

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Selama lebih dari satu abad, dunia penerbangan di Indonesia telah mengalami perkembangan yang pesat dan signifikan. Transformasi ini terjadi seiring dengan perkembangan zaman, mulai dari kapasitas angkut penumpang yang awalnya terbatas hingga mampu mengangkut ratusan penumpang dalam satu kali penerbangan (Asta, 2023; Ngadimin, 1993; Muller, 2009). Fungsi penerbangan juga mengalami perluasan, tidak hanya berperan dalam mengangkut penumpang, tetapi juga menjadi sarana distribusi barang dalam bentuk kargo ke berbagai wilayah di Indonesia (Papua S.D., 2023; Suroto, 2016; Rochmat & Martha, 2021). Perjalanan sejarah ini dimulai pada tahun 1913, ketika Pemerintah Hindia Belanda membangun bandara militer di berbagai kota seperti Bandung, Yogyakarta, Semarang, dan Subang (Asta, 2023; Ngadimin, 1993; Muller, 2009). Penerbangan komersial pertama di Indonesia tercatat pada tahun 1928, menandai awal berkembangnya industri penerbangan nasional (Asta, 2023). Kemajuan ini menjadi fondasi penting bagi pertumbuhan konektivitas antardaerah, terutama untuk wilayah terpencil. Seiring waktu, perkembangan tersebut juga memberikan dampak terhadap sektor ekonomi, sosial, dan budaya.

Perkembangan penerbangan yang berlangsung antara tahun 1913 hingga 1950-an kemudian menjangkau berbagai wilayah di Indonesia, termasuk Papua. Menurut catatan sejarah penerbangan perintis yang ditulis oleh Hari Suroto, sebelum tahun 1955, masyarakat Papua khususnya yang tinggal di Lembah Balliem hidup dalam kondisi terisolasi dan mempertahankan pola hidup tradisional yang menyerupai zaman batu (Ngadimin, 1993; Suroto, 2016; Muller, 2009). Perubahan besar terjadi ketika penerbangan perintis yang dilakukan para misionaris berhasil mendarat di wilayah tersebut (Ngadimin, 1993; Asta, 2023; Papua S.D., 2023). Lembah Balliem yang terletak di pegunungan Papua memiliki ketinggian 1.650 meter di atas permukaan laut, panjang sekitar 60 kilometer, dan lebar 16 kilometer (Muller, 2009; Suroto, 2016; Papua S.D., 2023). Kawasan ini dikelilingi

pegunungan hijau dengan kemiringan curam, bebatuan besar, dan jurang sempit yang dalam (Suroto, 2016; Muller, 2009; Anders et al., 2006). Kondisi geografis yang menantang tersebut membuat akses darat hampir mustahil dilakukan. Oleh karena itu, kehadiran penerbangan menjadi faktor kunci yang mengubah pola interaksi masyarakat Papua dengan dunia luar.

Berdasarkan data dari Sekretariat Daerah Provinsi Papua yang diakses pada 19 Oktober 2023, luas wilayah Papua tercatat mencapai 317.062 km², yang setara dengan 19,33% dari total luas Negara Kesatuan Republik Indonesia seluas 1.890.754 km² (Papua S.D., 2023; Ngadimin, 1993; Suroto, 2016). Dengan luas tersebut, Papua merupakan provinsi terluas di Indonesia. Kabupaten Merauke menjadi kabupaten terbesar di Papua dengan luas 4.397 hektar atau 13,87% dari total luas provinsi (Papua S.D., 2023; Asta, 2023; Muller, 2009). Posisi geografis Papua berada antara 130° hingga 141° BT dan 2,25' LU hingga 9° LS, berbatasan dengan Samudera Pasifik di utara, Laut Arafuru di selatan, Provinsi Papua Barat di barat, dan negara Papua Nugini di timur (Papua S.D., 2023; Rochmat & Martha, 2021; Suroto, 2016). Keberagaman kondisi geografis ini mempengaruhi pola pembangunan infrastruktur transportasi di wilayah tersebut. Wilayah dengan jarak tempuh yang luas dan kondisi topografi yang berat membuat transportasi udara menjadi pilihan utama. Oleh sebab itu, pengelolaan penerbangan di Papua memerlukan strategi khusus yang mempertimbangkan aspek keamanan, keselamatan, dan kelayakan operasional.

Topografi Papua didominasi pegunungan yang membentang di bagian tengah provinsi. Pegunungan utama meliputi Pegunungan Kobowre di Nabire, Pegunungan Sudirman di Enarotali, Puncak Jaya di Jayawijaya, Pegunungan Van Rees di Mamberamo, Pegunungan Gauntier, dan Pegunungan Wisnumurti (Papua S.D., 2023; Muller, 2009; Suroto, 2016). Beberapa puncak gunung yang terkenal antara lain Gunung Waspada (1.070 m), Puncak Jaya (5.030 m), Puncak Trikora (4.750 m), Puncak Yamin (4.350 m), Puncak Mandala (4.700 m), dan Gunung Dom (1.332 m) (Papua S.D., 2023; Ngadimin, 1993; Muller, 2009). Pegunungan Jayawijaya sendiri membentang sepanjang 640 km dari timur ke barat dan merupakan bagian dari sistem pegunungan Cordillera yang mempengaruhi dataran tinggi Papua (Suroto, 2016; Anders et al., 2006; Papua S.D., 2023). Puncak

tertingginya, yaitu Puncak Jaya, memiliki ketinggian 16.502 kaki dan ditutupi hutan lebat serta batu karang yang mengalami glasiasi (Muller, 2009; Suroto, 2016; Papua S.D., 2023). Selain itu, di bagian utara terdapat Lembah Sungai Tariku dan Taritatu yang merupakan anak Sungai Mamberamo. Kondisi geografis tersebut menjadikan akses transportasi darat sangat terbatas, sehingga peran penerbangan menjadi sangat vital.

Kondisi topografi dan geografi Papua menjadikan pesawat terbang sebagai moda transportasi yang sangat penting hingga saat ini. Moda ini dinilai efisien dan cepat dalam mengangkut barang, dokumen, bahan bangunan, dan bahan pangan, serta membuka isolasi wilayah yang sulit dijangkau (Papua S.D., 2023; Rochmat & Martha, 2021; Suroto, 2016). Namun, kondisi geografis tersebut juga membawa risiko tinggi terhadap keselamatan penerbangan. Data dari Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) menunjukkan bahwa Papua memberikan kontribusi signifikan terhadap jumlah kecelakaan penerbangan di Indonesia (KNKT, 2023; Anders et al., 2006; Enyew & Steeneveld, 2014). Daerah dengan topografi perbukitan atau pegunungan memiliki hubungan erat dengan pola spasial curah hujan (Anders et al., 2006; Enyew & Steeneveld, 2014; Rochmat & Martha, 2021). Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi faktor manusia (*antroposfera*), topografi (*litosfera*), dan cuaca (*atmosfera*) berkontribusi sebesar 59% terhadap kecelakaan penerbangan, dengan faktor manusia mencapai 52% dan topografi serta cuaca sebesar 7% (Rochmat & Martha, 2021; Anders et al., 2006; Enyew & Steeneveld, 2014). Perubahan cuaca yang cepat di daerah pegunungan semakin memperbesar risiko terjadinya insiden penerbangan.

Tabel 1. 1 Data Korban Kecelakaan Tahun 2015-2023

Tahun	Jumlah Kecelakaan Penerbangan
2015	29
2016	45
2017	37
2018	44
2019	30
2020	26
2021	20
2022	24
2023	28

Berdasarkan data yang diperoleh dari portal resmi Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) pada 19 Oktober 2023, terlihat tren angka kecelakaan penerbangan di Indonesia dari tahun 2015 hingga 2023 (KNKT, 2023; Hubud, 2023; FSF, 2024). KNKT telah melakukan investigasi terhadap seluruh peristiwa kecelakaan tersebut dan mengklasifikasikannya menjadi tiga kategori utama, yaitu *accident*, *incident*, dan *serious incident* (KNKT, 2023; ICAO, 2022; Hubud, 2023). Klasifikasi ini bertujuan untuk memisahkan tingkat keparahan dan dampak terhadap keselamatan penerbangan. Definisi ini sejalan dengan standar yang diatur dalam Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil bagian 830, yang merinci perbedaan antara kejadian yang menyebabkan kerugian fatal, kerusakan besar, atau potensi risiko tinggi. Data statistik yang disajikan memperlihatkan bahwa kecelakaan tidak hanya melibatkan pesawat berawak, tetapi juga pesawat tanpa awak dengan pola kejadian yang bervariasi. Oleh karena itu, pemahaman terhadap klasifikasi ini menjadi penting bagi industri penerbangan untuk merumuskan langkah mitigasi risiko yang tepat. Tren ini juga mengindikasikan perlunya kebijakan keselamatan yang adaptif terhadap perkembangan teknologi penerbangan dan pola operasional di lapangan.

Menurut Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil bagian 830, kecelakaan atau *accident* adalah peristiwa yang terkait dengan pengoperasian pesawat udara sejak penumpang atau awak memasuki pesawat dengan tujuan terbang hingga mereka meninggalkan pesawat (KNKT, 2023; Hubud, 2023; ICAO, 2022). Dalam konteks ini, *accident* dapat melibatkan korban meninggal dunia atau luka serius akibat kontak langsung dengan bagian pesawat atau paparan semburan mesin jet (FSF, 2024; KNKT, 2023; Hubud, 2023). Selain itu, kerusakan berat pada struktur pesawat yang mengganggu kemampuan terbang juga termasuk dalam kategori ini, biasanya memerlukan perbaikan besar atau penggantian komponen penting. Kecelakaan juga mencakup kasus pesawat yang dinyatakan hilang atau tidak dapat dijangkau sama sekali. Kriteria ini menegaskan bahwa setiap peristiwa yang mengancam integritas struktur pesawat dan keselamatan jiwa masuk dalam kategori *accident*. Penegasan definisi ini penting sebagai acuan bagi investigasi kecelakaan untuk menentukan tindakan pencegahan yang efektif. Dengan demikian,

pemahaman yang tepat tentang definisi ini menjadi landasan bagi pengelolaan risiko dalam operasional penerbangan.

Sementara itu, *incident* didefinisikan sebagai peristiwa selain kecelakaan yang terkait pengoperasian pesawat dan dapat mempengaruhi keselamatan penerbangan (KNKT, 2023; ICAO, 2022; Hubud, 2023). *Incident* mencakup gangguan teknis, kesalahan prosedural, atau kejadian yang tidak menimbulkan korban jiwa tetapi berpotensi mengganggu operasi penerbangan. Adapun *serious incident* adalah kejadian yang memiliki kemungkinan besar menyebabkan kecelakaan, seperti kondisi berbahaya yang muncul selama penerbangan atau pada saat pesawat siap untuk terbang (FSF, 2024; KNKT, 2023; Hubud, 2023). Perbedaan ini penting karena menentukan prioritas investigasi dan tindakan mitigasi yang perlu dilakukan oleh otoritas terkait. Klasifikasi ini juga membantu maskapai dan regulator dalam merancang pelatihan awak serta perbaikan prosedur operasional. Dengan memahami perbedaan antara *incident* dan *serious incident*, penyusunan protokol keselamatan dapat lebih terarah dan sesuai dengan tingkat risiko. Langkah ini diharapkan dapat mengurangi potensi terjadinya *accident* di masa depan.

Penelitian dari *Australian Transportation Safety Board* mengungkapkan bahwa faktor manusia (*human factors*) berkontribusi sekitar 70% terhadap terjadinya *incident* dan *accident* di dunia penerbangan (FSF, 2024; KNKT, 2023; ICAO, 2022). Salah satu penyebab dominan adalah penurunan kesadaran situasional (*loss of situational awareness*), yang tercatat dalam 85% laporan *incident* (FSF, 2024; Hubud, 2023; KNKT, 2023). Kehilangan kesadaran situasional ini berdampak pada proses pengambilan keputusan (*decision making*) yang keliru karena keterbatasan informasi atau interpretasi yang salah. Faktor ini dapat diperburuk oleh tekanan waktu, kelelahan, dan kompleksitas lingkungan operasional. Dengan demikian, pelatihan yang fokus pada peningkatan kesadaran situasional dan pengambilan keputusan yang tepat sangat penting untuk mengurangi risiko. Selain itu, penggunaan teknologi seperti *flight simulators* dan *virtual reality* dapat menjadi solusi inovatif untuk melatih awak pesawat menghadapi skenario darurat. Upaya ini akan membantu memperkuat kesiapan awak dalam menghadapi situasi tak terduga selama penerbangan.

Tabel 1. 2 Korban Kecelakaan dari 1988-2023.

Tahun Kejadian	Jumlah Kecelakaan	Korban Meninggal	Korban Luka
1988	7	8	5
1990	12	36	2
1992	11	106	29
1994	20	5	1
1996	18	35	20
1998	2	4	2
2000	11	2	18
2002	25	25	19
2004	19	31	28
2006	36	7	6
2008	24	7	14
2010	20	4	12
2012	31	58	9
2014	31	174	11
2016	45	5	13
2018	44	199	5
2020	26	2	5
2022	24	5	11
2023	28	6	0

Peristiwa kecelakaan pesawat terbang di Indonesia mencakup berbagai kasus dengan karakteristik dan penyebab yang beragam, termasuk sejumlah kejadian signifikan yang terjadi di wilayah Papua. Wilayah ini memiliki kondisi geografis dan cuaca yang menantang, sehingga sering kali menjadi lokasi kecelakaan yang melibatkan berbagai jenis pesawat, baik pesawat komersial, perintis, maupun helikopter (KNKT, 2023; ICAO, 2022). Faktor penyebabnya bervariasi, mulai dari *runway excursion*, kegagalan sistem atau komponen, *controlled flight into terrain* (CFIT), hingga kondisi cuaca ekstrem yang berubah secara tiba-tiba. Untuk memahami pola kejadian tersebut, peneliti menyusun klasifikasi kecelakaan berdasarkan data tahunan dan membedakannya antara kecelakaan penerbangan yang terjadi di Papua dan di wilayah Indonesia lainnya (KNKT, 2023; Hubud, 2023). Pengelompokan ini memudahkan identifikasi faktor dominan penyebab kecelakaan di masing-masing wilayah. Analisis semacam ini penting untuk merumuskan kebijakan pencegahan yang spesifik, terutama bagi daerah dengan risiko operasional tinggi seperti Papua. Dengan pendekatan berbasis data, diharapkan langkah mitigasi keselamatan penerbangan dapat lebih terarah dan efektif.

Tabel 1. 3 Penyebab Peristiwa Kecelakaan Penerbangan di Papua (KNKT,2023)

Tahun	Peristiwa Kecelakaan Penerbangan di Indonesia	Peristiwa Kecelakaan Penerbangan di Papua	Penyebab Terjadinya Kecelakaan Penerbangan
2023	28	4	- runway excursion
2022	24	5	- abnormal runway contact - runway excursion - ground handling - fuel-related - controlled flight into terrain.
2021	20	4	- runway excursion - abnormal runway contact - controlled flight into terrain
2020	26	5	- runway excursion - loss of control in-flight - undershoot/overshoot.
2019	30	2	- runway excursion - system/component failure or malfunction.
2018	44	6	- runway excursion - controlled flight into terrain - system/component failure or malfunction
2017	37	3	- abnormal runway contact - runway excursion - controlled flight into terrain.
2016	45	12	- runway excursion - system abnormal runway contact - abnormal runway contact - loss of control-inflight - undershoot/overshoot - controlled flight into terrain.
2015	29	3	- runway excursion - system abnormal runway contact - abnormal runway contact
2014	31	9	- runway excursion - system/component failure or malfunction - abnormal runway contact
2013	34	9	- runway excursion - fir/smoke - ground collision.

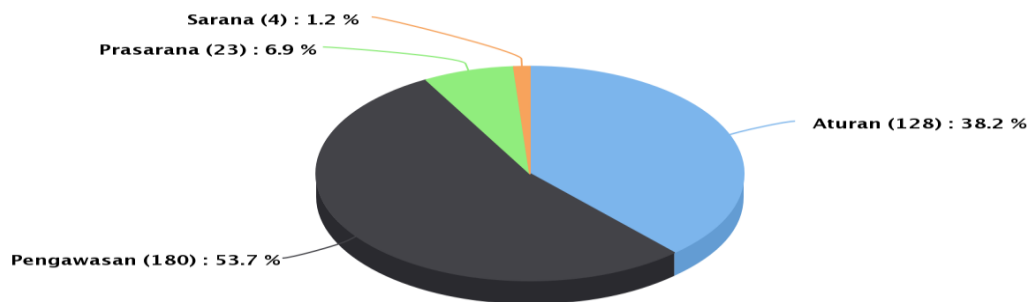


Gambar 1. 1 Peristiwa Kecelakaan Penerbangan (KNKT, 2023)

Berdasarkan tabel yang disajikan, terlihat bahwa penyebab utama kecelakaan penerbangan di Papua adalah *runway excursion* dan *controlled flight into terrain* (CFIT). Menurut International Civil Aviation Organization (ICAO, 2022), *runway excursion* merupakan insiden atau kecelakaan yang melibatkan satu pesawat saja, di mana pesawat keluar dari landasan pacu secara tidak semestinya. Kejadian ini dapat terjadi pada dua situasi, yaitu saat lepas landas (*take off*) maupun saat mendarat (*landing*), dengan bentuk penyimpangan berupa melampaui ujung landasan pacu (*overrun*) atau keluar ke sisi kiri maupun kanan landasan pacu (*veer off*). Kondisi ini sering kali dipicu oleh kombinasi faktor cuaca buruk, kesalahan penerbang, kondisi teknis pesawat, atau kualitas permukaan landasan pacu yang kurang optimal (ICAO, 2022; KNKT, 2023). Mengingat dampaknya yang signifikan terhadap keselamatan penerbangan, *runway excursion* menjadi fokus utama program mitigasi risiko di wilayah dengan tantangan geografis tinggi seperti Papua.

Kategori Rekomendasi Kecelakaan Penerbangan

Periode Tahun 1988 s.d 2023



Source : knkt.go.id

Gambar 1. 2 Kategori Rekomendasi Kecelakaan Penerbangan (KNKT, 2023)

Berbagai kecelakaan pesawat terbang yang diinvestigasi oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) menghasilkan sejumlah rekomendasi yang mencakup aspek sarana, prasarana, kepatuhan, dan pengawasan. Dari total rekomendasi tersebut, 1,2% diarahkan pada perbaikan sarana, 6,9% pada perbaikan prasarana, 38,2% pada peningkatan ketaatan terhadap aturan penerbangan yang berlaku, dan 53,7% pada pengawasan baik oleh operator maupun regulator, dalam hal ini Direktorat Kelaikan Pengoperasian Pesawat Udara (DKPPU) Kementerian Perhubungan. Data Direktorat Kepolisian Udara menunjukkan bahwa sepanjang tahun 2004 hingga 2023, terjadi 15 kejadian dan insiden yang melibatkan helikopter maupun pesawat terbang Polri. Setengah dari kejadian tersebut disebabkan oleh kesalahan manusia, 30% oleh kesalahan teknis, dan 20% oleh faktor lain seperti cuaca serta kondisi area penerbangan. Beberapa peristiwa yang terjadi di Papua meliputi kecelakaan pesawat Casa-212 di Sarmi pada tahun 2005, M-28 Skytruck di Puncak Jaya pada tahun 2009, dan M-28 Skytruck di Nabire pada tahun 2010. Hasil investigasi mengungkap bahwa kecelakaan tersebut banyak dipengaruhi oleh cuaca buruk dan kondisi medan pegunungan yang sulit dikuasai, sehingga penerbang salah dalam mengambil keputusan. Faktor kesalahan manusia ini juga diperburuk oleh kurangnya pelatihan wajib dan berkesinambungan, seperti pelatihan terbang dalam cuaca buruk, pelatihan familiarisasi area, dan keterampilan mengendalikan pesawat pada kondisi abnormal maupun darurat.

Kecelakaan helikopter Polri juga tercatat pada 27 November 2022, ketika helikopter jenis NBO-105 registrasi P-1103 jatuh di perairan Manggar, Belitung

Timur, menewaskan empat awaknya. Investigasi menyimpulkan bahwa cuaca berpotensi menjadi faktor utama, dengan perbedaan signifikan antara prakiraan hujan ringan dan kondisi aktual badai petir di lapangan. Direktorat Kepolisian Udara merekomendasikan pelatihan berkala tentang pemahaman cuaca berbahaya, disertai penyegaran keterampilan awak melalui program terjadwal. Selanjutnya, pada 19 Februari 2023, helikopter Bell 412/P-3001 jatuh di Kerinci, Jambi, setelah penerbang dan kopenerbang memasuki awan gelap, mengalami kepanikan, dan terjadi miskomunikasi yang menyebabkan kapten penerbang salah mengambil keputusan hingga menabrak bukit. Kondisi geografis pegunungan Kerinci dengan cuaca cepat berubah menjadi faktor penyebab utama. Atas kejadian tersebut, Direktorat Kepolisian Udara merekomendasikan *mandatory training* seperti *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT) dan pemanfaatan maksimal simulator untuk pelatihan menghadapi cuaca buruk.

Kasus lain terjadi pada 8 Juni 2022, ketika helikopter Bell 412 registrasi PK-DAR jatuh di radial 088 dari Timika, Papua, setelah cuaca berubah secara mendadak saat terbang dari Jila menuju Timika. Kecelakaan ini menewaskan satu awak dan melukai dua lainnya, dan hingga kini laporan final KNKT belum diterbitkan. Pada 20 Februari 2024, helikopter Bell 429 registrasi PK-WSW jatuh di Halmahera Tengah, menewaskan tiga orang, termasuk penerbang Polri yang sedang mengikuti program peningkatan kemampuan. Dugaan awal mengarah pada kombinasi cuaca buruk dan topografi pegunungan. Kecelakaan lainnya yang melibatkan helikopter jenis Bell 412 juga terjadi pada tanggal 10 September 2025 yang menewaskan empat orang. Informasi yang didapatkan dari Kompas pada tanggal 11 September 2025, menyebutkan bahwa helikopter tersebut jatuh di daerah Papua Tengah, dalam perjalanan dari Ilaga menuju ke Timika. Helikopter ditemukan hancur dan terbakar pada ketinggian sekitar 11.000 *feet* dengan kemiringan 70-80 derajat. Berbagai rangkaian kecelakaan tersebut diatas menunjukkan bahwa penerbangan di Papua dan wilayah terpencil lain yang memiliki topografi kompleks serta cuaca ekstrem memerlukan pelatihan dan mitigasi risiko yang berbeda dibandingkan daerah lain. Oleh sebab itu, peningkatan keterampilan penerbang helikopter Polri melalui pelatihan intensif menjadi kebutuhan yang tidak dapat ditunda.

Peningkatan kemampuan dan keterampilan penerbang Polri dapat dilaksanakan melalui program pelatihan di Lembaga Pendidikan dan Pelatihan Polri, khususnya Bagian Peningkatan Profesi (Bagkatprof), dengan fokus pada penugasan di Papua. Pendidikan Pengembangan Spesialis (Dikbangspes) dapat menjadi sarana untuk membekali penerbang dengan pengetahuan penerbangan, kondisi geografis, topografis, serta dinamika cuaca yang sering berubah. Selain teori, pelatihan praktis seperti *line training* untuk penerbang baru dan *recurrent* serta *proficiency training* untuk penerbang berpengalaman sangat penting. Penelitian terkini menunjukkan bahwa teknologi *Virtual Reality* (VR) efektif untuk pelatihan di berbagai profesi berisiko tinggi, termasuk penerbangan, karena mampu memberikan simulasi realistis medan dan cuaca yang akan dihadapi. VR telah terbukti meningkatkan efisiensi pelatihan di bidang pemadam kebakaran, kedokteran, dan penerbangan, serta dapat diimplementasikan secara berkelanjutan untuk meningkatkan keselamatan penerbangan di wilayah dengan risiko tinggi seperti Papua. Dengan latar belakang tersebut, peneliti memandang penting untuk melakukan penelitian dengan judul Evaluasi Dampak Penggunaan *Virtual Reality* Pada Pendidikan Dan Latihan Penerbang Helikopter Polri.

1.2. Pembatasan Penelitian

Penelitian ini secara khusus dibatasi pada penggunaan teknologi *Virtual Reality* (VR) dalam simulator helikopter yang digunakan oleh penerbang Polri di Direktorat Kepolisian Udara Korpolairud Baharkam Polri. Fokus pembatasan lokasi penelitian dipusatkan pada fasilitas simulator yang berlokasi di Jalan Cirende Raya, Tangerang Selatan, dan Bandara Pondok Cabe, sebagai pusat pendidikan dan latihan bagi penerbang helikopter Polri. Pendekatan ini dilakukan untuk memastikan keterkendalian variabel lokasi sehingga pengaruh lingkungan eksternal dapat diminimalisasi (Creswell, 2014; Sugiyono, 2021; Yin, 2018). Dengan membatasi lokasi pada lembaga resmi Polri, penelitian dapat menggali implementasi VR dalam konteks yang sesuai dengan regulasi dan kebutuhan operasional. Pembatasan ini juga bertujuan menjaga konsistensi data yang diperoleh dari lingkungan yang memiliki standar pelatihan, prosedur operasi, dan perangkat teknologi seragam. Selain itu, pendekatan ini memungkinkan peneliti

melakukan observasi langsung terhadap proses pelatihan yang berlangsung, sehingga data yang terkumpul memiliki tingkat validitas internal yang tinggi. Dengan demikian, hasil penelitian akan lebih relevan bagi pengembangan program pelatihan yang berbasis teknologi VR di institusi serupa.

Subjek penelitian dibatasi hanya pada penerbang helikopter Polri yang bertugas di wilayah Papua, dengan pertimbangan karakteristik medan dan cuaca yang memiliki risiko tinggi terhadap keselamatan penerbangan. Wilayah Papua dipilih karena kompleksitas geografisnya, termasuk pegunungan tinggi, lembah sempit, serta cuaca yang cepat berubah, yang menuntut keterampilan navigasi dan pengambilan keputusan yang sangat tinggi (ICAO, 2020; Helmreich & Merritt, 2001; Reason, 2016). Dengan membatasi subjek pada penerbang yang bertugas di wilayah ini, penelitian dapat mengukur efektivitas VR dalam menghadapi skenario penerbangan berisiko tinggi yang merepresentasikan tantangan sebenarnya. Pembatasan ini juga menghindari bias yang mungkin timbul jika mencampurkan data dari wilayah dengan karakteristik operasi yang berbeda. Penerbang yang menjadi subjek adalah mereka yang sedang atau pernah menjalani penugasan di Papua dalam periode penelitian, sehingga hasilnya dapat langsung dikaitkan dengan peningkatan kesiapan operasional di lapangan. Hal ini juga memastikan bahwa pelatihan yang diteliti relevan terhadap kebutuhan spesifik operasi kepolisian udara di daerah tersebut. Dengan fokus yang jelas, penelitian ini dapat memberikan rekomendasi yang tepat sasaran bagi Direktorat Kepolisian Udara.

Pembatasan waktu dalam penelitian ini dilakukan pada dua tahap utama, yaitu tahap observasi awal dan tahap pengambilan data. Observasi awal dilakukan pada periode Juni 2024 hingga Oktober 2024, dengan tujuan memahami pola pembelajaran siswa penerbang, metode pelatihan yang berlaku, serta integrasi VR dalam kurikulum (Fraenkel & Wallen, 2018; Miles, Huberman, & Saldaña, 2014; Patton, 2015). Selanjutnya, tahap pengambilan data dilaksanakan pada periode Februari 2025 hingga Juli 2025, dengan fokus pada evaluasi efektivitas pelatihan VR terhadap keterampilan penerbang. Pembatasan waktu ini penting untuk memastikan penelitian berlangsung dalam rentang yang memungkinkan peneliti mengamati proses pembelajaran secara utuh, termasuk tahapan awal adaptasi hingga penguasaan keterampilan. Dengan rentang waktu yang jelas, data yang

diperoleh dapat dikategorikan berdasarkan fase pelatihan, sehingga memudahkan analisis longitudinal atau fenomena perubahan individu dalam kurun waktu tertentu. Selain itu, pembatasan ini menghindarkan penelitian dari perbedaan metode atau kebijakan pelatihan yang mungkin berubah di luar periode tersebut. Dengan demikian, hasil penelitian dapat merefleksikan situasi aktual pada periode yang telah ditentukan.

Fokus penelitian dibatasi pada evaluasi penggunaan VR dalam meningkatkan keterampilan teknis dan non-teknis penerbang helikopter Polri, dengan indikator utama berupa peningkatan keselamatan penerbangan. Indikator keselamatan diukur berdasarkan *outcome* dari penugasan operasional, termasuk pengurangan insiden dan kesalahan prosedural yang teridentifikasi (Flin et al., 2008; Salas, Tannenbaum, Kraiger, & Smith-Jentsch, 2012; Endsley, 2018). Pembatasan ini menghindarkan penelitian dari pembahasan aspek lain di luar tujuan, seperti evaluasi administratif, manajemen organisasi, atau kebijakan anggaran. Dengan menitikberatkan pada keterampilan yang relevan terhadap pengoperasian helikopter di medan kompleks, penelitian ini dapat mengukur hubungan langsung antara pelatihan VR dan performa operasional. Selain itu, fokus ini membantu memisahkan pengaruh VR dari faktor pelatihan konvensional, sehingga analisis lebih akurat. Hasil penelitian diharapkan dapat memperkuat argumentasi penggunaan VR sebagai pelengkap metode pelatihan tradisional. Dengan demikian, pembatasan fokus ini memberikan kejelasan arah penelitian dan memastikan relevansi terhadap kebutuhan operasional Polri.

Pembatasan penelitian ini juga mencakup teknologi yang digunakan, yakni hanya pada simulator helikopter berbasis VR yang telah terintegrasi dengan sistem pelatihan resmi di Bagian Peningkatan Profesi (Bagkatprof) Korpolaairud Baharkam Polri. Pembatasan ini memastikan bahwa penelitian tidak mengevaluasi teknologi lain seperti *augmented reality* (AR) atau simulator konvensional tanpa VR, sehingga analisis dapat difokuskan secara mendalam pada satu jenis teknologi (Bowman & McMahan, 2007; Jerald, 2016; Steuer, 1992). Dengan mengeliminasi variabel teknologi lain, penelitian dapat lebih akurat mengidentifikasi kontribusi VR terhadap penguasaan keterampilan penerbang. Pembatasan ini juga memperjelas konteks temuan agar dapat dibandingkan dengan penelitian serupa di

lingkungan institusi lain yang menggunakan teknologi sejenis. Dengan fokus tunggal pada VR, rekomendasi yang dihasilkan akan lebih spesifik dan aplikatif. Selain itu, pembatasan ini memudahkan replikasi penelitian di masa mendatang oleh pihak lain.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang dan pembatasan penelitian di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pelaksanaan pelatihan penerbang Polri?
2. Faktor-faktor apa saja yang menjadi kendala dalam pelaksanaan penerbangan Polri di daerah Papua?
3. Inovasi apa yang dilakukan dalam Pendidikan dan Latihan Penerbang Polri dalam rangka meningkatkan kesiapan penerbang helikopter Polri?
4. Bagaimana tingkat kesiapan penerbang helikopter Polri dalam penugasan di Papua sebelum dan sesudah pelatihan dengan menggunakan *virtual reality*?
5. Dampak apa yang timbul setelah melakukan pelatihan dengan menggunakan *virtual reality*?
6. Saran dan masukan apa yang dapat diberikan kepada Pimpinan Polri berkaitan dengan penggunaan *virtual reality* pada Pendidikan dan Latihan penerbang Polri?

1.4. Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendeskripsikan pelaksanaan pelatihan penerbang Polri.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang menjadi kendala dalam pelaksanaan penerbangan Polri di daerah Papua.
3. Mengkaji inovasi yang dilakukan dalam Pendidikan dan Latihan Penerbang Polri untuk meningkatkan kesiapan penerbang helikopter Polri.
4. Menganalisis tingkat kesiapan penerbang helikopter Polri dalam penugasan di Papua sebelum dan sesudah pelatihan dengan menggunakan *virtual reality*.
5. Mengevaluasi dampak pelatihan dengan menggunakan *virtual reality* terhadap kinerja dan kesiapan operasional penerbang helikopter Polri.

6. Memberikan saran dan rekomendasi kepada Pimpinan Polri terkait implementasi *virtual reality* pada Pendidikan dan Latihan penerbang Polri.

1.5. State of The Art

Perkembangan teknologi *virtual reality* (VR) telah memberikan dampak signifikan dalam dunia penerbangan, khususnya pada pengembangan simulator terbang yang berperan penting untuk melatih keterampilan teknis dan meningkatkan keselamatan penerbangan. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa simulator berbasis VR mampu memberikan pengalaman belajar yang mendekati kondisi nyata, sehingga penerbang dapat berlatih menghadapi berbagai skenario darurat tanpa risiko langsung terhadap keselamatan (Abich et al., 2021; Andersen, 2020; Rosyid, 2022). Penerapan VR tidak hanya terbatas pada pelatihan teknis penerbang, tetapi juga telah digunakan untuk memperkuat *situational awareness*, pengambilan keputusan cepat, serta manajemen risiko di kokpit. Keunggulan teknologi ini terletak pada kemampuannya menciptakan lingkungan simulasi yang interaktif, fleksibel, dan hemat biaya dibandingkan dengan pelatihan konvensional berbasis pesawat nyata (Howard & Gutworth, 2020; Bellalouna, 2021; Simanjuntak, 2011). Secara global, VR telah menjadi bagian integral dalam kurikulum pelatihan penerbang militer dan sipil di banyak negara, dengan hasil yang konsisten menunjukkan peningkatan kompetensi dan kepercayaan diri peserta pelatihan. Oleh karena itu, VR memiliki potensi besar sebagai solusi strategis dalam memperkuat kesiapan operasional penerbang helikopter di lingkungan Polri.

Penggunaan VR dalam pelatihan penerbang sudah ada dalam literatur penerbangan, misalnya, *Extended Reality* (XR) sebagai pelengkap pelatihan penerbangan tradisional telah dibahas dalam tinjauan literatur. Selain itu juga ada penelitian tentang pelatihan simulasi VR kolaboratif untuk *First Officer* maskapai. Namun, sebagian besar fokusnya adalah penerbangan komersial atau simulasi secara umum (*fixed-wing*), bukan khusus helikopter. Maka, mengkhususkan pada pelatihan penerbang helikopter muncul sebagai elemen baru (sebagai inovasi yang spesifik) dan terus berkembang. Nilai tambah dengan memanfaatkan VR khusus untuk skenario helikopter (dengan dinamika dan kontrol berbeda dibanding pesawat

fixed-wing) dapat mengungkap tantangan unik, misalnya manuver *hover*, kontrol *yaw* tak langsung, atau simulasi turbulensi rotor.

Meskipun secara internasional pemanfaatan VR dalam pelatihan penerbangan telah terbukti efektif, kondisi di Indonesia menunjukkan adanya kesenjangan adopsi teknologi ini. Berdasarkan observasi di berbagai sekolah penerbang swasta maupun negeri, serta di operator penerbangan nasional, simulator berbasis VR masih belum digunakan sebagai alat bantu pelatihan dan umumnya hanya mengandalkan *fixed base simulator* atau *full flight simulator* konvensional (Rosyid, 2022; Howard & Gutworth, 2020; Abich et al., 2021). Wawancara dengan beberapa Direktur Sekolah Penerbang Kementerian Perhubungan menyatakan bahwa VR masih belum digunakan dalam pelatihan penerbang meskipun didalam aturan sudah diberikan kesempatan dalam penggunaan VR. Hal ini dibenarkan oleh Kasubdit Operasi Pesawat Udara, yang menyatakan bahwa penggunaan VR dalam pelatihan penerbang merupakan terobosan inovatif yang dilakukan oleh Polri dan dapat disosialisasikan ke pihak sekolah-sekolah penerbang. Kelebihan VR yaitu dapat diimplementasikan dengan biaya yang relatif lebih rendah dan fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan simulator konvensional yang membutuhkan infrastruktur besar. Minimnya pemanfaatan VR dalam konteks nasional disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kurangnya pemahaman terhadap potensi teknologi ini, keterbatasan fasilitas, serta belum adanya kebijakan strategis yang mendorong adopsi secara masif di sektor penerbangan Indonesia (Simanjuntak, 2011; Bellalouna, 2021; Andersen, 2020). Hal ini memberikan peluang kebaruan bagi penelitian ini untuk memperkenalkan dan mengintegrasikan VR dalam pelatihan penerbang helikopter Polri, sehingga dapat menjadi model implementasi yang juga dapat direplikasi di sekolah penerbangan di Indonesia, terutama dalam kasus Papua.

Topografi Papua yang didominasi oleh pegunungan tinggi, lembah curam, serta hutan lebat menghadirkan tantangan unik bagi operasi penerbangan helikopter Polri. Kondisi ini memerlukan keterampilan dan kesiapan khusus dari para penerbang, terutama dalam menghadapi risiko *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT) dan tantangan penerbangan di daerah pegunungan (Abich et al., 2021; Andersen, 2020; Rosyid, 2022). Dalam konteks ini, penerapan *Virtual Reality* (VR) menjadi relevan karena dapat mensimulasikan kondisi geografis Papua secara

realistik, termasuk jalur sempit di antara pegunungan dan medan curam yang berbahaya (Howard & Gutworth, 2020). Selain itu, dinamika cuaca Papua yang cepat berubah, mulai dari hujan deras mendadak, kabut tebal, hingga angin kencang, dapat ditiru melalui simulasi VR sehingga penerbang terbiasa menghadapi ketidakpastian yang ekstrem (Wong et al., 2023). Dengan demikian, VR tidak hanya melatih keterampilan teknis, tetapi juga menyiapkan penerbang untuk beradaptasi dengan risiko geografis dan cuaca yang sulit diprediksi. Hal ini semakin penting karena operasi penerbangan di Papua sering kali berkaitan dengan misi evakuasi darurat dan patroli di daerah terpencil yang penuh tantangan. Oleh karena itu, simulasi berbasis VR yang memasukkan aspek topografi dan cuaca Papua menjadi krusial untuk meningkatkan kompetensi penerbang helikopter Polri secara kontekstual.

Tantangan geografis dan cuaca, penting pula untuk menguraikan keterampilan inti yang harus dimiliki oleh penerbang Polri di Papua. Penerbang dituntut untuk memiliki kemampuan navigasi di medan ekstrem, keterampilan pengambilan keputusan cepat, serta manajemen risiko yang efektif di udara. Hal ini sejalan dengan pentingnya *situational awareness*, yaitu kemampuan memahami kondisi sekitar secara menyeluruh untuk mengantisipasi bahaya sebelum terjadi (Endsley, 1995; Bellalouna, 2021). Melalui VR, keterampilan ini dapat dikembangkan tanpa risiko nyata karena simulasi menghadirkan skenario kritis secara interaktif. Lebih jauh lagi, VR memungkinkan penerbang melatih *adaptability* dan *agility* dalam menghadapi ketidakpastian operasional di Papua, sehingga mereka mampu beralih strategi dengan cepat saat kondisi berubah drastis (Andersen, 2020; Simanjuntak, 2011). Kompetensi ini tidak hanya meningkatkan kesiapan teknis, tetapi juga kesiapan mental penerbang untuk menghadapi tekanan tinggi dalam situasi kritis. Dengan demikian, VR berfungsi sebagai sarana pelatihan yang komprehensif, mengintegrasikan aspek keterampilan teknis, kesadaran situasional, hingga kemampuan adaptasi yang esensial untuk operasi penerbangan di Papua.

Belum banyak penelitian di Indonesia yang secara khusus mengkaji pemanfaatan VR untuk familiarisasi area terbang dan simulasi cuaca ekstrem yang relevan dengan konteks Papua. Dengan memanfaatkan VR, penerbang dapat

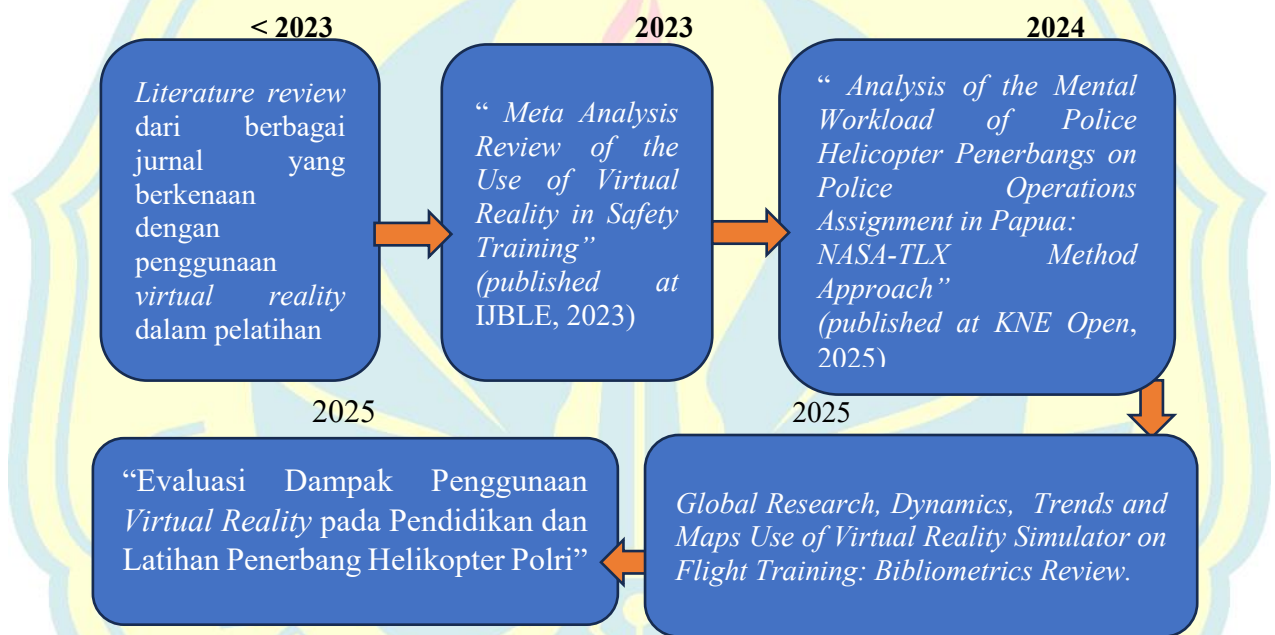
berlatih dalam skenario yang mendekati kenyataan, seperti terbang dalam kondisi awan tebal, turbulensi, atau badai, tanpa harus menghadapi risiko nyata. Penelitian ini diharapkan tidak hanya meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional di lingkungan Polri, tetapi juga memberikan kontribusi strategis dalam pengembangan kebijakan pelatihan berbasis teknologi mutakhir di sektor penerbangan nasional (Howard & Gutworth, 2020; Bellalouna, 2021; Simanjuntak, 2011).

Kebaruan lainnya adalah penelitian evaluasi yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan dua model yaitu CIPP (*Context-Input-Process-Product*) dengan *Realist Evaluation*. CIPP merupakan model evaluasi komprehensif yang dikembangkan oleh Stufflebeam sejak 1960-an, umumnya digunakan untuk evaluasi program pendidikan dan pelaksanaan (Stufflebeam, 2002). Sedangkan *Realist Evaluation* menggunakan pendekatan *theory-driven*, fokus pada konfigurasi *Context-Mechanism-Outcome* (CMO); digunakan untuk memahami "apa yang bekerja, bagi siapa, dalam situasi apa, dan mengapa" (Pawson, R., & Tilley, N., 1997) dan dalam kondisi apa suatu program berhasil atau tidak dengan mempertimbangkan mekanisme dan konteks yang kompleks. Kombinasi ini belum umum dalam evaluasi teknologi pelatihan VR untuk penerbangan/helikopter. Sehingga penerapan pendekatan ganda (blended) di disiplin baru ini merupakan kontribusi metodologis yang cukup inovatif. Kombinasi ini memungkinkan evaluasi yang lebih mendalam dan kontekstual, yang melampaui evaluasi dampak sederhana dan memberikan wawasan yang lebih kaya tentang bagaimana VR berkontribusi pada pendidikan penerbang helikopter.

Dari perspektif kepentingan nasional, penelitian ini memiliki potensi kebaruan yang signifikan, yaitu menghasilkan model pelatihan berbasis VR yang dapat diadaptasi secara luas di berbagai institusi penerbangan Indonesia, baik militer maupun sipil. Model ini tidak hanya memperkuat kesiapan operasional penerbang Polri, tetapi juga dapat mengurangi ketergantungan pada pelatihan konvensional yang membutuhkan biaya besar dan sumber daya terbatas (Rosyid, 2022; Andersen, 2020; Abich et al., 2021). Selain itu, dengan memanfaatkan VR, Indonesia dapat mempercepat transformasi digital di sektor penerbangan dan memperkuat daya saing nasional dalam industri pelatihan berbasis teknologi. Implementasi model ini juga sejalan dengan strategi nasional dalam meningkatkan

keselamatan transportasi udara serta mendukung visi pembangunan sumber daya manusia unggul yang adaptif terhadap perkembangan teknologi global (Howard & Gutworth, 2020; Bellalouna, 2021; Simanjuntak, 2011). Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada penguatan sistem pelatihan penerbangan yang efektif, efisien, dan berkelanjutan, yang pada akhirnya akan meningkatkan keselamatan penerbangan di seluruh wilayah Indonesia.

1.6. Road Map Penelitian



Gambar 1. 3 Road Map Penelitian

Sebelum memasuki tahun 2023, peneliti melakukan *literature review* secara komprehensif terhadap berbagai jurnal nasional dan internasional yang membahas penggunaan *virtual reality* (VR) dalam pelatihan untuk meningkatkan keselamatan penerbangan. *Literature review* ini berfokus pada bagaimana VR telah digunakan dalam berbagai disiplin ilmu, terutama pada sektor penerbangan, untuk mensimulasikan kondisi darurat dan lingkungan operasional yang kompleks (Abich et al., 2021; Andersen, 2020; Rosyid, 2022). Kajian tersebut mengidentifikasi keunggulan VR seperti kemampuannya menciptakan lingkungan pelatihan interaktif, fleksibilitas waktu, serta efisiensi biaya dibandingkan metode pelatihan konvensional (Howard & Gutworth, 2020; Bellalouna, 2021; Simanjuntak, 2011). Analisis literatur ini juga menyoroti tren global bahwa VR telah menjadi bagian

integral dalam kurikulum pelatihan penerbang, baik di sektor sipil maupun militer. Peneliti mengamati bahwa adopsi VR secara internasional didorong oleh kebutuhan untuk meningkatkan *situational awareness*, kecepatan pengambilan keputusan, dan kesiapan menghadapi kondisi berisiko tinggi. Dari temuan ini, peneliti menyimpulkan bahwa peluang penerapan VR di Indonesia sangat besar, terutama pada lingkungan Polri. Hasil kajian awal ini menjadi pijakan metodologis untuk penelitian lanjutan yang lebih empiris pada tahun-tahun berikutnya.

Pada tahun 2023, peneliti bersama tim melaksanakan penelitian yang secara khusus mengkaji hubungan antara penggunaan VR dan peningkatan keselamatan penerbangan dengan metode *meta-analysis*. Pengumpulan data dilakukan berdasarkan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), yang mencakup tahapan *identification*, *screening*, *eligibility*, hingga *inclusion* (Moher et al., 2009; Cooper, 2016; Snyder, 2019). Dari proses tersebut, diperoleh 10 artikel yang memenuhi kriteria kelayakan untuk dianalisis menggunakan perangkat lunak Jamovi. Analisis menunjukkan bahwa pelatihan dengan VR secara konsisten memberikan dampak positif terhadap peningkatan keselamatan penerbangan, baik pada aspek keterampilan teknis maupun pengambilan keputusan. Hasil ini memperkuat bukti empiris bahwa VR dapat menjadi solusi efektif untuk mengurangi risiko kecelakaan udara, khususnya melalui pelatihan skenario darurat yang realistis (Abich et al., 2021; Andersen, 2020; Howard & Gutworth, 2020). Penelitian ini menjadi tonggak awal pembuktian ilmiah tentang efektivitas VR dalam konteks keselamatan penerbangan.

Pada tahun 2024, penelitian difokuskan pada pengukuran *mental workload* penerbang helikopter Polri yang bertugas di Papua, khususnya mereka yang memiliki *rating* Bell 412. Penelitian ini dilakukan di bawah bimbingan Promotor dan Co-Promotor dengan menggunakan metode *NASA Task Load Index* (NASA-TLX) yang dikembangkan oleh Hart & Staveland (1988) untuk mengukur beban kerja mental pada penerbang, termasuk penerbang militer (Gawron, 2019; Young et al., 2015). Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi aspek kognitif, fisik, dan emosional yang mempengaruhi kinerja penerbang dalam kondisi operasional nyata di wilayah yang memiliki tantangan geografis dan meteorologis signifikan seperti Papua. Hasil awal menunjukkan bahwa beban kerja mental yang

tinggi dapat berdampak pada pengambilan keputusan dan keselamatan penerbangan. Temuan ini menegaskan pentingnya pengembangan program pelatihan yang tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis, tetapi juga mengoptimalkan kesiapan mental penerbang (Abich et al., 2021; Andersen, 2020; Bellalouna, 2021). Penelitian ini juga memberikan gambaran dasar untuk pengembangan modul pelatihan berbasis VR yang mempertimbangkan faktor beban kerja mental.

Pada tahun 2025, peneliti kembali melaksanakan penelitian yang bersifat global dengan menganalisis seluruh jurnal terindeks Scopus pada rentang waktu 2015–2025 yang berkaitan dengan penggunaan simulator VR dalam pelatihan penerbang. Pendekatan yang digunakan adalah analisis bibliometrik yang memungkinkan pemetaan tren penelitian, penulis kunci, dan topik-topik yang sedang berkembang (Donthu et al., 2021; Aria & Cuccurullo, 2017; Zupic & Čater, 2015). Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesenjangan penelitian (*research gap*) dan potensi kebaruan yang dapat diimplementasikan di Indonesia. Hasil bibliometrik mengungkap bahwa meskipun VR telah digunakan secara luas di banyak negara untuk berbagai jenis pelatihan penerbang, topik yang membahas integrasi VR pada penerbangan helikopter di wilayah dengan kondisi geografis ekstrem masih sangat terbatas. Informasi ini menjadi dasar strategis untuk memperkuat kebaruan penelitian, khususnya pada konteks penerbangan Polri di Papua. Selain itu, hasil ini mendukung perumusan kebijakan implementasi VR secara lebih terstruktur dalam pendidikan penerbangan nasional (Howard & Gutworth, 2020; Bellalouna, 2021; Simanjuntak, 2011).

Pada periode Agustus 2024 hingga Juli 2025, peneliti melaksanakan penelitian lapangan yang fokus pada penggunaan VR dalam Pendidikan dan Latihan penerbang helikopter Bell 412 Polri yang bertugas di Papua. Tujuan utama penelitian ini adalah mengantisipasi kecelakaan penerbangan akibat perubahan cuaca ekstrem, sebuah faktor risiko yang sangat relevan di Papua (Abich et al., 2021; Andersen, 2020; Rosyid, 2022). Penelitian menggunakan metode *mixed method*, dengan evaluasi kuantitatif dilakukan melalui *quasi-experiment* pada fase pelatihan penerbang menggunakan simulator VR. Data kualitatif diperoleh melalui wawancara mendalam untuk memahami persepsi dan pengalaman penerbang

selama pelatihan. Pendekatan ini memungkinkan triangulasi data sehingga hasil yang diperoleh lebih valid dan reliabel (Creswell & Plano Clark, 2018; Johnson & Onwuegbuzie, 2004; Tashakkori & Teddlie, 2010). Evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan VR meningkatkan kesiapan teknis dan mental penerbang, sekaligus memberikan masukan strategis untuk pengembangan kurikulum pelatihan berbasis teknologi di Polri.

