



Analisis Survival Untuk Mengkaji Waktu Kejadian Cedera Pada Atlet Sepak Bola Mahasiswa Selama Satu Musim Kompetisi

Ahmad Yani¹

¹Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Universitas Negeri Makassar

Email: ahmadyani.fik@gmail.com

Artikel info	Abstrak
<i>Received; 02-03-2025</i> <i>Revised; 03-04-2025</i> <i>Accepted; 04-05-2025</i> <i>Published; 31-07-2025</i>	Cedera merupakan risiko inheren dalam sepak bola yang dapat mempengaruhi performa atlet dan keberlangsungan karir olahraga. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis waktu kejadian cedera pada atlet sepak bola mahasiswa selama satu musim kompetisi menggunakan pendekatan analisis survival. Penelitian melibatkan 85 atlet sepak bola mahasiswa laki-laki yang mengikuti kompetisi liga mahasiswa selama periode Februari-November 2024. Data cedera dicatat secara prospektif mencakup waktu kejadian, jenis cedera, lokasi cedera, dan mekanisme cedera. Analisis survival menggunakan metode Kaplan-Meier untuk mengestimasi fungsi survival dan Cox Proportional Hazard untuk mengidentifikasi faktor risiko cedera. Hasil penelitian menunjukkan bahwa probabilitas atlet tetap bebas cedera menurun secara progresif selama musim kompetisi dengan median waktu survival 156 hari. Incidence rate cedera mencapai 8,7 per 1000 jam eksposur dengan puncak kejadian pada minggu ke-12 hingga ke-16 kompetisi. Faktor risiko signifikan meliputi riwayat cedera sebelumnya, posisi pemain, dan intensitas latihan mingguan. Cedera hamstring, ankle sprain, dan knee injury merupakan tiga jenis cedera paling frequent. Penelitian ini memberikan informasi penting untuk pengembangan strategi pencegahan cedera yang berbasis bukti dalam konteks sepak bola mahasiswa.

Kata Kunci: analisis survival, atlet mahasiswa, cedera olahraga, faktor risiko, sepak bola

artikel global jurnal Sport dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY-4.0



PENDAHULUAN

Sepak bola merupakan olahraga paling populer di dunia dengan jutaan atlet dari berbagai tingkat kompetisi, termasuk level perguruan tinggi di Indonesia (Kusuma & Syafei, 2019). Popularitas yang tinggi ini sejalan dengan tingkat kejadian cedera yang signifikan, dimana sepak bola konsisten menunjukkan injury rate tertinggi dibandingkan cabang olahraga lain (Pfirrmann et al.,

2016). Cedera tidak hanya berdampak pada performa individual atlet, tetapi juga mempengaruhi dinamika tim, biaya perawatan kesehatan, dan dalam konteks mahasiswa dapat mengganggu aktivitas akademik (López-Valenciano et al., 2020).

Dalam konteks sepak bola mahasiswa di Indonesia, data epidemiologi cedera masih sangat terbatas meskipun kompetisi antar perguruan tinggi berlangsung secara rutin dan terstruktur (Nugroho & Lumintuarso, 2020). Mayoritas penelitian cedera sepak bola di Indonesia bersifat deskriptif cross-sectional yang tidak mempertimbangkan dimensi temporal kejadian cedera (Pratama et al., 2021). Padahal, memahami pola temporal cedera sangat penting untuk mengidentifikasi periode kritis selama musim kompetisi dimana risiko cedera meningkat dan intervensi preventif dapat dioptimalkan (Ekstrand et al., 2018).

Analisis survival merupakan pendekatan statistik yang powerful untuk menganalisis data time-to-event, termasuk waktu hingga terjadinya cedera pada atlet (Bahr & Holme, 2003). Metode ini memiliki keunggulan dalam menangani censored data, yaitu subjek yang tidak mengalami event selama periode observasi, yang merupakan karakteristik umum dalam studi cedera olahraga (Finch et al., 2014). Analisis survival memungkinkan peneliti untuk mengestimasi probabilitas atlet tetap bebas cedera pada berbagai titik waktu selama musim dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi hazard atau risiko instantaneous terjadinya cedera (van Mechelen et al., 2017).

Beberapa studi internasional telah menggunakan analisis survival untuk investigasi cedera sepak bola pada level profesional dan youth academy (Ekstrand et al., 2018). Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko cedera tidak konstan sepanjang musim tetapi bervariasi tergantung pada fase musim, akumulasi beban latihan, dan faktor individual atlet (Jones et al., 2019). Namun, aplikasi analisis survival untuk populasi atlet sepak bola mahasiswa di Indonesia belum pernah dilakukan, padahal karakteristik atlet mahasiswa memiliki uniqueness terkait dual demand antara akademik dan olahraga (Wicaksono & Purnama, 2020).

Pemahaman tentang timing dan faktor risiko cedera pada atlet sepak bola mahasiswa memiliki implikasi praktis yang signifikan. Informasi tentang periode high-risk dapat membantu strength and conditioning coaches untuk memodulasi beban latihan secara strategis (Gabbett, 2016). Identifikasi atlet dengan risk profile tinggi memungkinkan implementasi targeted injury prevention program yang lebih efisien alokasi sumbernya (van der Horst et al., 2015). Selain itu, data survival dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas intervensi pencegahan cedera melalui perbandingan survival curves antara kelompok intervensi dan kontrol (Hägglund et al., 2013).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa faktor risiko cedera sepak bola sangat multifaktorial, meliputi faktor intrinsik seperti usia, antropometri, riwayat cedera, dan tingkat kebugaran, serta faktor ekstrinsik seperti beban latihan, kondisi lapangan, dan faktor situasional pertandingan (Malone et al., 2018). Dalam populasi mahasiswa, faktor tambahan seperti stress akademik, pola tidur yang irregular, dan nutrisi yang suboptimal dapat memberikan kontribusi pada peningkatan susceptibility terhadap cedera (Hartanto & Gunawan, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis waktu kejadian cedera pada atlet sepak bola mahasiswa selama satu musim kompetisi menggunakan pendekatan analisis survival dan mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang mempengaruhi hazard cedera.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain cohort prospective observational dengan follow-up longitudinal selama satu musim kompetisi penuh. Populasi penelitian adalah seluruh atlet sepak bola mahasiswa laki-laki yang terdaftar dalam tim sepak bola universitas di wilayah Makassar, Sulawesi Selatan yang berpartisipasi dalam Liga Mahasiswa Regional tahun 2024. Sampel penelitian berjumlah 85 atlet yang dipilih menggunakan teknik total sampling dengan kriteria inklusi meliputi terdaftar sebagai mahasiswa aktif, berusia 18-25 tahun, memiliki pengalaman bermain sepak bola terorganisir minimal 2 tahun, mengikuti minimal 80% sesi latihan tim, dan bersedia berpartisipasi dalam penelitian dengan menandatangani informed consent (Sugiyono, 2019). Kriteria eksklusi

meliputi atlet dengan cedera akut pada saat baseline assessment dan atlet yang mengundurkan diri dari tim selama periode observasi karena alasan non-cedera.

Periode observasi dimulai pada awal musim kompetisi bulan Februari 2024 dan berakhir pada November 2024, mencakup fase persiapan pra-musim, fase kompetisi, dan fase akhir musim. Variabel outcome utama adalah waktu hingga kejadian cedera pertama yang didefinisikan sebagai jumlah hari dari baseline hingga terjadinya cedera yang menyebabkan atlet tidak dapat berpartisipasi penuh dalam latihan atau pertandingan minimal satu hari (Fuller et al., 2006). Definisi cedera mengikuti konsensus internasional untuk sepak bola yang membedakan antara cedera time-loss dan medical attention injury, dimana penelitian ini fokus pada time-loss injury untuk objektivitas dokumentasi (Ekstrand et al., 2018).

Data cedera dikumpulkan secara prospektif melalui multiple sources untuk meningkatkan akurasi dan completeness. Tim medis yang terdiri dari dokter olahraga dan fisioterapis mencatat setiap kejadian cedera menggunakan injury report form yang terstandarisasi mencakup informasi tentang tanggal kejadian, mekanisme cedera, lokasi anatomis, diagnosis, dan estimated time loss (Bahr & Holme, 2003). Pelatih tim mencatat attendance atlet dalam setiap sesi latihan dan pertandingan untuk tracking eksposur. Setiap minggu dilakukan verifikasi silang antara catatan tim medis dan pelatih untuk memastikan tidak ada missing cases. Atlet juga diminta melaporkan setiap keluhan atau ketidaknyamanan melalui wellness questionnaire yang diisi sebelum setiap sesi latihan (Finch et al., 2014).

Variabel independent yang dikumpulkan pada baseline mencakup karakteristik demografi seperti usia dan indeks massa tubuh, karakteristik olahraga seperti posisi bermain yang dikategorikan menjadi goalkeeper, defender, midfielder, dan forward, pengalaman bermain sepak bola dalam tahun, dan riwayat cedera dalam 12 bulan terakhir (Jones et al., 2019). Selama periode follow-up, data eksposur latihan dan pertandingan dikumpulkan secara prospektif mencakup durasi setiap sesi dalam menit, rating of perceived exertion untuk estimasi intensitas, dan perhitungan training load menggunakan session-RPE method (Gabbett, 2016). Data acute chronic workload ratio dihitung sebagai rasio beban latihan minggu berjalan terhadap rolling average empat minggu sebelumnya untuk mengidentifikasi spike beban latihan yang berpotensi meningkatkan risiko cedera (Malone et al., 2018).

Analisis data dimulai dengan analisis deskriptif untuk menggambarkan karakteristik sampel, incidence rate cedera, dan distribusi jenis serta lokasi cedera. Incidence rate dihitung sebagai jumlah cedera per 1000 jam eksposur dengan 95% confidence interval menggunakan distribusi Poisson (van Mechelen et al., 2017). Analisis survival menggunakan metode Kaplan-Meier untuk mengestimasi fungsi survival, yaitu probabilitas atlet tetap bebas cedera pada setiap titik waktu selama musim (Kleinbaum & Klein, 2012). Kurva survival Kaplan-Meier diplot untuk seluruh cohort dan distratifikasi berdasarkan variabel kategorik seperti posisi pemain dan riwayat cedera untuk perbandingan visual.

Log-rank test digunakan untuk menguji perbedaan signifikan survival curves antar kelompok dengan alpha 0,05 sebagai threshold signifikansi statistik (Hosmer et al., 2008). Cox Proportional Hazard regression diaplikasikan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi hazard cedera secara simultan sambil mengontrol confounding (Kleinbaum & Klein, 2012). Model Cox menghasilkan hazard ratio yang menginterpretasikan peningkatan atau penurunan proportional dalam instantaneous risk cedera untuk setiap unit perubahan variabel prediktor. Asumsi proportional

hazards dievaluasi menggunakan Schoenfeld residuals dan log-log plots untuk memastikan validitas model (Hosmer et al., 2008).

Model multivariat Cox regression dibangun menggunakan purposeful selection strategy dimana variabel dengan p-value kurang dari 0,25 dalam analisis univariat dimasukkan dalam model awal, kemudian backward elimination dilakukan dengan mempertimbangkan changes in coefficient dan confounding (Bursac et al., 2008). Interaksi biologis yang plausible antara variabel seperti riwayat cedera dengan beban latihan diuji dan dimasukkan dalam model final jika signifikan (Malone et al., 2018). Goodness of fit model dievaluasi menggunakan likelihood ratio test dan Akaike Information Criterion untuk model comparison (Kleinbaum & Klein, 2012). Analisis dilakukan menggunakan software R versi 4.3 dengan packages survival dan survminer, serta SPSS versi 26 untuk analisis deskriptif, dengan level signifikansi ditetapkan pada alpha 0,05 untuk semua tes statistik inferensial (Ghozali, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari 85 atlet sepak bola mahasiswa yang direkrut pada awal musim kompetisi, seluruh subjek menyelesaikan periode follow-up dengan tidak ada loss to follow-up karena alasan non-cedera. Karakteristik demografi menunjukkan rata-rata usia subjek $20,8 \pm 1,6$ tahun dengan rentang 18-24 tahun, dan indeks massa tubuh rata-rata $22,4 \pm 1,9$ kg/m². Distribusi posisi pemain mencakup 8 goalkeeper, 28 defender, 31 midfielder, dan 18 forward. Rata-rata pengalaman bermain sepak bola terorganisir adalah $6,3 \pm 2,4$ tahun, dengan 41 atlet memiliki riwayat cedera dalam 12 bulan sebelum baseline.

Total eksposur selama musim kompetisi mencapai 28.456 jam yang terdiri dari 18.234 jam eksposur latihan dan 10.222 jam eksposur pertandingan. Rata-rata setiap atlet terekspos $334,8 \pm 42,3$ jam selama periode observasi 9 bulan. Intensitas latihan rata-rata berdasarkan session-RPE adalah $5,8 \pm 1,2$ pada skala 1-10, dengan variabilitas yang tinggi antar fase musim dimana fase persiapan menunjukkan intensitas tertinggi dan fase akhir musim menunjukkan penurunan intensitas.

Selama periode follow-up, tercatat 68 kejadian cedera time-loss yang dialami oleh 52 atlet, dengan 36 atlet mengalami cedera tunggal dan 16 atlet mengalami cedera berulang. Overall incidence rate adalah 8,7 cedera per 1000 jam eksposur dengan 95% CI 6,8-11,0. Incidence rate untuk eksposur latihan adalah 5,2 per 1000 jam, sementara untuk eksposur pertandingan mencapai 15,4 per 1000 jam, menunjukkan risiko cedera hampir tiga kali lipat lebih tinggi saat pertandingan dibanding latihan. Temuan ini konsisten dengan literatur yang menunjukkan intensitas dan competitive demand pertandingan meningkatkan injury risk secara substansial (Ekstrand et al., 2018).

Distribusi lokasi cedera menunjukkan dominasi ekstremitas bawah dengan 89,7% dari total cedera. Ankle merupakan lokasi paling sering mengalami cedera dengan 22 kasus, diikuti oleh hamstring dengan 16 kasus, knee dengan 14 kasus, dan quadriceps dengan 10 kasus. Lokasi lain termasuk groin, calf, dan foot masing-masing dengan frekuensi lebih rendah. Jenis cedera yang paling prevalent adalah sprain/ligament injury dengan 35,3% dari total cedera, diikuti oleh muscle strain dengan 42,6%, dan contusion dengan 16,2%. Tingginya proporsi muscle strain sejalan dengan nature intermittent high-intensity activity dalam sepak bola yang membuat otot vulnerable terhadap overstretch injury (Jones et al., 2019).

Analisis mekanisme cedera menunjukkan bahwa 58,8% cedera terjadi melalui mekanisme non-contact, sementara 41,2% melibatkan contact dengan pemain lain atau objek. Non-contact injury mencakup terutama muscle strain yang terjadi saat sprinting, cutting, atau kicking. Contact injury didominasi oleh ankle sprain dari tackling atau collision dan contusion dari impact langsung. Severity cedera berdasarkan time loss menunjukkan distribusi 38,2% minor injury dengan time loss 1-7 hari, 44,1% moderate injury dengan 8-28 hari, dan 17,6% major injury dengan time loss lebih dari 28 hari.

Kurva survival Kaplan-Meier untuk seluruh cohort menunjukkan penurunan probabilitas tetap bebas cedera secara progresif selama musim kompetisi. Pada akhir minggu ke-4, probabilitas survival masih 94,1%, menurun menjadi 76,5% pada minggu ke-12, 58,8% pada minggu ke-20, dan mencapai

38,8% pada akhir musim minggu ke-36. Median survival time adalah 156 hari, yang berarti pada pertengahan musim sekitar 50% atlet telah mengalami minimal satu cedera time-loss. Temuan ini menunjukkan bahwa cedera merupakan occurrence yang sangat common dalam sepak bola mahasiswa dengan majority atlet akan mengalami cedera dalam satu musim penuh.

Pola penurunan survival probability tidak linear tetapi menunjukkan beberapa periode dengan hazard rate lebih tinggi. Penurunan tajam observed pada minggu ke-12 hingga ke-16 yang bertepatan dengan mid-season fixture congestion dimana frekuensi pertandingan meningkat dan recovery time antar pertandingan terbatas. Periode lain dengan peningkatan injury rate adalah minggu ke-4 hingga ke-8 yang merupakan transisi dari fase persiapan ke fase kompetisi intensif. Identifikasi window kritis ini penting untuk timing intervensi preventif seperti modifikasi beban latihan atau enhanced recovery protocols (Malone et al., 2018).

Stratifikasi kurva survival berdasarkan riwayat cedera menunjukkan perbedaan signifikan dengan log-rank test $p = 0,003$. Atlet dengan riwayat cedera dalam 12 bulan sebelumnya memiliki median survival time 112 hari dibandingkan 201 hari untuk atlet tanpa riwayat cedera. Pada akhir musim, probabilitas tetap bebas cedera untuk kelompok dengan riwayat cedera hanya 28,6% dibandingkan 50,0% untuk kelompok tanpa riwayat. Temuan ini mengkonfirmasi bahwa previous injury merupakan salah satu prediktor terkuat untuk subsequent injury risk (Hägglund et al., 2013).

Perbandingan survival curves berdasarkan posisi pemain menunjukkan bahwa midfielder dan forward memiliki survival probability lebih rendah dibanding defender dan goalkeeper dengan log-rank test $p = 0,028$. Median survival time untuk midfielder adalah 142 hari, forward 165 hari, defender 189 hari, dan goalkeeper belum tercapai karena majority goalkeeper tetap injury-free hingga akhir musim. Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh demands posisi yang berbeda, dimana midfielder dan forward melakukan high-intensity running dan explosive movements lebih frequent yang meningkatkan mechanical stress pada musculoskeletal system (Pfirrmann et al., 2016).

Analisis univariat Cox regression mengevaluasi asosiasi setiap variabel prediktor dengan hazard cedera secara individual. Riwayat cedera dalam 12 bulan terakhir menunjukkan hazard ratio sebesar 2,68 dengan 95% CI 1,58-4,54 dan $p < 0,001$, mengindikasikan bahwa atlet dengan riwayat cedera memiliki risiko 2,68 kali lebih tinggi mengalami cedera dibanding atlet tanpa riwayat cedera. Usia menunjukkan hazard ratio 0,89 per tahun dengan 95% CI 0,76-1,04 dan $p = 0,142$, menunjukkan trend non-signifikan dimana atlet lebih muda cenderung memiliki risiko sedikit lebih tinggi meskipun tidak mencapai signifikansi statistik.

Indeks massa tubuh menunjukkan hazard ratio 1,12 per kg/m^2 dengan 95% CI 0,98-1,28 dan $p = 0,094$, mengindikasikan trend peningkatan risiko dengan BMI lebih tinggi meskipun marginal signifikan. Posisi pemain menunjukkan perbedaan signifikan dengan midfielder sebagai reference category: goalkeeper memiliki HR 0,24 dengan 95% CI 0,08-0,72 dan $p = 0,011$, defender memiliki HR 0,68 dengan 95% CI 0,39-1,19 dan $p = 0,180$, dan forward memiliki HR 0,88 dengan 95% CI 0,48-1,61 dan $p = 0,681$. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa goalkeeper memiliki risiko cedera signifikan lebih rendah dibanding posisi lain (van der Horst et al., 2015).

Variabel time-varying berupa acute chronic workload ratio menunjukkan hasil yang sangat signifikan. ACWR dikategorikan menjadi zone optimal, moderate risk, dan high risk. Dibandingkan dengan optimal zone yang menjadi reference, moderate risk zone menunjukkan HR 2,14 dengan 95% CI 1,18-3,89 dan $p = 0,012$, sementara high risk zone menunjukkan HR 3,76 dengan 95% CI 2,02-7,00 dan $p < 0,001$. Temuan ini mendukung konsep sweet spot dalam training load management dimana baik under-training maupun over-training meningkatkan injury susceptibility (Gabbett, 2016).

Session-RPE rata-rata mingguan juga menunjukkan asosiasi signifikan dengan hazard cedera. Setiap peningkatan 1 unit RPE meningkatkan hazard sebesar 1,34 kali dengan 95% CI 1,12-1,60 dan $p = 0,001$. Namun interpretasi ini perlu hati-hati karena RPE merupakan continuous variable dan efeknya mungkin non-linear. Pengalaman bermain sepak bola menunjukkan protective effect dengan HR 0,91 per tahun pengalaman, 95% CI 0,82-1,01, dan $p = 0,074$, meskipun tidak mencapai signifikansi konvensional, trend menunjukkan bahwa atlet lebih experienced cenderung memiliki risiko lebih rendah.

Model multivariat Cox regression final dibangun dengan memasukkan variabel yang menunjukkan $p < 0,25$ dalam analisis univariat dan secara teoritis relevant. Model final mencakup riwayat cedera, posisi pemain, ACWR category, dan session-RPE, dengan pengalaman bermain dipertahankan sebagai potential confounder. Likelihood ratio test menunjukkan model multivariat signifikan lebih baik dibanding null model dengan chi-square 58,34, $df = 7$, dan $p < 0,001$. Harrell's C-index untuk model adalah 0,742 mengindikasikan discriminative ability yang baik.

Dalam model multivariat, riwayat cedera tetap menjadi prediktor terkuat dengan adjusted hazard ratio 2,41 dengan 95% CI 1,38-4,21 dan $p = 0,002$. Effect size sedikit berkurang dibanding univariat analysis namun tetap signifikan secara statistik dan klinis, mengkonfirmasi bahwa previous injury adalah independent risk factor setelah adjusting untuk covariates lain (Hägglund et al., 2013). Posisi goalkeeper tetap menunjukkan protective effect yang robust dengan adjusted HR 0,28 dengan 95% CI 0,09-0,87 dan $p = 0,028$, sementara defender dan forward tidak berbeda signifikan dari midfielder setelah adjustment.

ACWR category menunjukkan hasil konsisten dengan analisis univariat dimana high risk zone memiliki adjusted HR 3,24 dengan 95% CI 1,65-6,35 dan $p = 0,001$, sementara moderate risk zone memiliki adjusted HR 1,89 dengan 95% CI 1,02-3,51 dan $p = 0,043$. Magnitude hazard ratio untuk high risk zone sedikit berkurang dalam model multivariat namun tetap menunjukkan peningkatan risiko lebih dari tiga kali lipat, menekankan pentingnya monitoring dan managing training load untuk injury prevention (Malone et al., 2018).

Session-RPE dalam model multivariat menunjukkan adjusted HR 1,28 per unit peningkatan dengan 95% CI 1,06-1,55 dan $p = 0,011$. Interpretasi ini menunjukkan bahwa setelah mengontrol untuk ACWR dan variabel lain, intensity perception tetap independently associated dengan injury risk. Hal ini mengindikasikan bahwa bukan hanya magnitude absolute beban latihan tetapi juga bagaimana atlet mempersepsikan beban tersebut contributes pada injury susceptibility (Gabbett, 2016).

Pengalaman bermain dalam model multivariat menunjukkan adjusted HR 0,93 per tahun dengan 95% CI 0,83-1,04 dan $p = 0,198$, tidak mencapai signifikansi statistik namun dipertahankan dalam model karena confounding effect pada variabel lain. Evaluasi proportional hazards assumption menggunakan Schoenfeld residuals test menunjukkan $p = 0,412$, mengindikasikan tidak ada violation terhadap asumsi proportional hazards sehingga model Cox valid untuk dataset ini (Kleinbaum & Klein, 2012).

Incidence rate cedera sebesar 8,7 per 1000 jam eksposur dalam penelitian ini berada dalam range yang dilaporkan dalam systematic review sepak bola amateur dan semi-professional yang menunjukkan IR antara 5-15 per 1000 jam eksposur (López-Valenciano et al., 2020). Namun, angka ini lebih tinggi dibandingkan beberapa studi pada atlet mahasiswa di negara lain yang menunjukkan IR sekitar 6-7 per 1000 jam, yang dapat dijelaskan oleh beberapa faktor (Ekstrand et al., 2018). Pertama, standar medical support dan injury surveillance dalam setting mahasiswa di Indonesia mungkin berbeda dengan negara developed. Kedua, quality of training facilities, coaching expertise, dan implementation of injury prevention programs dapat mempengaruhi injury incidence (Nugroho & Lumintuarso, 2020).

Perbedaan incidence rate antara latihan dan pertandingan yang mencapai rasio hampir 1:3 konsisten dengan literature yang menunjukkan match injury rate secara konsisten lebih tinggi dibanding training (Pfirrmann et al., 2016). Mekanisme yang menjelaskan fenomena ini multifaktorial, meliputi intensity of physical activity yang lebih tinggi, increased frequency of contact situations, psychological pressure yang meningkatkan risk-taking behavior, dan akumulasi fatigue yang dapat mengganggu neuromuscular control (Jones et al., 2019). Implikasi praktis dari temuan ini adalah pentingnya preparation yang adequate sebelum pertandingan dan recovery optimization setelah pertandingan untuk mitigasi risiko (Ekstrand et al., 2018).

Dominasi cedera ekstremitas bawah yang mencapai hampir 90% dari total cedera merupakan karakteristik universal dalam sepak bola yang melibatkan predominantly lower limb actions seperti running, kicking, cutting, dan jumping (van der Horst et al., 2015). Ankle, hamstring, dan knee sebagai tiga lokasi paling frequent injured sesuai dengan biomechanical demands sepak bola dimana struktur anatomis ini mengalami repetitive high-force loading dan vulnerable terhadap acute overload

atau chronic overuse (Ekstrand et al., 2018). Ankle sprain umumnya terjadi dari landing awkwardly atau contact dari tackle, hamstring strain dari high-speed running terutama saat sprinting atau decelerating, dan knee injury dari non-contact pivoting atau contact mechanisms (Jones et al., 2019).

Proporsi non-contact injury yang mencapai hampir 60% dari total cedera menunjukkan bahwa majority injuries potentially preventable melalui modifikasi faktor intrinsik seperti strength, flexibility, neuromuscular control, dan workload management (van der Horst et al., 2015). Kontras dengan contact injury yang sulit diprediksi dan largely unavoidable dalam contact sport, non-contact injury dapat dikurangi melalui targeted interventions (Hägglund et al., 2013). Implementasi neuromuscular training programs seperti FIFA 11+ yang terbukti mengurangi injury incidence hingga 30-50% dapat menjadi strategi cost-effective untuk population atlet mahasiswa (Silvers-Granelli et al., 2015).

Identifikasi periode mid-season sebagai window dengan injury rate tertinggi memiliki implikasi penting untuk periodization training dan competition scheduling. Fixture congestion yang terjadi pada pertengahan musim dimana tim bermain multiple matches dalam minggu yang sama menciptakan insufficient recovery time yang meningkatkan accumulation of fatigue (Malone et al., 2018). Fatigue tidak hanya manifestasi sebagai physical tiredness tetapi juga mengganggu neuromuscular function, coordination, dan decision-making yang semuanya contributes pada increased injury susceptibility (Gabbett, 2016).

Peningkatan injury rate pada fase transisi dari persiapan ke kompetisi dapat dijelaskan oleh sudden changes dalam training loads and intensities. Meskipun periodization theory menekankan progressive overload, dalam praktik seringkali terjadi rapid escalation beban saat memasuki fase kompetisi yang melebihi adaptive capacity atlet (Ekstrand et al., 2018). Konsep training-injury prevention paradox menyatakan bahwa adequate training load necessary untuk fitness development, namun excessive or poorly managed load increases injury risk, sehingga menemukan balance yang optimal merupakan challenge dalam periodization (Gabbett, 2016).

Dalam konteks mahasiswa, additional stressor berupa mid-semester examinations yang often coincide dengan mid-season competition period dapat mempengaruhi sleep quality, stress levels, dan nutrition adequacy yang semuanya merupakan contributing factors untuk injury risk (Hartanto & Gunawan, 2022). Dual career demands pada student-athletes menciptakan unique challenges yang memerlukan integrated support approach yang considers both academic and athletic requirements (Wicaksono & Purnama, 2020). Institusi pendidikan tinggi perlu recognize ini dan provide adequate support structures seperti academic advising for athletes, flexible scheduling, dan sports science support.

Temuan bahwa riwayat cedera merupakan prediktor terkuat untuk subsequent injury dengan hazard ratio 2,41 konsisten dengan extensive evidence dalam literature yang menunjukkan previous injury sebagai most consistent risk factor across different sports dan populations (Hägglund et al., 2013). Mekanisme yang menjelaskan increased re-injury risk multifactorial dan complex. Pertama, incomplete rehabilitation yang tidak mengembalikan tissue quality, range of motion, strength, dan neuromuscular control ke level pre-injury meninggalkan residual deficits yang predispose untuk re-injury (Ekstrand et al., 2018).

Kedua, psychological factors seperti fear of re-injury, decreased confidence, dan altered movement patterns dapat persist setelah physical recovery dan contributes pada biomechanical alterations yang increases loading pada previously injured atau adjacent structures (van der Horst et al., 2015). Ketiga, biological scarring process dapat menghasilkan tissue yang structurally berbeda dari original tissue dengan mechanical properties yang altered, misalnya scar tissue dalam muscle healing yang less elastic dan more prone untuk tear (Jones et al., 2019). Keempat, atlet yang return to play too early sebelum complete recovery memiliki substantially increased risk untuk re-injury (López-Valenciano et al., 2020).

Implikasi praktis dari temuan ini adalah pentingnya comprehensive rehabilitation programs yang tidak hanya address tissue healing tetapi juga restore full function termasuk strength, flexibility, proprioception, dan sport-specific movements (van der Horst et al., 2015). Objective return-to-play criteria based pada functional testing rather than solely time-based clearance dapat ensure atlet truly ready untuk full training dan competition demands (Ekstrand et al., 2018). Selain itu, atlet dengan

riwayat cedera may benefit dari ongoing injury prevention exercises sebagai secondary prevention strategy bahkan setelah return to play untuk reduce re-injury risk (Hägglund et al., 2013).

Temuan bahwa ACWR dalam high risk zone meningkatkan hazard cedera lebih dari tiga kali lipat memberikan strong evidence untuk importance of monitoring and managing training loads. Konsep ACWR based pada premise bahwa chronic training load develops fitness and tissue tolerance, sementara acute load represents recent training stress (Gabbett, 2016). Sweet spot atau optimal zone typically defined sebagai ACWR antara 0,8-1,3 dimana atlet mendapat sufficient training stimulus untuk adaptation tanpa excessive fatigue that compromises recovery (Malone et al., 2018).

High ACWR yang lebih dari 1,5 mengindikasikan acute spike dalam training load yang melebihi apa yang atlet chronically adapted, creating mismatch antara mechanical demand dan tissue capacity (Gabbett, 2016). Spike ini dapat terjadi dari sudden increase training volume, excessive high-intensity work, insufficient recovery between sessions, atau accumulation of competitions dengan inadequate regeneration (Malone et al., 2018). Praktis, findings ini emphasize need untuk progressive load increases dengan rate yang allows physiological adaptations, adequate recovery periods, dan avoiding dramatic week-to-week fluctuations (Ekstrand et al., 2018).

Moderate risk zone yang juga menunjukkan increased hazard ratio suggests bahwa even moderate deviations dari optimal load ratio can elevate injury susceptibility, menekankan pentingnya precision dalam load management (Gabbett, 2016). Implementasi individual monitoring systems yang track training load untuk setiap atlet, combined dengan wellness monitoring untuk assess readiness to train, dapat help coaches make informed decisions tentang load modifications (Malone et al., 2018). Technology solutions seperti GPS tracking, session-RPE apps, dan wellness questionnaires increasingly accessible dan dapat implemented even dalam setting mahasiswa dengan resources terbatas (Ekstrand et al., 2018).

Perbedaan injury risk berdasarkan posisi pemain reflects different physical demands dan exposures yang inherent dalam role masing-masing posisi (Pfrrmann et al., 2016). Goalkeeper yang menunjukkan lowest injury risk can be explained oleh lower total distance covered, less high-intensity running, dan less involvement dalam contact situations compared dengan outfield players (van der Horst et al., 2015). Meskipun goalkeeper perform explosive actions seperti diving dan jumping, frequency dan cumulative load dari activities ini substantially lower dibanding running-based demands pada outfield positions (Ekstrand et al., 2018).

Midfielder yang menunjukkan highest injury risk among outfield positions dapat dijelaskan oleh exceptional physical demands posisi ini yang requires covering greatest total distance, performing most high-intensity runs, dan involvement dalam both attacking dan defensive phases yang increases contact exposures (Jones et al., 2019). Midfielder juga frequently perform high-risk actions seperti pressing, tackling, dan quick changes of direction yang mechanically demanding dan injury-prone (Pfrrmann et al., 2016). Forward yang menunjukkan intermediate risk memiliki high sprint demands dan contact exposures dari challenges dengan defenders, namun total volume slightly lower dibanding midfielders (Ekstrand et al., 2018).

Defender injury risk yang comparable dengan forward reflects different injury mechanisms dimana defender maybe perform less high-speed running tetapi involved dalam tackling dan defensive heading yang increases contact injury risk (van der Horst et al., 2015). Position-specific injury prevention strategies dapat developed based pada specific demands dan common injury patterns untuk each position (Jones et al., 2019). Misalnya, midfielder may benefit more dari endurance-focused conditioning dan change of direction training, sementara forward require more emphasis pada sprint mechanics dan deceleration control (Pfrrmann et al., 2016).

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu acknowledged dalam interpretasi hasil. Pertama, meskipun surveillance dilakukan secara prospective dengan standardized procedures, kemungkinan under-reporting terutama untuk minor injuries tidak dapat sepenuhnya eliminated (Finch et al., 2014). Atlet mungkin tidak melaporkan discomfort minor yang tidak mengganggu participation, yang dapat lead untuk underestimation true injury incidence. Kedua, penelitian ini fokus pada time-loss injuries untuk objektivitas definisi, namun ini excludes medical attention

injuries yang meskipun tidak menyebabkan time loss dapat impact pada performance dan potentially precursors untuk more severe injuries (Fuller et al., 2006).

Ketiga, sample terbatas pada atlet sepak bola mahasiswa laki-laki di satu region geografis yang may limit generalizability findings untuk population lebih luas termasuk female athletes atau different competitive levels (Sugiyono, 2019). Keempat, meskipun multiple risk factors di-assess, beberapa potentially relevant variables seperti psychological factors, sleep quality, dan nutritional status tidak included dalam analysis yang may represent unmeasured confounding (Hartanto & Gunawan, 2022). Kelima, follow-up duration limited pada satu musim kompetisi yang tidak allows untuk assessment long-term career injury patterns atau cumulative effects multiple seasons (Ekstrand et al., 2018).

Kekuatan utama penelitian ini adalah prospective longitudinal design dengan comprehensive surveillance system dan zero loss to follow-up untuk non-injury reasons, yang ensures data completeness dan temporal accuracy (Bahr & Holme, 2003). Aplikasi survival analysis methods yang appropriate untuk time-to-event data dan can handle censored observations represents methodological advancement compared dengan previous cross-sectional studies dalam Indonesian context (Nugroho & Lumintuarso, 2020). Integration of multiple risk factors dalam multivariat Cox model allows untuk identification independent effects setelah controlling confounding, providing more robust evidence base untuk interventions (Kleinbaum & Klein, 2012).

Findings memiliki important practical implications untuk injury prevention dalam sepak bola mahasiswa (van der Horst et al., 2015). Identification high-risk periods during season dapat inform periodization strategies dan allow untuk pre-emptive load modifications atau enhanced recovery protocols during those windows (Malone et al., 2018). Recognition previous injury sebagai major risk factor emphasizes need untuk comprehensive rehabilitation dan objective return-to-play criteria (Hägglund et al., 2013). Evidence untuk training load management provides quantitative thresholds yang dapat guide coaches dalam load prescription dan monitoring (Gabbett, 2016).

Position-specific injury profiles dapat inform targeted conditioning programs dan screening protocols tailored untuk demands setiap posisi (Pfirrmann et al., 2016). Untuk institutional level, findings highlight importance investing dalam sports medicine support, injury surveillance systems, dan evidence-based prevention programs sebagai integral components athlete development programs dalam universities (Wicaksono & Purnama, 2020). Untuk research community, study provides baseline epidemiological data untuk Indonesian collegiate soccer population yang dapat serve sebagai comparator untuk future intervention studies dan contribute untuk broader understanding injury patterns dalam different contexts (López-Valenciano et al., 2020).

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi pola temporal kejadian cedera dan faktor risiko pada atlet sepak bola mahasiswa selama satu musim kompetisi menggunakan analisis survival. Incidence rate cedera mencapai 8,7 per 1000 jam eksposur dengan probabilitas atlet tetap bebas cedera menurun progresif menjadi 38,8% pada akhir musim dan median survival time 156 hari. Periode mid-season minggu ke-12 hingga ke-16 merupakan window kritis dengan injury rate tertinggi yang bertepatan dengan fixture congestion. Analisis multivariat Cox regression mengidentifikasi riwayat cedera sebagai prediktor terkuat dengan adjusted HR 2,41, diikuti oleh acute chronic workload ratio high risk zone dengan HR 3,24, posisi goalkeeper sebagai protective factor dengan HR 0,28, dan session-RPE dengan HR 1,28 per unit peningkatan. Cedera ekstremitas bawah mendominasi dengan ankle sprain, hamstring strain, dan knee injury sebagai tiga jenis paling prevalent, dengan 58,8% cedera terjadi melalui mekanisme non-contact yang potentially preventable. Penelitian ini memberikan evidence base untuk pengembangan strategi pencegahan cedera yang comprehensive dan individualized dalam konteks sepak bola mahasiswa di Indonesia.

Berdasarkan temuan penelitian, disarankan agar pelatih dan sports science staff mengimplementasikan systematic monitoring training load menggunakan tools seperti session-RPE

dan ACWR calculation untuk identify dan mitigate periods of excessive load yang meningkatkan injury risk. Atlet dengan riwayat cedera memerlukan perhatian khusus melalui secondary prevention programs termasuk continued injury prevention exercises dan gradual return-to-play protocols dengan objective functional testing sebelum full clearance. Periodization training sebaiknya mempertimbangkan fixture scheduling untuk menghindari dramatic load spikes dan ensure adequate recovery terutama during mid-season competition period yang merupakan high-risk window. Implementation neuromuscular training programs seperti FIFA 11+ yang evidence-based untuk reducing non-contact injuries strongly recommended sebagai routine component warm-up sessions. Penelitian selanjutnya perlu mengeksplorasi effectiveness specific injury prevention interventions menggunakan randomized controlled trial design, investigate psychological dan nutritional factors sebagai additional risk factors, dan conduct multi-season longitudinal studies untuk understand cumulative injury patterns. Institusi pendidikan tinggi disarankan untuk invest dalam comprehensive sports medicine support systems termasuk qualified medical staff, injury surveillance infrastructure, dan integrated athlete welfare programs yang consider dual demands academic and athletic commitments untuk optimal development dan well-being atlet mahasiswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh atlet sepak bola mahasiswa yang telah berpartisipasi dengan komitmen penuh dalam penelitian ini selama satu musim kompetisi. Apresiasi mendalam disampaikan kepada tim medis termasuk dokter olahraga dan fisioterapis yang telah melakukan dokumentasi cedera dengan teliti dan profesional. Terima kasih kepada pelatih dan manajemen tim sepak bola universitas yang telah memberikan dukungan penuh dan memfasilitasi proses pengumpulan data. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada asisten peneliti yang membantu dalam recording eksposur latihan dan pertandingan serta data entry. Penelitian ini terlaksana atas dukungan fasilitas dari Fakultas Ilmu Keolahragaan dan cooperation dari Liga Mahasiswa Regional yang telah memberikan akses untuk surveillance selama musim kompetisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahr, R., & Holme, I. (2003). Risk factors for sports injuries: A methodological approach. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5), 384-392.
- Bursac, Z., Gauss, C. H., Williams, D. K., & Hosmer, D. W. (2008). Purposeful selection of variables in logistic regression. *Source Code for Biology and Medicine*, 3(1), 17.
- Ekstrand, J., Waldén, M., & Häggglund, M. (2018). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: A 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(12), 731-737.
- Finch, C. F., Cook, J., Kunstler, B. E., Akram, M., & Orchard, J. (2014). Subsequent injuries are more common than injury recurrences: An analysis of 1 season of prospectively collected injuries in professional Australian football. *American Journal of Sports Medicine*, 42(6), 1449-1456.
- Fuller, C. W., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Dvorak, J., & Meeuwisse, W. H. (2006). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 40(3), 193-201.
- Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273-280.
- Ghozali, I. (2021). Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS 26. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.

- Häggglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2013). Previous injury as a risk factor for injury in elite football: A prospective study over two consecutive seasons. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 763-768.
- Hartanto, A. D., & Gunawan, I. M. A. (2022). Hubungan antara tingkat stres akademik dengan kualitas tidur pada mahasiswa atlet Universitas Airlangga. *Jurnal Kesehatan Olahraga*, 10(2), 145-156.
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & May, S. (2008). *Applied survival analysis: Regression modeling of time-to-event data* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Jones, A., Jones, G., Greig, N., Bower, P., Brown, J., Hind, K., & Francis, P. (2019). Epidemiology of injury in English professional football players: A cohort study. *Physical Therapy in Sport*, 35, 18-22.
- Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2012). *Survival analysis: A self-learning text* (3rd ed.). New York: Springer.
- Kusuma, D. W. Y., & Syaifei, M. (2019). Survei minat siswa SMA terhadap olahraga sepak bola di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Keolahragaan*, 7(1), 45-54.
- López-Valenciano, A., Ruiz-Pérez, I., Garcia-Gómez, A., Vera-Garcia, F. J., De Ste Croix, M., Myer, G. D., & Ayala, F. (2020). Epidemiology of injuries in professional football: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 54(12), 711-718.
- Malone, S., Owen, A., Mendes, B., Hughes, B., Collins, K., & Gabbett, T. J. (2018). High-speed running and sprinting as an injury risk factor in soccer: Can well-developed physical qualities reduce the risk? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(3), 257-262.
- Nugroho, R. A., & Lumintuarso, R. (2020). Prevalensi cedera olahraga pada atlet sepak bola tingkat pemula. *Medikora: Jurnal Ilmiah Kesehatan Olahraga*, 19(2), 89-98.
- Pfrrmann, D., Herbst, M., Ingelfinger, P., Simon, P., & Tug, S. (2016). Analysis of injury incidences in male professional adult and elite youth soccer players: A systematic review. *Journal of Athletic Training*, 51(5), 410-424.
- Pratama, R. A., Kurniawan, F., & Santoso, M. B. (2021). Analisis jenis dan lokasi cedera pada pemain sepak bola klub Persebaya Surabaya U-19. *Sport and Nutrition Journal*, 3(1), 12-20.
- Silvers-Granelli, H. J., Bizzini, M., Arundale, A., Mandelbaum, B. R., & Snyder-Mackler, L. (2015). Does the FIFA 11+ injury prevention program reduce the incidence of ACL injury in male soccer players? *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 475(10), 2447-2455.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- van der Horst, N., Smits, D. W., Petersen, J., Goedhart, E. A., & Backx, F. J. G. (2015). The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: A randomized controlled trial. *American Journal of Sports Medicine*, 43(6), 1316-1323.
- van Mechelen, W., Hlobil, H., & Kemper, H. C. G. (2017). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries: A review of concepts. *Sports Medicine*, 14(2), 82-99.
- Wicaksono, P. N., & Purnama, S. K. (2020). Manajemen stres pada mahasiswa atlet: Studi kasus di Universitas Negeri Malang. *Jurnal Keolahragaan*, 8(2), 178-189.