaysia dan pemain global untuk memastikan Malaysia mengikut piawaian yang ditetapkan di peringkat antarabangsa.

Pembinaan Kapasiti dan Latihan

MPC menyediakan program latihan dan pembinaan kapasiti untuk membantu pembekal tempatan memenuhi piawaian antarabangsa dan meningkatkan daya saing mereka. Ini termasuk latihan dalam penggunaan alat digital, pengurusan rantai bekalan, dan amalan logistik yang cekap tenaga.

Pemantauan dan Pelaporan

MPC bertanggungjawab untuk memantau kemajuan program ini, dengan menjejak integrasi sektor aeroangkasa Malaysia dalam rantai bekalan global dan menyediakan kemas kini berkala mengenai hasil dan pencapaian program. Melalui pemantauan yang berterusan, MPC dapat menilai keberkesanan program dan memastikan bahawa syarikat tempatan memperoleh manfaat yang maksimum daripada usaha digitalisasi ini.



Melalui Program Rantai Bekalan Global, MPC bertujuan untuk meletakkan industri aeroangkasa Malaysia sebagai pemain utama dalam rantai bekalan global, meningkatkan daya saing dan kelestariannya.

iv) Kerangka Pembiayaan AeroPN: Menurunkan Kos Modal untuk Syarikat Aeroangkasa

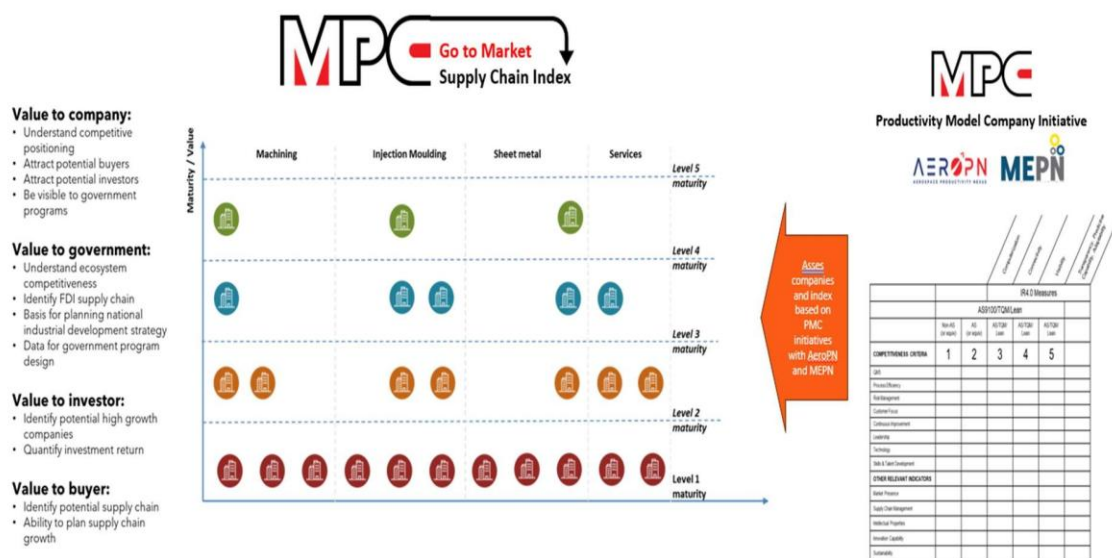
Kerangka Pembiayaan AeroPN dicipta untuk membantu syarikat aeroangkasa, terutamanya perusahaan kecil dan sederhana (SME), mengatasi cabaran kewangan yang sering menghalang pertumbuhan dan inovasi. Sektor aeroangkasa adalah sektor yang memerlukan modal yang besar dan memerlukan pelaburan signifikan dalam teknologi baharu seperti automasi, AI, IoT, dan pembuatan hijau. Walau bagaimanapun, kos pembiayaan yang tinggi

menghalang banyak SME daripada mengakses dana yang diperlukan untuk berinovasi dan bersaing di peringkat global.

Kerangka Pembiayaan AeroPN secara langsung menangani isu ini dengan menyediakan pilihan pembiayaan yang mampu milik, mengurangkan kadar faedah, dan meningkatkan akses kepada modal.

MPC Go to Market Supply Chain Indexing Tool

The tool will give MIDA 1) A value chain reference for various sectors and products/productions FDI, 2) A reference for companies that meet the procurement requirements of the potential FDI/DDI and 3) A tool for “designing a supply chain” for the prospective investor. The maturity levels below have their foundation in Total Quality Management, Lean Manufacturing and Industry 4.0 Readiness.



Akses Kewangan dan Pengurangan Kos

Program ini direka untuk menurunkan kos modal untuk syarikat aeroangkasa melalui kerjasama strategik antara syarikat aeroangkasa dan institusi kewangan, serta dana modal teroka. Kerajaan Malaysia, melalui skim Aerospace Blended Financing, telah memperuntukkan RM1 bilion untuk inisiatif ini, yang merangkumi:

- RM45 juta untuk subsidi kadar faedah bagi mengurangkan kos pembiayaan untuk institusi kewangan pembangunan (DFI) dan institusi

kewangan (FI).

- RM30 juta dalam suntikan ekuiti untuk institusi modal teroka bagi merangsang pelaburan dalam syarikat aeroangkasa berpotensi tinggi yang fokus kepada AI, IoT, dan kelestarian. Usaha ini bertujuan untuk menurunkan kadar faedah kepada bawah 5%, menjadikannya lebih mudah untuk SME aeroangkasa membiayai modal dan perbelanjaan operasi yang penting berkaitan dengan:
- Latihan Teknikal: Memastikan tenaga kerja dilengkapi dengan kemahiran yang diperlukan untuk melaksanakan dan menguruskan teknologi canggih, keadaan mesin dan meramalkan bila penyelenggaraan diperlukan. Ini mengurangkan masa henti yang tidak dirancang dan membolehkan syarikat menjalankan penyelenggaraan hanya apabila perlu, meningkatkan masa beroperasi peralatan kritikal.

Penjimatan Kos: Kajian menunjukkan bahawa penyelenggaraan prediktif dapat mengurangkan kos penyelenggaraan sehingga 30%.

Kajian Kes bagi mengenal pasti Objektif Tree dalam pelaksanaan AI bagi Sektor Aeroangkasa

MATLAMAT AKHIR

- ↳ Meningkatkan produktiviti, kebolehpercayaan peralatan dan kelestarian sektor aeroangkasa Malaysia melalui penerapan AI, IoT & analitik data dalam tempoh 12 bulan.

Matlamat tertinggi Projek Transformasi AI Aeroangkasa ialah melonjakkan produktiviti, kebolehpercayaan peralatan dan kelestarian operasi dalam masa 12 bulan dengan memanfaatkan AI, IoT dan analitik data. Untuk mencapai matlamat ini, empat objektif strategik disusun secara hierarki.

Pertama, automasi dan **Smart Manufacturing** - dipacu oleh sistem MES bersepadu sensor dan algoritma pembelajaran mesin yang melaras proses secara masa nyata; hasil yang diinginkan ialah pengurangan masa kitaran 20 peratus dan sisa proses 50 peratus, menjadikan barisan lebih laju dan lebih

bersih.

Kedua, **Penyelenggaraan Prediktif** - menggabungkan model AI kegagalan dan papan pemuka OEE dengan sasaran memotong waktu henti tidak dirancang 30 peratus dan menaikkan MTBF 25 peratus dan sekali gus menjimatkan kos dan mengelak kerugian pengeluaran.

Ketiga, **Pengurusan Tenaga masa nyata** menempatkan meter pintar IoT dan analitik anomali bagi menjejak serta menumpaskan pembaziran tenaga; kejayaan diukur melalui penjimatan bil elektrik 10 hingga 15 peratus dan penurunan pelepasan karbon skop-2 sekurang-kurangnya 10 peratus.

Keempat, **Rantaian Bekalan Dipacu AI** menggunakan ramalan permintaan pintar, inventori just-in-time dan keterlihatan blockchain untuk menyusutkan inventori WIP 20 peratus serta memendekkan lead-time pesanan 25 peratus—menjadikan rangkaian lebih tangkas menghadapi permintaan pasaran.

Di bawah setiap objektif strategik, aktiviti taktikal (C-tier) menyenaraikan tindakan konkrit: pemasangan sensor, pembinaan model ML, deployment gateway tenaga dan integrasi modul ramalan rantaian bekalan. Semua ini bersandar pada input kritikal (D-tier)—data bersih, infrastruktur awan-edge, tenaga kerja terlatih ML/IoT, pembiayaan AeroPN/Tech-Up, rangkaian vendor teknologi serta audit dan bimbingan berterusan MPC.

Kesemua aras dikaitkan oleh petunjuk prestasi utama yang jelas; kegagalan memenuhi KPI mana-mana aras menandakan isu yang mesti diperbetul sebelum skala diperluas. Dengan struktur “Objektif Tree” ini, setiap ringgit yang dibelanjakan, terus kepada hasil produktiviti, penjimatan kos dan sasaran kelestarian yang dapat diukur, menjadikan sektor aeroangkasa Malaysia lebih cekap, kukuh dan berdaya saing di pentas global.

Jangkaan Impak Projek kepada Industri Aeroangkasa Malaysia

Produktiviti & Kos

- Kenaikan OEE sektor kepada $\geq 85\%$ → kapasiti efektif bertambah $\pm 10\%$.
- Penurunan kos unit antara 12 - 18 %, menjadikan pembekal Malaysia lebih kompetitif berbanding rakan ASEAN.

Kelestarian

- Pengurangan jejak karbon ~ 15 kt CO₂ setahun (kluster perintis) menerusi penjimatan tenaga.
- Sokongan kepada sasaran Net-Zero 2050 dan syarat ESG rantai bekalan OEM utama (Airbus, Boeing, Rolls-Royce).

Rantai Bekalan Global

- Masa penghantaran komponen kritikal dipendekkan 25 % → meningkatkan skor prestasi pembekal (*supplier rating*) dan membuka peluang kontrak Tier-1 baharu.
- Ketelusan blockchain menambah keyakinan OEM; dijangka menarik FDI tambahan $\sim$ RM 300 j dalam tempoh 3-5 tahun.

Pembangunan Bakat

- > 200 jurutera mendapat pensijilan “*AI for Manufacturing*” dalam tahun pertama – menaik taraf pasaran buruh tempatan kepada kemahiran tinggi.
- Laluan kerjaya baharu (*data scientist* industri, jurutera IoT) mengekalkan bakat teknologi di Malaysia.

Lonjakan Inovasi & Spin-off

- Ekosistem startup AI/IoT aeroangkasa terangsang melalui dana modal teroka AeroPN; jangkaan 3-5 *spin-off* teknologi sokongan dalam 24 bulan.

11. PERINCIAN TUGASAN BAGI STRUKTUR SUBSEKTOR AEROANGKASA

Bagi memastikan pelaksanaan *Playbook* Subsektor Aeroangkasa berjalan secara tersusun dan komprehensif, satu struktur organisasi pelaksanaan yang mantap perlu diwujudkan. *Playbook* ini bukan sekadar dokumen strategi, ia adalah pelan tindakan transformasi industri yang memerlukan pelaksanaan yang tersusun, berasaskan data dan disokong oleh kepakaran teknikal serta tadbir urus yang jelas.

Oleh itu, perincian tugas pegawai di bawah struktur pelaksanaan ini memainkan peranan penting dalam menterjemahkan aspirasi *playbook* kepada tindakan. Ia merangkumi peranan utama seperti kepimpinan strategik, pembangunan teknologi AI, digitalisasi rantai bekalan, latihan dan pembangunan kapasiti vendor, serta pengurusan kewangan dan pembiayaan. Struktur ini melibatkan 8 pegawai dengan kepakaran pelbagai bidang, yang akan bertanggungjawab menyelaras pelbagai inisiatif di bawah AeroPN, memastikan sasaran nasional seperti peningkatan produktiviti, pengurangan TAT, serta pengukuhan rantai bekalan dapat dicapai secara sistematik.

Posisi	Anggaran <i>Head-count</i>	Tujuan Teras (bahasa mudah)	Tanggungjawab Utama	Kemahiran / Keperluan Terkini
Ketua Program AeroPN	1	Pemandu strategik & penyelarar keseluruhan projek	- Menetapkan hala tuju & KPI - Pemetaan bajet & garis masa - Lapor kemajuan kepada MITI/MPC-EXCO	- Pengurusan portfolio projek besar - Pengalaman aeroangkasa / pembuatan berteknologi tinggi - Kecekapan komunikasi eksekutif
Pengurus Teknologi AI & Data	2	Membangun & melancarkan model AI/analitik	- Reka bentuk <i>data-lake</i> - Pembangunan model ML prediktif - Integrasi platform AI	- Python, TensorFlow, SQL - MLOps & pipeline ETL - FAA/EASA data- integrity compliance
Pakar Lean & Proses	2	Meminimumkan pembaziran & menstandardkan aliran kerja	- Kaizen, VSM & 5S di barisan pengeluaran - Audit takt masa nyata OEE - Fasilitasi projek Six Sigma	- Lean Six Sigma Black/Green Belt - Pengalaman komposit/CNC aero - Alatan statistik (Minitab, JMP)

Posisi	Anggaran Head- count	Tujuan Teras (bahasa mudah)	Tanggungjawab Utama	Kemahiran / Keperluan Terkini
Pakar Digitalisasi Rantaian Bekalan	1	Tembus rantaian global & tingkat keterlihatan	• Penyebatian blockchain/EDI • Ramalan permintaan AI & JIT • Tadbir hubungan pembekal global	• SCM berasaskan AI • Pengetahuan Incoterms & kewangan perdagangan • Pensijilan APICS/CSCP
Pegawai Kewangan & Pembiayaan AeroPN	1	Urus dana Tech-Up & geran AeroPN	• Semak kelayakan SME • Sediakan struktur pinjaman/ekuiti • Lapor ROI & pematuhan	• CFA/FRM atau setara • Pernah urus pembiayaan industri • Analitik kewangan projek
Pegawai Latihan & Pembangunan Kapasiti	1	Naik taraf kemahiran vendor & kakitangan	• Reka modul AI- for-Ops & IoT • Susun pensijilan pekerja (MPC Academy) • Pantau keberkesanan • latihan	• Instructional design • Pengendalian peralatan AR/VR (latihan maya) • Kemahiran fasilitasi dwibahasa
Pegawai Keselamatan Siber & IT	1	Lindungi data & rangkaian OT-IT	• Ujian penembusan, patching • Pelaksanaan Zero-Trust • Pematuhan NIST/ISO 27001	• CEH / CISSP • Kecekapan SIEM & OT-security • Pengalaman industri pembuatan
Penganalisis Pemantauan & Pelaporan KPI	2	Lacak data prestasi & paparkan dashboard	• Kutip / bersihkan data OEE, kWh, sisa • Bangun papan skor awam Power BI • Analitik tren & amaran awal	• Excel-Power Query / Power BI • Statistik industri & BI • Kebolehan visualisasi interaktif

Struktur pelaksanaan projek AeroPN dirangka dengan teliti bagi memastikan setiap aspek transformasi produktiviti subsektor aeroangkasa diberi keutamaan. Sebanyak 8 pegawai dicadangkan untuk mengemudi pelaksanaan ini, merangkumi pelbagai kepakaran utama. Peranan ini termasuk 1 Ketua Program AeroPN yang akan bertindak sebagai pemandu strategik dan penyelarar keseluruhan projek; 2 Pengurus Teknologi AI & Data yang membangunkan model AI dan sistem analitik; 2 Pakar Lean & Proses bagi meningkatkan kecekapan barisan pengeluaran dan mengurangkan pembaziran; 1 Pakar Digitalisasi Rantaian Bekalan untuk memperkasa integrasi data dan keterlihatan global; 1 Pegawai Kewangan & Pembiayaan yang mengurus dana dan struktur pembiayaan; serta 1 Pegawai

Latihan & Pembangunan Kapasiti yang menaik taraf kemahiran tenaga kerja dan vendor.

Pasukan ini bukan sahaja penting untuk menyokong pelaksanaan inisiatif AeroPN, malah menjadi pemangkin kepada pencapaian sasaran jangka panjang sektor aeroangkasa negara.

Kesimpulannya, dengan gabungan peranan yang komprehensif dan jumlah sumber manusia yang bersesuaian, projek AeroPN diyakini dapat dilaksanakan secara efektif dan berimpak tinggi, selaras dengan aspirasi menjadikan Malaysia sebagai kuasa produktiviti aeroangkasa serantau.

12. TINDAKAN (CALL TO ACTION)

- **Komitmen daripada Kerajaan, Industri dan Akademia**

Kejayaan AeroPN *Playbook* bergantung kepada penyertaan aktif dan komitmen padu daripada pemegang taruh utama: Kerajaan, Industri dan Akademia. Setiap sektor memainkan peranan kritikal dalam memastikan transformasi sektor aeroangkasa.

- **Komitmen Kerajaan:**

Penyelarasan Dasar: Kerajaan, melalui agensi seperti NAICO, MITI dan MIDA, mesti terus menyelaraskan dasar nasional dengan objektif *playbook* ini. Ini termasuk menyediakan insentif kewangan, sokongan infrastruktur serta rangka kerja peraturan yang menggalakkan inovasi dan kelestarian dalam industri aeroangkasa.

Pembiayaan & Sumber: Bagi merangsang pertumbuhan dan inovasi, kerajaan perlu terus memperuntukkan dana untuk menyokong penyelidikan & pembangunan (R&D), pembangunan tenaga kerja, serta penerimaan teknologi baharu seperti AI, IoT dan Sustainable Aviation Fuel (SAF). Program seperti NIMP High-Tech Fund dan insentif cukai untuk projek lestari harus dimanfaatkan sepenuhnya.

Sokongan Peraturan: Badan pengawal selia seperti CAAM dan MINDEF perlu kekal fleksibel terhadap kemunculan teknologi baharu serta menyediakan garis panduan jelas untuk inovasi, termasuk integrasi pendorongan hidrogen dan operasi berasaskan AI.

- **Komitmen Industri:**

Mengadaptasi Inovasi Teknologi: Pemain industri, termasuk syarikat besar dalam perkhidmatan MRO, pembuatan aeroangkasa dan teknologi angkasa, mesti komited untuk mengadaptasi serta mengintegrasikan teknologi baharu

seperti MRO pintar, pembuatan aditif dan robotik. Ini memerlukan pelaburan industri yang meluas dalam pendigitalan dan automasi.

Kerjasama: Industri perlu bekerjasama bukan sahaja dengan kerajaan, malah dengan syarikat aeroangkasa lain, PKS dan pemain global untuk berkongsi amalan terbaik, menggabungkan sumber dan menyelaraskan matlamat bersama.

Inisiatif Kelestarian: Syarikat aeroangkasa perlu mengambil peranan kepimpinan dalam inisiatif hijau seperti penggunaan SAF dan integrasi teknologi pendorongan hidrogen untuk mendorong agenda kelestarian industri.

• **Komitmen Akademia:**

Pembangunan Tenaga Kerja: Institusi akademik perlu menyediakan pendidikan, latihan dan penyelidikan yang diperlukan untuk melahirkan generasi baharu jurutera aeroangkasa, juruteknik dan penyelidik. Ini termasuk memupuk kemahiran dalam bidang seperti avionik, robotik, komposit serta AI/ML untuk aplikasi aeroangkasa.

• **Perkongsian Industri-Akademia**

Institusi akademik perlu bekerjasama dengan pemain industri untuk memacu penyelidikan bersama dalam teknologi aeroangkasa termaju dan amalan kelestarian. Program yang memfokuskan kepada UAV, pendorongan elektrik, dan teknologi angkasa boleh diperluaskan melalui kolaborasi industri-akademia.

• **Inovasi & R&D**

Peranan Akademia dalam penyelidikan dan pembangunan (R&D) aeroangkasa, terutamanya dalam bidang seperti pengeluaran bahan api hidrogen, pembuatan digital, dan sistem autonomi. Pembangunan kluster penyelidikan serta penggalakan hab inovasi adalah kunci untuk memacu kemajuan teknologi.

Komitmen bersama daripada kerajaan, industri, dan akademia ini akan mewujudkan

ekosistem sinergistik yang memacu produktiviti, menggalakkan inovasi, dan membantu

Malaysia muncul sebagai peneraju global dalam industri aeroangkasa.

- **Langkah Seterusnya & Garis Masa Penglibatan (*Next Steps & Engagement Timeline*)**

Bagi memastikan pelaksanaan playbook secara berkesan, langkah seterusnya yang jelas serta garis masa penglibatan perlu ditetapkan. Berikut adalah garis masa utama bagi tempoh 5–10 tahun akan datang:

- **2025–2026: Asas & Pelaksanaan Awal**

Menubuhkan Rangka Kerja Tadbir Urus: Memuktamadkan penubuhan jawatankuasa sektoral, tokoh perusahaan (enterprise champions), dan Pejabat Pengurusan Program (PMO) untuk menerajui dan mengurus inisiatif produktiviti.

Melaksanakan Inisiatif Awal: Memulakan pelaksanaan 2025 Quick Wins, termasuk pendigitalan operasi MRO, penubuhan kilang pintar (smart factories), serta inisiatif peningkatan kemahiran tenaga kerja.

Penyelarasan Dasar & Pembiayaan Kerajaan: Mendapatkan komitmen kerajaan bagi pembiayaan serta sokongan peraturan untuk projek kelestarian seperti pengeluaran SAF dan teknologi pendorongan hidrogen.

- **2027–2029: Pengembangan & Penskalaan**

Pemantauan & Penilaian Kemajuan: Melaksanakan semakan RAG setiap suku tahun untuk menilai kemajuan inisiatif dan melakukan penyesuaian yang diperlukan. Fokus diberikan kepada penskalaan projek perintis yang berjaya (contohnya Smart MRO, pengeluaran SAF).

Pencapaian Sasaran Pertengahan Penggal: Mencapai Sasaran Pertengahan Penggal 2027, termasuk meletakkan Malaysia sebagai pemain global utama dalam penerbangan lestari dan perkhidmatan MRO.

Perkongsian Antarabangsa: Memperkukuh kerjasama global dengan syarikat gergasi aeroangkasa serta institusi akademik antarabangsa bagi memajukan R&D dan pemindahan teknologi.

• 2030: Pelaksanaan Penuh & Penjajaran NIMP

Pencapaian Tonggak 2030: Mencapai penjajaran dengan NIMP 2030 melalui pencapaian sasaran produktiviti dan pegangan pasaran global. Menjelang 2030, sektor aeroangkasa Malaysia akan mantap sebagai pemain global utama.

Semakan & Penyesuaian: Melaksanakan semakan menyeluruh terhadap pelaksanaan playbook, menilai pencapaian berbanding tonggak yang ditetapkan, serta merumuskan cadangan untuk tempoh 5–10 tahun berikutnya.

Kepimpinan Global dalam Kelestarian & Inovasi: Memposisikan Malaysia sebagai peneraju dalam penerbangan sifar bersih, teknologi pendorongan hidrogen, dan amalan aeroangkasa hijau.

Dengan mengikuti garis masa ini, sektor aeroangkasa Malaysia akan mampu membuat kemajuan yang bermakna ke arah mencapai matlamat strategiknya, sekali gus memastikan pertumbuhan berterusan dan daya saing di peringkat global.

Agensi Kerajaan: NAICO, MITI, MIDA, CAAM, MINDEF dan lain-lain. Persatuan Industri: MAIA, MAB, AAPA. Institusi Akademik: Universiti dan pusat penyelidikan yang terlibat dalam pendidikan serta penyelidikan dan pembangunan (R&D) berkaitan aeroangkasa. Sektor Swasta: Pengilang aeroangkasa, penyedia perkhidmatan MRO, dan inovator teknologi.

Panduan ini akan memudahkan komunikasi, kerjasama, dan akauntabiliti dalam kalangan pemegang taruh, memastikan setiap pihak terlibat sepenuhnya dan jelas akan peranan mereka dalam mencapai matlamat playbook ini.

Inisiatif/Dokumen	Bidang Fokus Utama	Sumber Berkaitan
<i>Malaysia Aerospace Industry Blueprint 2030 (MAIB 2030)</i>	- Pertumbuhan perkhidmatan MRO - Pembuatan komposit - Pembangunan tenaga kerja berkemahiran tinggi - Eksport dan teknologi hijau	- NAICO - MITI - Laporan Industri Aeroangkasa

Inisiatif/Dokumen	Bidang Fokus Utama	Sumber Berkaitan
<i>National Industry and Manufacturing Plan (NIMP 2030)</i>	- Industri berteknologi tinggi termasuk aeroangkasa - Automasi dan transformasi digital - Kelestarian	- Dana Teknologi Tinggi NIMP - MITI - Insentif kerajaan
<i>Malaysia's Digital Economy Blueprint (MyDIGITAL)</i>	- Transformasi digital dalam aeroangkasa – IoT, AI, penyelenggaraan ramalan - Bahan api penerbangan Lestari - (SAF)	- Laporan MyDIGITAL - MITI - Alat Digital Industri Aeroangkasa
<i>Green Technology Master Plan (GTMP)</i>	- Pengurangan karbon dalam sektor aeroangkasa - Pembuatan hijau - Pengeluaran SAF	- Laporan GTMP - Inisiatif Aeroangkasa Hijau - Teknologi penjimatan tenaga
<i>Kerjasama dengan Pemimpin Aeroangkasa Global (cth. Boeing, Airbus, Rolls-Royce)</i>	- Pemindahan teknologi - Pembangunan pembekal - Perkhidmatan MRO	- Boeing - NAICO - Pembangunan Pembekal - Laporan Kolaborasi OEM Global
<i>Laporan Industri dan Penerbitan (MAIA, MITI, NAICO)</i>	- Pertumbuhan pasaran aeroangkasa - Kemajuan teknologi (cth. komposit, robotik) - Tren pasaran global	- MAIA - Laporan MITI - Kertas Teknologi Aeroangkasa

Playbook AeroPN menggariskan strategi menyeluruh yang bertujuan untuk mentransformasikan sektor aeroangkasa Malaysia menjadi sebuah kuasa besar produktiviti tinggi di rantau Asia Tenggara. *Playbook* ini memberi tumpuan kepada pemerkasaan inovasi industri, integrasi teknologi digital, dan penerapan amalan lestari merentasi pelbagai subsektor, termasuk pembuatan, MRO (Penyelenggaraan, Pembaikan dan *Overhaul*), avionik, serta industri baharu yang sedang muncul seperti kenderaan udara tanpa pemandu (UAV) dan mobiliti udara bandar (UAM). Matlamatnya adalah untuk meletakkan Malaysia sebagai peneraju global dalam produktiviti industri aeroangkasa, sambil memastikan pertumbuhan jangka panjang melalui penggunaan teknologi hijau secara strategik seperti *Sustainable Aviation Fuel* (SAF) dan sistem

pendorongan elektrik.

Teras dalam *playbook* ini ialah Kerangka Strategi Produktiviti, yang memacu kemajuan teknologi dalam bidang pembuatan, MRO dan avionik. Kerangka ini merangkumi strategi transformasi digital dan integrasi teknologi Industri 4.0, seperti pembuatan aditif (*additive manufacturing*), *Internet of Things* (IoT) dan sistem berasaskan kecerdasan buatan (AI). Teknologi-teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan kecekapan, mengurangkan kos, serta memperkukuh daya saing global industri aeroangkasa Malaysia.

Selain itu, *playbook* ini turut membentangkan Pelan Tindakan Produktiviti Sektoral (*Sectoral Productivity Blueprints*) yang terperinci, yang menyediakan pelan tindakan khusus untuk subsektor utama seperti pembuatan aeroangkasa, perkhidmatan MRO, UAV, dan teknologi angkasa. Pelan-pelan tindakan ini bertujuan mengoptimumkan operasi dalam setiap sektor, mendorong penambahbaikan kualiti pengeluaran, kecekapan operasi, dan keupayaan inovasi.

Playbook Transformasi Perusahaan (*Enterprise Transformation Playbooks*) pula memfokuskan kepada usaha memperluaskan perusahaan kecil dan sederhana (PKS) dengan alat serta sumber daya yang diperlukan untuk mengintegrasikan pembuatan secara lean (*lean manufacturing*) dan pendigitalan ke dalam operasi mereka. Inisiatif seperti *Lean Digital Kaizen Labs* dan projek perintis Kilang Pintar (*Smart Factory Pilots*) bertujuan membantu PKS meningkatkan produktiviti mereka, dan peningkatan keupayaan pembekal akan menggalakkan amalan lestari serta memastikan pematuhan kepada piawaian global industri aeroangkasa.

Antara Inisiatif Kebangsaan Utama & *Quick Win* yang diketengahkan termasuklah *Malaysia Aerospace Digital Productivity Hub* dan Dana Misi NIMP (*NIMP Mission-Based Funds*) yang akan mempercepatkan penerimaan teknologi digital dan automasi di seluruh industri. Platform Pertukaran Data Penerbangan (*Aviation Data Exchange Platform*) akan mengintegrasikan data masa nyata merentasi rantai bekalan industri aeroangkasa, sekali gus membolehkan

penyelenggaraan ramalan (*predictive maintenance*), penjadualan yang dioptimumkan, dan pengurusan armada yang lebih cekap. Selain itu, *Green Corridor Demonstrator* akan mempromosikan penggunaan SAF dan mewujudkan kerangka perakaunan karbon, memastikan industri aeroangkasa Malaysia menjadi peneraju dalam kelestarian.

Playbook ini turut menekankan Pencetus Kritikal (*Critical Enablers*) dan Strategi Mobilisasi Sumber, seperti memupuk kerjasama *Triple Helix* antara kerajaan, industri, dan akademik, serta menyediakan sokongan kewangan melalui pembiayaan dan insentif seperti Dana Teknologi Tinggi NIMP (*NIMP High Tech Fund*). Infrastruktur inovasi seperti Pusat Kecemerlangan Aeroangkasa (*Aerospace Centre of Excellence*) dan tapak ujian dron akan menyediakan sumber daya penting bagi penyelidikan, pembangunan, dan ujian teknologi aeroangkasa baharu.

Kesimpulannya, *Playbook* AeroPN menyediakan kerangka kukuh untuk mentransformasikan sektor aeroangkasa Malaysia menjadi industri yang berproduktiviti tinggi, lestari, dan berdaya saing. Dengan memberi tumpuan kepada inisiatif strategik dalam bidang inovasi, pembangunan tenaga kerja, transformasi digital, dan kelestarian, Malaysia berada pada landasan tepat untuk muncul sebagai peneraju global dalam industri aeroangkasa menjelang dekad 2030-an. Pelaksanaan inisiatif-inisiatif ini bukan sahaja akan memacu produktiviti, malah akan mewujudkan ekosistem aeroangkasa yang dinamik, berdaya maju, dan bersedia bersaing di pasaran global.



PERBADANAN PRODUKTIVITI MALAYSIA

Aras 9, East Wing
Menara MATRADE
Jalan Sultan Haji Ahmad Shah
50480 Kuala Lumpur