

**HUBUNGAN DENSITAS LEMAK EPIKARDIAL DENGAN RASIO  
PLATELET LIMFOSIT (PLR) PADA PASIEN SINDROM  
KORONER AKUT DISERTAI COVID-19**

*ASSOCIATION OF EPICARDIAL ADIPOSE TISSUE DENSITY AND  
PLATELET-LYMPHOCYTE RATIO (PLR) IN ACUTE CORONARY  
SYNDROME WITH COVID-19 PATIENTS*

**JACKY HARTANTO TUNGADI**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)  
PROGRAM STUDI JANTUNG DAN PEMBULUH DARAH  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**HUBUNGAN DENSITAS LEMAK EPIKARDIAL DENGAN RASIO  
PLATELET LIMFOSIT (PLR) PADA PASIEN SINDROM KORONER  
AKUT DISERTAI COVID-19**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar spesialis

Program Studi PPDS-1 Jantung dan Pembuluh Darah

Disusun dan diajukan oleh

**JACKY HARTANTO TUNGADI**

**NIM C165181008**

kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)  
PROGRAM STUDI JANTUNG DAN PEMBULUH DARAH**

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2023**

**TESIS**

**HUBUNGAN DENSITAS LEMAK EPIKARDIAL DENGAN RASIO  
PLATELET LIMFOSIT (PLR) PADA PASIEN SINDROM KORONER  
AKUT DISERTAI COVID-19**

**JACKY HARTANTO TUNGADI**

**NIM C165181008**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi PPDS 1 Ilmu Penyakit Jantung Dan Pembuluh Darah Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin pada tanggal 27 Desember 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

**Menyetujui**

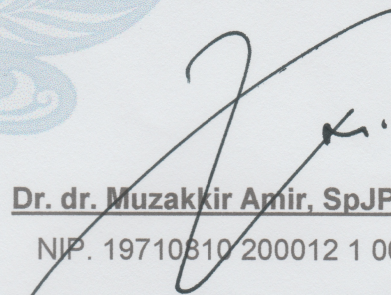
Pembimbing Utama,



**Prof. dr. Peter Kabo, PhD, SpFK, SpJP (K)**

NIP. 19500329 197612 1 001

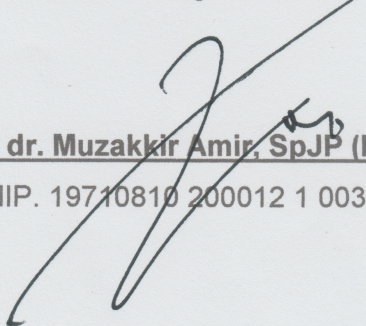
Pembimbing Pendamping,



**Dr. dr. Muzakkir Amir, SpJP (K)**

NIP. 19710810 200012 1 003

Ketua Program Studi,



**Dr. dr. Muzakkir Amir, SpJP (K)**

NIP. 19710810 200012 1 003

Dekan Fakultas Kedokteran,



**Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, SpPD-KGH, SpGK, FINASIM**

NIP. 19680530 199603 2 001

TESIS

HUBUNGAN DENSITAS LEMAK EPIKARDIAL DENGAN RASIO  
PLATELET LIMFOSIT (PLR) PADA PASIEN SINDROM KORONER  
AKUT DISERTAI COVID-19

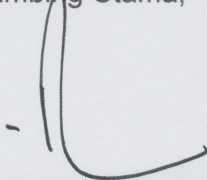
JACKY HARTANTO TUNGADI

NIM C165181008

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi PPDS 1 Ilmu Penyakit Jantung Dan Pembuluh Darah  
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 27 Desember 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

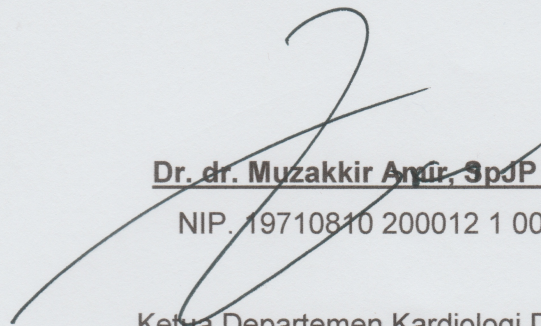
Pembimbing Utama,



Prof. dr. Peter Kabo, PhD, SpFK, SpJP (K)

NIP. 19500329 197612 1 001

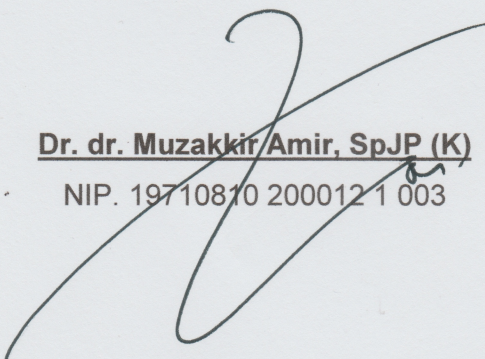
Pembimbing Pendamping,



Dr. dr. Muzakkir Amir, SpJP (K)

NIP. 19710810 200012 1 003

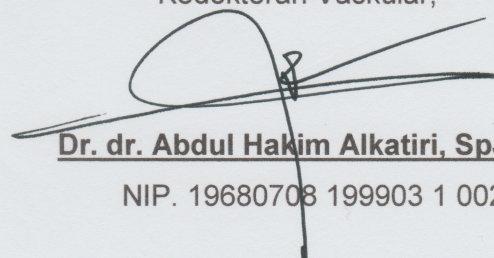
Ketua Program Studi,



Dr. dr. Muzakkir Amir, SpJP (K)

NIP. 19710810 200012 1 003

Ketua Departemen Kardiologi Dan  
Kedokteran Vaskular,



Dr. dr. Abdul Hakim Alkatiri, SpJP (K)

NIP. 19680708 199903 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Jacky Hartanto Tungadi  
NIM : C165181008  
Program Studi : Ilmu Jantung dan Pembuluh Darah  
Jenjang : Sp-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**HUBUNGAN DENSITAS LEMAK EPIKARDIAL DENGAN RASIO  
PLATELET LIMFOSIT (PLR) PADA PASIEN SINDROM KORONER AKUT  
DISERTAI COVID-19**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 1 Maret 2023

Yang Menyatakan



( Jacky Hartanto Tungadi)

## Ucapan Terima Kasih

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat, karunia, dan lindungan-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini sebagaimana mestinya. Penulisan tesis ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Spesialis pada Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makassar.

Saya menyadari bahwa penulisan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan baik isi maupun bahasanya, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan demi perbaikan selanjutnya.

Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada Prof. dr. Peter Kabo, PhD, SpFK, SpJP (K) sebagai Pembimbing I dan Dr. dr. Muzakkir Amir, SpJP (K) sebagai pembimbing II atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan penelitian ini, pelaksanaan sampai dengan penulisan tesis ini, serta kepada dr. Yulius Patimang, SpA, SpJP (K), dr. Nikmatia Latief, SpRad (K) dan Dr. dr. Irawaty Djaharuddin, SpP (K) yang banyak memberikan masukan terhadap penulis untuk menyelesaikan tesis ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, MKM. sebagai pembimbing statistik yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam bidang statistik dan pengolahan data dalam penelitian ini.

Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ketua Program Studi Dr. dr. Muzakkir Amir, SpJP (K), Kepala Departemen Dr. dr. Abdul Hakim Alkatiri, SpJP(K), Sekretaris Departemen dr. Akhtar Fajar Muzakkir, SpJP(K), Sekretaris Program Studi dr. Az Hafiz Nashar, SpJP(K), dr. Pendrik Tandean, SpPD-KKV, dr. Zaenab Djafar, SpPD, SpJP (K) seluruh staf pengajar beserta pegawai di Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin yang memberikan arahan, dukungan, dan motivasi kepada penulis selama pendidikan.
2. Penasihat akademik penulis Dr. dr. Idar Mappangara, SpPD, SpJP (K) yang telah mendidik dan memberikan arahan selama mengikuti proses pendidikan.
3. Istri tercinta Jennifer Tanzil S.Farm., Apt beserta buah hati terkasih Ananda Felice Deandra Tungadi dan Kai Nathaniel Tungadi yang telah memberikan kasih sayang yang tulus, dukungan, pengorbanan, doa dan pengertiannya selama penulis mengikuti proses pendidikan.
4. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan restu untuk penulis melanjutkan pendidikan, disertai dengan doa, kasih sayang, dan dukungan yang luar biasa selama penulis menjalani pendidikan
5. Teman sejawat peserta PPDS-1 Kardiologi dan Kedokteran Vaskular khususnya angkatan RoeangGunjing (hendry, wiah, wiwi, james, ayu, idul, opel dan densu) atas bantuan dan kerja samanya selama proses pendidikan.

6. Paramedis dan staf Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular di seluruh rumah sakit jejaring atas kerja samanya selama penulis mengikuti pendidikan.
7. Saudara-saudara dan keluarga besar yang telah memberikan kasih sayang yang tulus, dukungan, doa dan pengertiannya selama penulis mengikuti proses pendidikan.
8. Pasien yang telah bersedia mengikuti penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berjalan sebagaimana mestinya.
9. Semua pihak yang namanya tidak tercantum namun telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Semoga tesis ini memberikan manfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan pada umumnya serta Ilmu Kardiologi dan Kedokteran Vaskular pada khususnya di masa yang akan datang.

Penulis,

JACKY HARTANTO TUNGADI

## ABSTRAK

JACKY HARTANTO TUNGADI. **Hubungan Densitas Lemak Epikardial dengan Rasio Platelet Limfosit (PLR) pada Pasien Sindrom Koroner Akut disertai COVID-19.** (dibimbing oleh Peter Kabo, Muzakkir Amir, Yulius Patimang, Irawaty Djaharuddin, Nikmatia Latief, Andi Alfian Zainuddin)

Sindrom koroner akut (SKA) disertai infeksi COVID-19 akan meningkatkan morbiditas dan mortalitas. Densitas lemak epikardial dan rasio platelet limfosit (PLR) merupakan prediktor severitas masing-masing pada sindroma koroner akut maupun infeksi COVID-19, tetapi belum diketahui hubungannya pada pasien SKA disertai infeksi COVID-19. Penelitian ini bertujuan untuk melihat hubungan densitas lemak epicardial dan PLR terhadap severitas pada pasien SKA disertai infeksi COVID-19. Penelitian ini bersifat potong lintang, melibatkan 63 subjek yang dirawat di RS Wahidin Sudirohusodo periode juni 2020 hingga desember 2021. Ditemukan korelasi positif yang signifikan antara densitas lemak epikardial dan PLR pada pasien SKA disertai COVID-19 (densitas lemak epikardial atrioventricular dekstra (AVD)  $R=0,487$ ,  $p<0,001$ , atrioventricular sinistra (AVS)  $R=0,522$ ,  $p<0,001$  dan interventricular (IV)  $R=0.491$ ,  $p<0,001$ ). Analisis ROC densitas lemak epikardial dan severitas COVID-19 menunjukkan, lemak epikardial AVD dengan nilai *cut off* -84,5 HU (AUC = 0,959, sensitivitas 86,4% dan spesifisitas 87,8%), densitas lemak epikardial AVS nilai *cut off* -82,5 HU (AUC = 0,953, sensitivitas 86,4%, dan spesifisitas 87,8%) dan densitas lemak epikardial IV dengan nilai *cut off* -85,5 (AUC = 0.882, sensitivitas 72.7%, and spesifisitas 75.6%). Analisis ROC menunjukkan PLR pada *cut-off* 194,04 berkorelasi dengan severitas COVID-19 (AUC 0,789, sensitivitas 68,2%, spesifisitas 70,7%, nilai prediksi positif 55,6%, nilai prediksi negatif 80,6%). Densitas lemak epikardial dan PLR mampu memprediksi severitas pada pasien SKA disertai COVID-19.

Kata kunci : lemak epikardial, rasio platelet limfosit, sindroma koroner akut, COVID-19, severitas



## ABSTRACT

**JACKY HARTANTO TUNGADI. Association of Epicardial Adipose Tissue Density and Platelet-Lymphocyte Ratio (PLR) in Acute Coronary Syndrome with COVID-19 Patients.** (supervised by Peter Kabo, Muzakkir Amir, Yulius Patimang, Irawaty Djaharuddin, Nikmatia Latief, Andi Alfian Zainuddin)

Acute coronary syndrome (ACS) accompanied by COVID-19 infection will increase morbidity and mortality. Epicardial adipose tissue (EAT) density and platelet to lymphocyte ratio (PLR) are predictors of severity in acute coronary syndrome and COVID-19 infection, respectively. Still, the correlation is being determined in ACS with COVID-19-infected patients. This study aims to see the relationship between EAT density and PLR on the severity of ACS with COVID-19 infection. This cross-sectional study involved 63 subjects at Wahidin Sudirohusodo Hospital admitted from June 2020 to December 2021. A significant positive correlation was found between EAT density and PLR in ACS with COVID-19 patients (EAT right atrioventricular (AVD)  $R = 0.487$ ,  $p < 0.001$ , left atrioventricular (AVS)  $R = 0.522$ ,  $p < 0.001$  and interventricular (IV)  $R = 0.491$ ,  $p < 0.001$ ). ROC analysis of EAT density and severity of COVID-19 showed that EAT AVD with a cut-off value of -84.5 (AUC = 0.959, sensitivity 86.4%, and specificity 87.8%), EAT AVS with a cut-off value of -82.5 (AUC = 0.953, sensitivity 86.4%, and specificity 87.8%), and EAT IV with a cut-off value of -85.5 (AUC = 0.882, sensitivity 72.7%, and specificity 75.6%). ROC analysis showed that the PLR at the cut-off value of 194.04 correlated with the severity of COVID-19 (AUC 0.789, sensitivity 68.2%, specificity 70.7%, positive predictive value 55.6%, negative predictive value 80.6%). EAT density and PLR could predict severity in ACS with COVID-19 patients.

**Keywords:** epicardial adipose tissue, platelet to lymphocyte ratio, acute coronary syndrome, COVID-19, severity

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN SAMPUL .....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	iv
UCAPAN TERIMAKASIH .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Pertanyaan Penelitian .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.3.1. Tujuan Umum .....	4
1.3.2. Tujuan Khusus .....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	5
1.4.1. Manfaat Teori .....	5
1.4.2. Manfaat Implikasi Klinik .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6

2.1.	Coronavirus Disease 2019 .....	6
2.2.	Hubungan COVID-19 dengan Sindrom Koroner Akut .....	11
2.3.	Parameter Laboratorium pada COVID-19.....	19
2.4.	<i>Platelet-Lymphocyte Ratio</i> (PLR) pada COVID-19.....	21
2.5.	<i>Platelet-Lymphocyte Ratio</i> (PLR) dan Sindroma Koroner Akut.....	22
2.6.	Epicardial Adipose Tissue .....	23
BAB III KERANGKA DAN HIPOTESIS PENELITIAN.....		27
3.1.	Kerangka Teori .....	27
3.2.	Kerangka Konsep .....	28
3.3.	Hipotesis Penelitian .....	28
BAB IV METODE PENELITIAN .....		29
4.1.	Desain Penelitian.....	29
4.2.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	29
4.3.	Populasi Penelitian .....	29
4.4.	Sampel dan Cara Pengambilan Sampel.....	29
4.5.	Jumlah Sampel.....	29
4.6.	Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	30
4.6.1.	Kriteria Inklusi .....	30
4.6.2.	Kriteria Eksklusi .....	30
4.7.	Cara Kerja.....	30
4.7.1.	Subjek Penelitian .....	30
4.7.2.	Prosedur penelitian.....	30
4.8.	Definisi Operasional dan Kriteria Objektif .....	31
4.9.	Metode Analisis .....	34
4.10.	Pertimbangan Etik .....	34

4.11. Kontrol Kualitas.....	34
4.12. Skema Alur Penelitian .....	35
BAB V HASIL PENELITIAN .....	36
5.1. Karakteristik Penelitian .....	36
5.2. Karakteristik Subjek Penelitian .....	36
5.3. Analisis Bivariat Densitas lemak epikardial dengan Severitas COVID-19 .....	39
5.4. Analisis Bivariat Nilai PLR dengan Severitas COVID-19.....	41
5.5. Analisis Bivariat Densitas lemak epikardial dengan Nilai PLR .....	43
BAB VI PEMBAHASAN .....	46
BAB VII PENUTUP .....	50
7.1. Kesimpulan .....	50
7.2. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA .....	50
LAMPIRAN .....	57

**DAFTAR TABEL**

Nomor urut	Halaman
1. Spektrum dari acute coronavirus disease 2019 (COVID-19).....	12
2. Kelainan biomarker pada pasien COVID-19 dengan penyakit sistemik berat dan potensi biomarker baru .....	19
3. Perubahan hematologi pada pasien COVID-19 .....	20
4. Karakteristik sampel .....	37
5. Profil klinis subjek penelitian .....	38
6. Uji normalitas variabel numerik.....	39
7. Analisis bivariat densitas lemak epikardial dengan severitas COVID-19 .....	40
8. Area under curve densitas lemak epikardial terhadap severitas COVID-19 pasien infark miokard akut.....	40
9. Analisis bivariat nilai PLR dengan severitas COVID-19.....	42
10. Area under curve nilai PLR terhadap severitas COVID pasien infark miokard akut .....	42
11. Analisis bivariat densitas lemak epikardial dengan nilai PLR .....	45
12. Analisis bivariat densitas lemak epikardial dengan nilai PLR .....	45

## DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Skema virus corona.....	7
2. Peran penting ACE2 dalam regulasi invasi virus di sel yang mengekspresikan ACE .....	9
3. Skema fungsional sistem renin-angiotensin .....	10
4. Spektrum dari acute coronavirus disease 2019 (COVID-19) cardiovascular syndrome (ACovCS) .....	13
5. Mekanisme Potensi Efek Akut Infeksi Virus pada Sistem Kardiovaskular .....	14
6. Mekanisme potensial cedera miokard pada acute coronavirus disease 2019 (COVID-19) cardiovascular syndrome .....	15
7. Keterlibatan kardiovaskular dalam COVID-19, manifestasi kunci dan mekanisme hipotetis .....	18
8. Cedera jantung berhubungan dengan SARS-CoV-2 dan peran EAT .....	25
9. Kurva analisis ROC densitas lemak epikardial sebagai prediktor severitas COVID-19.....	41
10. Kurva analisis ROC nilai PLR sebagai prediktor severitas COVID-19.....	42
11. Scatter plot korelasi antara densitas lemak epikardial atrioventrikular dekstra dan nilai PLR.....	43
12. Scatter plot korelasi antara densitas lemak epikardial atrioventrikular sinistra dan nilai PLR .....	44
13. Scatter plot korelasi antara densitas lemak epikardial interventrikular dan nilai PLR.....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Rekomendasi persetujuan etik.....	57

## DAFTAR SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan penjelasan
ACE2	Angiotensin-Converting Enzyme 2
ACEIs	Angiotensin-Converting Enzyme Inhibitors
ACoVCS	Acute coronavirus cardiovascular syndrome
AHA	American Heart Association
ALT	Alanine aminotransferase
Ang	Angiotensin
APTS	Angina pektoris tidak stabil
ARBs	Angiotensin receptor blockers
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
AST	Aspartate aminotransferase
AT1R	Angiotensin 1 receptor
AV	Atrioventrikular
AVD	Atrioventrikular dekstra
AVS	Atrioventrikular sinistra
BNP	Brain natriuretic peptide
CAD	Coronary artery disease
CI	Confidence interval
CK	Creatine kinase
COVID-19	Coronavirus disease of 2019
CRP	C-reactive protein
CT	Computed Tomography
CVD	Cardiovascular disease
EAT	Epicardial Adipose Tissue
ECG	Electrocardiogram
ECMO	Extracorporeal membrane oxygenation
ESR	Erythrocyte sedimentation rate
G-CSF	Granulocyte colony stimulating factor
Hcy	Homocysteine
HE	Hemagglutinin-esterase
HU	Hounsfield Unit
IL	Interleukin
IMA	Infrak miokard akut
IP	Interferon inducible protein
IV	Interventrikular
LAD	Left anterior descending
LDH	Lactate dehydrogenase
MACE	Major adverse cardiac event
Mas-R	Mas receptor
MCP	Monocyte chemoattractant protein
MIP	Makrofag inflammation protein
MLR	Monocyte–lymphocyte ratio.
MOF	Multi organ failure
NEP	Endopeptidases
NK	Natural killer
NSTE-ACS	Non-ST segment elevation acute coronary syndrome
NSTEMI	Non-ST elevation myocardial infarction



PARP	Poly ADP-ribose polymerase
PCT	Procalcitonin
PLR	Platelet-Lymphocyte Ratio
PT	Prothrombin time
RAAS	Renin–Angiotensin–Aldosterone System
RNA	Ribonucleic acid
SARS-CoV	Severe acute respiratory syndrome coronavirus
SARS-CoV-2	Severe acute respiratory syndrome coronavirus-2
SKA	Sindrom koroner akut
STEMI	ST elevation myocardial infarction
TMPRSS2	Transmembrane serine protease 2
TNF	Tumor necrosis factor
WBC	White blood cell
WHO	World Health Organization

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Penyakit kardiovaskular memiliki morbiditas dan mortalitas tertinggi di dunia. Sindrom Koroner akut (SKA) merupakan penyakit kardiovaskular utama yang berkontribusi terhadap hal tersebut. Data dari riset kesehatan dasar (Riskesmas) tahun 2018 menunjukkan, prevalensi penyakit Kardiovaskuler di Indonesia sebesar 1,5% dengan prevalensi di Provinsi Sulawesi Selatan sebesar 1,5% (Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kesehatan RI, 2019). Pada tahun 2015, *World Health Organization (WHO)* melaporkan sekitar 15% dari keseluruhan kematian secara global diakibatkan sindrom koroner akut yaitu sebesar 7,4 juta. Pada tahun 2030 diproyeksikan kematian akibat sindrom koroner akut yaitu 23,3 juta (Mozaffarian *et al.*, 2015).

*Coronavirus disease 2019 (COVID-19)*, yang disebabkan oleh *severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2)*, dinyatakan sebagai pandemi oleh WHO pada 11 Maret 2020, dan kasus penyakitnya terus meningkat secara global dan menyebar ke 219 negara di dunia (Christensen *et al.*, 2020; Kosmeri *et al.*, 2020). Hingga 30 Mei 2021 telah dilaporkan lebih dari 169 juta kasus dan lebih dari 3 juta kematian di seluruh dunia (Manuhutu, 2021).

Penyebab utama kematian pada infeksi COVID-19 adalah gagal napas tetapi manifestasi jantung dapat berkontribusi pada kematian secara keseluruhan dan bahkan menjadi penyebab utama kematian pada pasien. Kondisi kardiovaskular yang terjadi bersamaan muncul pada 8-25% dari keseluruhan populasi yang terinfeksi COVID-19 dan pada proporsi yang lebih tinggi pada mereka yang meninggal (Dhakal *et al.*, 2020). *American Heart Association (AHA)* menyatakan komplikasi kardiovaskular spesifik pada COVID-19 sebagai *acute coronavirus cardiovascular syndrome (ACoVCS)*. Sindrom koroner akut, aritmia, gagal jantung, syok kardiogenik, *acute myocardial injury* tanpa obstruksi koroner, efusi pericardium serta koagulopati dengan komplikasi tromboemboli pada pasien dengan COVID-19 (Hendren *et al.*, 2020). Apabila SKA dan COVID-19 terjadi bersamaan, terjadi peningkatan mortalitas 3 kali lipat (Cammann *et al.*, 2020).

Mekanisme patofisiologis yang mendasari COVID-19 dengan kejadian SKA ialah pecahnya plak atau erosi yang difasilitasi oleh peradangan sistemik, trombosis mikrovaskuler karena hiperkoagulabilitas, dan / atau disfungsi endotel (Madjid *et al.*, 2020).

Peran penting dari nilai laboratorium abnormal pada pasien dengan COVID-19 menjadi parameter laboratorium tertentu dapat membantu dalam stratifikasi dan prognostikasi risiko sebelumnya dari pasien, yang pada akhirnya mengarah pada intervensi lebih awal dan hasil yang idealnya lebih baik (Christensen *et al.*, 2020). *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) adalah penanda prognostik baru yang mengintegrasikan prediksi risiko dari dua parameter trombosit dan limfosit menjadi satu. *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) ini memberi gambaran tentang agregasi dan jalur inflamasi, dan mungkin lebih sensitive terhadap inflamasi sistemik daripada jumlah trombosit atau limfosit saja secara individual (Abrishami *et al.*, 2021). *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) dihitung sebagai rasio jumlah trombosit terhadap limfosit (diperoleh dari sampel darah yang sama) dan bisa didapatkan dari pemeriksaan darah lengkap dimana tes tersebut tergolong rutin, otomatis, murah, dan mudah yang memberikan informasi tentang eritrosit, leukosit dan trombosit (Balta and Ozturk, 2015). *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) baru-baru ini telah diteliti sebagai penanda inflamasi yang baru dan prediktor prognostik jelek yang utama dalam berbagai penyakit kardiovaskular (Kurtul and Ornek, 2019), termasuk Sindrom Koroner Akut (SKA) (Kurtul, Murat, *et al.*, 2014; Kurtul, Yarlioglu, *et al.*, 2014; Ozcan Cetin *et al.*, 2016; Willim *et al.*, 2021). Pada pasien COVID-19 terjadi peningkatan nilai PLR yang signifikan (Seyit *et al.*, 2020; S. and Patil, 2021). Nilai PLR dapat digunakan sebagai indikator untuk memprediksi tingkat keparahan dan prognosis COVID-19 (Qu *et al.*, 2020; Simadibrata, Pandhita, *et al.*, 2020; Sy and Rout, 2020; Yang *et al.*, 2020).

Berdasarkan bukti yang berkembang, obesitas khususnya lemak visceral, memiliki peran yang tidak dapat disangkal dalam mempengaruhi perjalanan COVID-19 dan meningkatkan risiko kematian (Rychter *et al.*, 2020). Obesitas dikaitkan dengan keadaan peradangan kronis yang, tidak hanya menyebabkan gangguan metabolisme, tetapi juga mengubah respons imun adaptif dan bawaan (Hemalatha Rajkumar, 2013). Dalam sebuah penelitian baru-baru ini, Ryan dan rekannya mengusulkan bahwa jaringan adiposa epikardial (EAT) yang bervolume dan hipervaskularisasi pada pasien obesitas berfungsi sebagai reservoir COVID-19, memfasilitasi penyebaran virus dan meningkatkan respons kekebalan. Mereka menyatakan bahwa aktivasi selanjutnya dari

kaskade sitokin dan peningkatan produksi sitokin pro-inflamasi seperti interleukin-6 dapat bertanggung jawab atas hasil penyakit yang tidak menguntungkan pada pasien dengan obesitas (Ryan and Caplice, 2020). Dengan demikian, kemungkinan terapi yang menargetkan jaringan adiposa dapat membantu mengurangi beban COVID-19.

Sehingga, berdasarkan uraian dalam latar belakang di atas, peneliti mencoba untuk membuktikan, apakah terdapat hubungan antara volume dan densitas EAT dengan nilai PLR pada pasien sindroma koroner akut (SKA) disertai COVID-19. Diharapkan bahwa temuan penelitian ini akan memberikan wawasan tentang identifikasi penanda prognostik baru dan pengembangan strategi terapeutik yang rasional.

## 1.2. Pertanyaan Penelitian

Maka berdasarkan uraian latar belakang tersebut, dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Apakah terdapat hubungan antara densitas Lemak Epikardial dan *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) pada pasien Sindrom Koroner Akut disertai COVID-19?

Berdasarkan pertanyaan penelitian, berikut ini beberapa sub pertanyaan penelitian:

1. Bagaimana hubungan densitas Lemak Epikardial pada pasien Sindrom Koroner Akut disertai COVID-19?
2. Bagaimana hubungan *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) pada pasien Sindrom Koroner Akut disertai COVID-19?
3. Bagaimanakah hubungan densitas lemak epikardial dengan *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) pada pasien Sindrom Koroner Akut disertai COVID-19?

## 1.3. Tujuan Penelitian

### 1.3.1. Tujuan umum

1. Mengetahui hubungan antara densitas Lemak Epikardial dan *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) pada pasien Sindrom Koroner Akut disertai COVID-19.

### 1.3.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui gambaran densitas Lemak Epikardial pada pasien Sindrom Koroner Akut disertai COVID-19.
2. Mengetahui gambaran *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) pada pasien Sindrom Koroner Akut disertai COVID-19.

3. Mengetahui hubungan antara densitas Lemak Epikardial dan *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) pada pasien Sindrom Koroner Akut disertai COVID-19.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

##### **1.4.1. Manfaat teori**

Penelitian bermanfaat mengetahui informasi densitas lemak epikardial dan *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) pada pasien Sindrom Koroner Akut disertai pneumonia COVID-19.

##### **1.4.2. Manfaat implikasi klinik**

Penelitian ini sangat bermanfaat bagi para dokter secara umum dan khususnya bagi dokter spesialis jantung untuk menentukan apakah peningkatan densitas lemak epikardial berkorelasi dengan peningkatan *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR). Pemeriksaan densitas lemak epicardial diperiksa pada pemeriksaan CT scan Thorax dan PLR ini diperiksa pada pemeriksaan darah rutin pasien dengan COVID-19 sehingga data lebih mudah diperoleh, praktis dan tidak memerlukan biaya tambahan untuk pemeriksaannya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

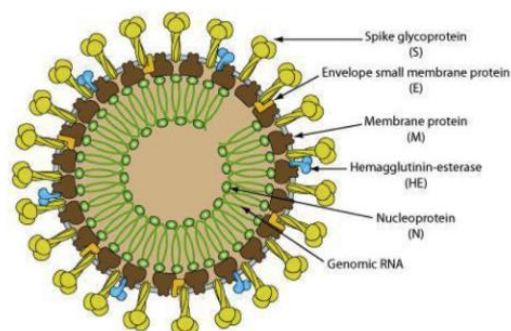
#### 2.1. Coronavirus Disease 2019

*Coronavirus disease 2019* (COVID-19), yang disebabkan oleh *severe acute respiratory syndrome coronavirus-2* (SARS-CoV-2) (Kosmeri *et al.*, 2020). Coronavirus adalah subfamili dari virus RNA *positive single stranded* yang termasuk dalam famili Coronaviridae. Virus corona umumnya menyebabkan penyakit pernapasan ringan, tetapi dua virus corona yang sangat patogen telah menyebabkan epidemi di seluruh dunia dan jumlah kematian yang cukup besar: pada tahun 2003, *severe acute respiratory syndrome coronavirus* (SARS-CoV) dan pada tahun 2012, *Middle East respiratory syndrome coronavirus* (MERS-COV) (Ornelas-Ricardo and Jaloma-Cruz, 2020).

Cedera miokard adalah salah satu komplikasi COVID-19, kemungkinan karena kerusakan langsung pada kardiomyosit, peradangan sistemik, fibrosis interstitial miokard, respons imun yang dimediasi interferon, respons sitokin yang berlebihan oleh sel T helper Tipe 1 dan Tipe 2, sebagai tambahan untuk destabilisasi plak koroner dan hipoksia (Das, 2020). Kondisi kardiovaskular yang terjadi bersamaan muncul pada 8-25% dari keseluruhan populasi yang terinfeksi COVID-19 dan pada proporsi yang lebih tinggi pada mereka yang meninggal (Dhakal *et al.*, 2020). Sistem kardiovaskuler tampaknya memiliki interaksi kompleks dengan COVID-19. Laporan yang dipublikasikan merinci bukti cedera miokard pada 20-40% kasus rawat inap (Guzik *et al.*, 2020). Sindrom koroner akut, aritmia, gagal jantung, syok kardiogenik, *acute myocardial injury* tanpa obstruksi koroner, efusi pericardium serta koagulopati dengan komplikasi tromboemboli pada pasien dengan COVID-19 (Hendren *et al.*, 2020). Pasien dengan penyakit kardiovaskuler terdiri 4,2% dari kasus yang dikonfirmasi COVID-19 namun merupakan 22,7% dari semua kasus fatal, dengan tingkat kematian kasus 10,5% (Madjid *et al.*, 2020).

COVID-19 adalah partikel bersampul bulat atau pleomorfik yang mengandung RNA untai tunggal (sense positif) yang terkait dengan nukleoprotein dalam kapsid yang terdiri dari protein matriks. Amplop tersebut mengandung proyeksi glikoprotein

berbentuk tongkat. Beberapa virus corona juga mengandung protein hemagglutinin-esterase (HE) (Gambar 1.). Coronavirus memiliki genom terbesar (26.4e31.7 kb) di antara semua virus RNA yang diketahui, dengan kandungan GpC bervariasi dari 32% hingga 43%. Genom virus mengandung ciri-ciri khas, termasuk fragmen terminal-N yang unik di dalam protein lonjakan. Gen untuk protein struktural utama di semua coronavirus terjadi di 50e30orderas S, E, M, dan N5. CoV tipikal mengandung setidaknya enam ORFs dalam genomnya. Semua protein struktural dan aksesori ditranslasikan dari sgRNA CoV. Empat protein struktural utama mengandung protein spike (S), membran (M), envelope (E), dan nukleokapsid (N) yang dikodekan oleh ORFs pada sepertiga dari genom. Protein dewasa ini bertanggung jawab atas beberapa fungsi penting dalam pemeliharaan genom dan replikasi virus. Ada tiga atau empat protein virus dalam membran virus corona. Protein struktural yang paling melimpah adalah membran (M) glikoprotein. Lonjakan protein (S) sebagai tipe I membran glikoprotein merupakan peplomer. Faktanya, penginduksi utama antibodi penetralisir adalah protein S. Di antara protein amplop dengan ada interaksi molekuler yang mungkin menentukan pembentukan dan komposisi membran virus corona. M memainkan peran dominan dalam pembentukan partikel virus intraseluler tanpa memerlukan S. Dengan adanya tunica mycin coronavirus tumbuh dan menghasilkan spikeless, virus noninfectious yang mengandung M tetapi tanpa S (Mousavizadeh and Ghasemi, 2020).



**Gambar 1. Skema virus corona**

(Mousavizadeh and Ghasemi, 2020)

SARS-CoV-2 terutama menargetkan paru-paru, pembuluh darah, dan sistem kekebalan. Langkah awal dari multiplikasi virus adalah pengikatan ke permukaan sel pernapasan yang dimediasi oleh protein virus spike (S). Telah berspekulasi bahwa

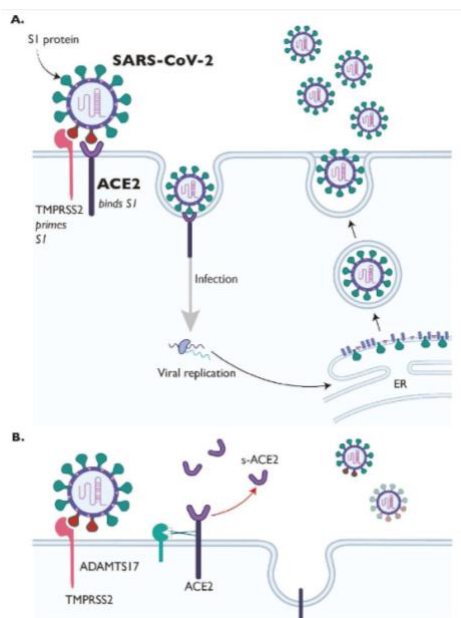


SARS-CoV-2 kemungkinan menggunakan angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2). Afinitas SARS-CoV-2 untuk ACE2 adalah 10-20-lebih tinggi dibandingkan dengan SARS-CoV (Das, 2020).

SARS-CoV-2 (COVID-19) berikatan dengan ACE2 (angiotensin-converting enzyme 2) dengan Spike-nya dan memungkinkan COVID-19 memasuki dan menginfeksi sel. Agar virus dapat masuk sepenuhnya ke dalam sel setelah proses awal ini, spike protein harus dipancing oleh enzim yang disebut protease. Mirip dengan SARS-CoV, SARS-CoV-2 (COVID-19) menggunakan proteasecall TMPRSS2 (transmembrane serine protease 2) untuk menyelesaikannya. proses ini. Untuk menempelkan reseptor virus (spike protein) ke ligan selulernya (ACE2), diperlukan aktivasi oleh TMPRSS2 sebagai protease (Gambar 2.). Setelah virus memasuki sel inang dan melepaskan mantel, genom ditranskrip dan kemudian diterjemahkan. Replikasi dan transkripsi genom Corona terjadi pada membran sitoplasma dan melibatkan proses terkoordinasi dari sintesis RNA kontinu dan terputus yang dimediasi oleh replikasi virus, kompleks protein besar yang disandikan oleh gen replikasi 20 kb. Kompleks replika ini diyakini terdiri dari hingga 16 sub-unit virus dan sejumlah protein seluler. Selain RNA polimerase yang bergantung pada RNA, RNA helikase, dan aktivitas protease, yang umum untuk virus RNA, replikasi virus korona baru-baru ini diperkirakan menggunakan berbagai enzim pemrosesan RNA yang tidak (atau sangat jarang) ditemukan pada virus RNA lain. Protein berkumpul di membran sel dan RNA genom dimasukkan sebagai bentuk partikel matang dengan tunas dari membran sel internal (European Society of cardiology, 2020; Mousavizadeh and Ghasemi, 2020).

ACE2 diekspresikan di paru-paru, sistem kardiovaskular, usus, ginjal, sistem saraf pusat dan jaringan adiposa. ACE2 adalah peptida kunci dari sistem renin-angiotensin (RAS) atau renin-angiotensin-aldosterone system (RAAS). Angiotensin II (Ang II) adalah efektor utama dari RAAS yang meningkatkan hipertensi sebagian dengan menurunkan sensitivitas baroreseptor untuk mempertahankan detak jantung, dan peningkatan vasokonstriksi, retensi natrium, stres oksidatif, inflamasi dan fibrosis. Bukti dari berbagai studi mendukung fungsi penting ACE2 untuk secara efisien mendegradasi Ang II menjadi Ang- (1-7), yang berlawanan dengan efek Ang II (Gbr. 3). Ang- (1-7) mengurangi tekanan darah melalui vasodilatasi, mempromosikan ekskresi natrium dan air oleh ginjal, dan juga mengurangi peradangan melalui produksi oksidasi nitrat (Gbr.3). Sebaliknya, ACE mengubah Ang I menjadi Ang II, yang bekerja pada reseptor angiotensin tipe 1 (AT1R) dan meningkatkan tekanan darah dengan menginduksi vaskular, meningkatkan

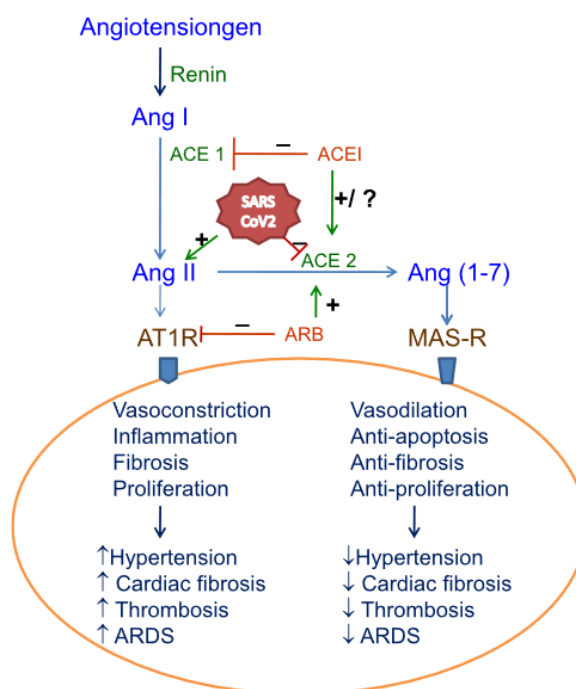
reabsorpsi natrium dan air oleh ginjal, dan menghasilkan stres oksidatif untuk meningkatkan inflamasi dan fibrosis (Gambar. 3.) (Das, 2020).



**Gambar 2. Peran penting ACE2 dalam regulasi invasi virus di sel yang mengekspresikan ACE**  
(Mousavizadeh and Ghasemi, 2020)

Masuknya virus ke dalam sel lebih lanjut memfasilitasi multiplikasi virus dan transmisi sel ke sel, dan dipikirkan untuk menekan ekspresi ACE2. Supresi ACE2 ini menyebabkan penurunan level jaringan dan mengurangi pembentukan Ang- (1-7), dan seiring dengan itu meningkatkan level Ang II. ACE selanjutnya mengubah Ang- (1-7) menjadi peptida biologis yang kurang biologis. Proses ini dapat mendorong respons inflamasi yang dimediasi Ang II-AT1R di paru-paru dan secara prospektif merangsang cedera parenkim. Patogenesis melibatkan dua proses yang saling berhubungan: peradangan paru dan defisiensi imun, keduanya terkait dengan respons imunologis yang tidak tepat dan berlebihan- produksi sitokin proinflamasi, Selain itu, keseimbangan redoks yang diubah dalam sel yang terinfeksi melalui perubahan biosintesis NAD<sup>+</sup>, poly (ADP-ribose) polimerase (PARP) bersama dengan mengubah fungsi proteasa dan mitokondria semakin memperburuk peradangan dan peroksidasi lipid yang mengakibatkan kerusakan sel. Selain itu, aktivasi apoptosis yang diinduksi SARS-CoV-2 dan jalur pensinyalan p53 pada limfosit menyebabkan limfopenia pada pasien tersebut.

SARS-CoV-2 menunjukkan perilaku neurotropik dan juga dapat menyebabkan penyakit neurologis. Dilaporkan bahwa CoV sering ditemukan di otak atau cairan serebrospinal. Ciri lain dari COVID-19 yang parah adalah koagulopati, yang ditentukan oleh peningkatan plasmin (ogen) pada pasien tersebut. Plasmin dan protease lainnya, dapat membelah situs furin di protein S SARS-CoV-2 secara ekstraseluler, yang meningkatkan infektivitas dan virulensinya, dan terkait dengan hiperfibrinolisis (Das, 2020).



**Gambar 3. Skema fungsional sistem renin-angiotensin**

Protease renin mengubah prekursor angiotensinogen menjadi Ang I dan selanjutnya diubah menjadi AngII oleh dipeptidylcarboxy-peptidase ACE. AngII berikatan dengan AT1R untuk menstimulasi inflamasi, fibrosis, stres oksidatif dan peningkatan tekanan darah. Ang II diubah menjadi Ang- (1-7) melalui NEP dan monocarboxypeptidase ACE2. Ang- (1-7) mengikat Mas-R untuk melakukan tindakan anti-inflamasi dan anti-fibrotik, merangsang pelepasan oksida nitrat dan mengurangi tekanan darah. SARS-CoV-2 berikatan dengan ACE2 untuk merangsang internalisasi virus dan peptidase yang menyebabkan efek merusak. ACEIs/ARBs mengatur jalur metabolisme (Das, 2020)

Fase inkubasi COVID-19 adalah 3–7 hari secara global. Sekitar 80% kasus infeksius tetap ringan atau asimtomatik, 15% parah dan 5% kasus infeksius berubah menjadi kritis, yang membutuhkan ventilasi. Tiga penyebab utama infeksi termasuk penyakit ringan dengan gejala pernapasan atas, pneumonia tidak berat, dan pneumonia berat yang dipersulit oleh sindrom gangguan pernapasan akut (ARDS) dan kegagalan multi organ. Demam dan batuk adalah gejala yang paling umum, sedangkan dispnea,

kelelahan, sesak napas dan ketidaknyamanan dada diamati pada kasus sedang sampai berat. Gangguan penciuman dan rasa juga dilaporkan pada pasien COVID-19, yang mungkin tidak memiliki indikasi hidung. Pasien dapat menderita lebih lanjut dari ekstrapneumonia paru, termasuk yang mempengaruhi hati dan saluran pencernaan, dengan indikasi seperti diare, muntah dan sakit perut (Das, 2020).

Gambaran klinis COVID-19 terdokumentasi dengan baik, dan paling umum termasuk demam, dispnea, anosmia, dan perubahan rasa, bersama dengan mialgia, kelelahan, dan batuk nonproduktif. Tanda / gejala tambahan, seperti anoreksia, pedal akro-iskemia ("COVID-toes"), diare, dan sakit tenggorokan, juga telah dilaporkan. Bukti epidemiologi saat ini menunjukkan bahwa hingga 80% pasien yang terinfeksi SARS-CoV-2 mungkin asimtomatik atau hanya bergejala ringan (yaitu, hanya menunjukkan gejala pernapasan ringan, seperti pada infeksi virus corona khas lainnya), sementara 5-15% pasien berisiko mengembangkan bentuk penyakit yang parah atau bahkan kritis, masing-masing, berkembang menjadi *acute respiratory distress syndrome* (ARDS), peradangan sistemik, dan trombosis yang meluas, terutama di paru-paru (Christensen *et al.*, 2020).

## **2.2. Hubungan COVID-19 dengan Sindrom Koroner Akut**

Selain komplikasi sistemik dan pernapasan, COVID-19 dapat bermanifestasi dengan sindrom kardiovaskular akut (ACovCS; Tabel 1.dan Gambar 4.). Sindrom mirip miokarditis yang menonjol yang melibatkan cedera miokard akut yang sering dikaitkan dengan penurunan fraksi ejeksi ventrikel kiri tanpa adanya penyakit arteri koroner obstruktif. Sindrom ini dapat dipersulit oleh aritmia jantung atau gagal jantung klinis dengan atau tanpa terkait ketidakstabilan hemodinamik, termasuk syok. Komplikasi jantung ini dapat terjadi secara tiba-tiba di mana saja selama rawat inap dan semakin sering digambarkan sebagai komplikasi lanjut yang dapat terjadi setelah perbaikan dalam status pernapasan pasien. ACovCS dapat disebabkan oleh sindrom koroner akut, iskemia permintaan, cedera iskemik mikrovaskuler, cedera terkait dengan disregulasi sitokin, atau miokarditis (Hendren *et al.*, 2020).

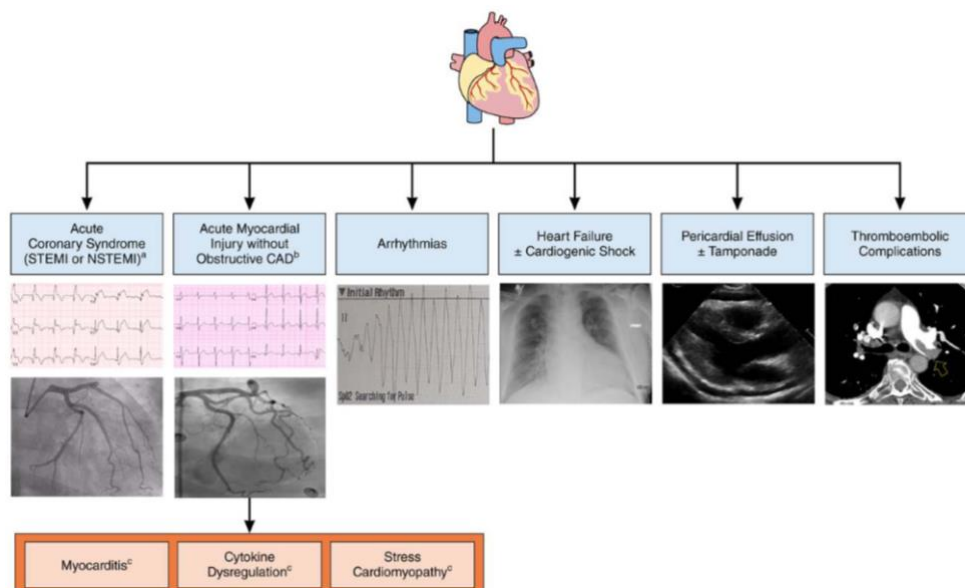
Sindrom koroner akut dan infark miokard tercatat terjadi setelah SARS. IMA adalah penyebab kematian pada 2 dari 5 kasus fatal. Komplikasi lain dari SARS adalah takikardia (72%), dan komplikasi lainnya. adalah hipotensi (50%), bradikardia (15%),

kardiomegali transien (11%), dan fibrilasi atrium paroksismal transien (0,008%) (Madjid *et al.*, 2020).

**Tabel 1. Spektrum dari acute coronavirus disease 2019 (COVID-19)**  
(Hendren *et al.*, 2020)

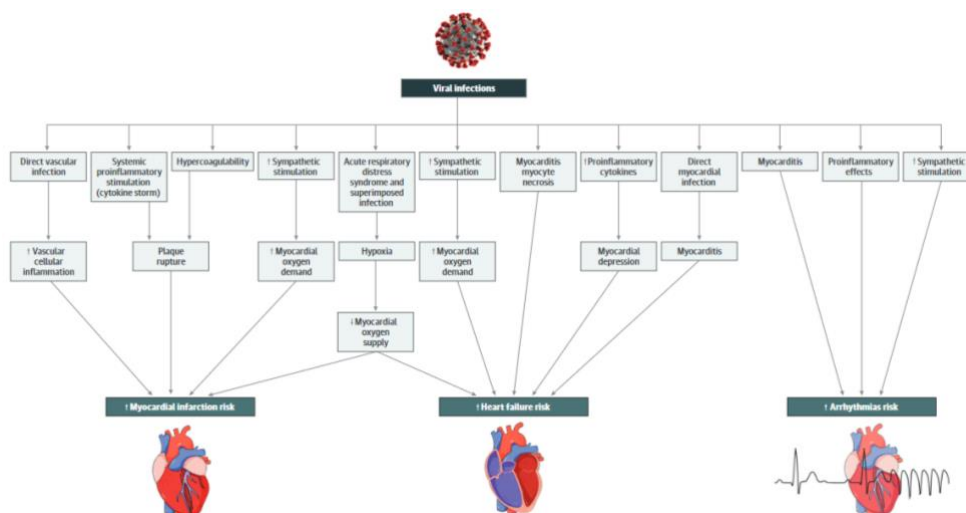
Clinical Presentation	Key Manifestations
Acute coronary syndrome (STEMI or NSTEMI)*	Chest pain, elevated troponin, wall motion abnormalities, and/or ST-segment depression or elevation±T-wave abnormalities
Acute myocardial injury without obstructive CAD†	Elevated troponin±additional symptoms
Arrhythmias	Atrial arrhythmias, ventricular tachycardia, ventricular fibrillation, or complete heart block‡
Heart failure±cardiogenic shock	De novo systolic dysfunction
	Myocarditis or myopericarditis
	Cytokine-mediated cardiomyopathy
	Stress-induced cardiomyopathy
	Mediated through other risk factors (eg, atrial arrhythmias)
	Acute or chronic decompensated systolic dysfunction ±elevated troponin
	Recurrent systolic dysfunction after LVEF recovery
Heart failure with preserved LVEF§	
Pericardial effusion	±Tamponade
Thromboembolic complications	Arterial thromboembolism, deep vein thrombosis, intracardiac thrombus, microvascular thrombi,± pulmonary embolism, stroke

Sebuah studi dari Singapura melaporkan pemeriksaan postmortem pada 8 pasien yang meninggal akibat SARS di mana 4 pasien mengalami tromboemboli paru dan 3 pasien mengalami trombosis vena dalam. Satu pasien mengalami infark subendokardial dengan penyakit koroner oklusif (yang mengalami IMA pada presentasi dengan SARS). Satu pasien memiliki vegetasi katup katup mitral, trikuspid, dan aorta, bersama dengan infark di jantung, ginjal, limpa, dan otak (Chong *et al.*, 2004).



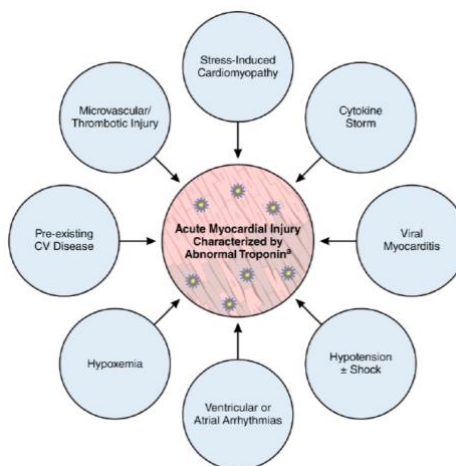
**Gambar 4. Spektrum dari acute coronavirus disease 2019 (COVID-19) cardiovascular syndrome (ACovCS)**  
(Hendren *et al.*, 2020)

Penyakit Coronavirus 2019 dapat menyebabkan patologi jantung baru dan/atau memperburuk penyakit kardiovaskular yang mendasarinya. COVID-19 dapat memicu sindrom koroner akut, aritmia, dan perkembangan eksaserbasi gagal jantung, terutama karena kombinasi dari respons inflamasi sistemik yang signifikan ditambah peradangan vaskular lokal pada tingkat plak arteri bersama dengan efek lainnya (Gambar 5.) (Madjid *et al.*, 2020).



**Gambar 5. Mekanisme Potensi Efek Akut Infeksi Virus pada Sistem Kardiovaskular**  
(Madjid *et al.*, 2020)

Kerusakan miokard akut selama penyakit virus dapat disimpulkan dari peningkatan biomarker tertentu, perubahan karakteristik elektrokardiografik, atau fitur pencitraan baru dari gangguan fungsi jantung. Laporan anekdotal menggambarkan kasus cedera miokard akut yang ditandai dengan peningkatan troponin jantung disertai dengan elevasi segmen ST atau depresi pada EKG dan angiografi seringkali tanpa penyakit arteri koroner epikardial atau lesi yang teridentifikasi. Data awal menunjukkan bahwa penyebab dominan cedera miokard untuk fenotipe ini adalah cedera miokard tanpa adanya trombosis arteri koroner epikardial. Selain itu, miokarditis, sitokin sistemik, kardiomiopati terkait stres, atau trombosis mikrovaskuler dapat menyebabkan pola cedera miokard akut (Gambar 6.) (Hendren *et al.*, 2020).



**Gambar 6. Mekanisme potensial cedera miokard pada acute coronavirus disease 2019 (COVID-19) cardiovascular syndrome**  
(Hendren et al., 2020)

Cedera miokard yang terkait dengan SARS-CoV-2 terjadi pada 5 dari 41 pasien pertama yang didiagnosis dengan COVID-19 di Wuhan, yang terutama bermanifestasi sebagai peningkatan kadar troponin I jantung sensitivitas tinggi (hs-cTnI) ( $> 28$  pg / ml) 3. Dalam penelitian ini, empat dari lima pasien cedera miokard dirawat di unit perawatan intensif (ICU), yang menunjukkan sifat serius cedera miokard pada pasien COVID-19. Tingkat tekanan darah secara signifikan lebih tinggi pada pasien yang dirawat di ICU dibandingkan pada mereka yang tidak dirawat di ICU (tekanan darah sistolik rata-rata 145 mmHg versus 122 mmHg;  $P < 0,001$ ) (Huang *et al.*, 2020). Dalam laporan lain dari 138 pasien COVID-19 di Wuhan, 36 pasien dengan gejala parah dirawat di ICU. Tingkat biomarker cedera miokard secara signifikan lebih tinggi pada pasien yang dirawat di ICU dibandingkan pada mereka yang tidak dirawat di ICU, menunjukkan bahwa pasien dengan gejala berat sering mengalami komplikasi yang melibatkan cedera miokard akut (Wang *et al.*, 2020). Selain itu, di antara kasus infeksi SARS-CoV-2 yang dikonfirmasi yang dilaporkan oleh Komisi Kesehatan Nasional China, beberapa pasien pertama kali pergi ke dokter karena gejala kardiovaskular. Pasien mengalami palpitasi jantung dan dada sesak, bukan gejala pernapasan, seperti demam dan batuk, tetapi kemudian didiagnosis dengan COVID-19. Di antara orang yang meninggal karena COVID-19 yang dilaporkan oleh NHC, 11,8% pasien tanpa CVD yang mendasari mengalami kerusakan jantung yang substansial, dengan peningkatan tingkat cTnI atau serangan jantung selama rawat inap. Oleh karena itu, pada penderita COVID-19, kejadian gejala



kardiovaskular tinggi, karena adanya respon inflamasi sistemik dan gangguan sistem imun selama perkembangan penyakit (Zheng *et al.*, 2019).

Resiko terjadinya SKA yang disebabkan oleh penyakit infeksi saluran pernafasan mencapai puncaknya pada saat awal infeksi terjadi dan berkorelasi dengan tingkat keparahan penyakit. Gagal nafas yang dapat menyebabkan hipoksemia berat berkontribusi mengurangi suplai oksigen serta mengaktifkan kerja sistem saraf simpatis (Schiavone *et al.*, 2020).

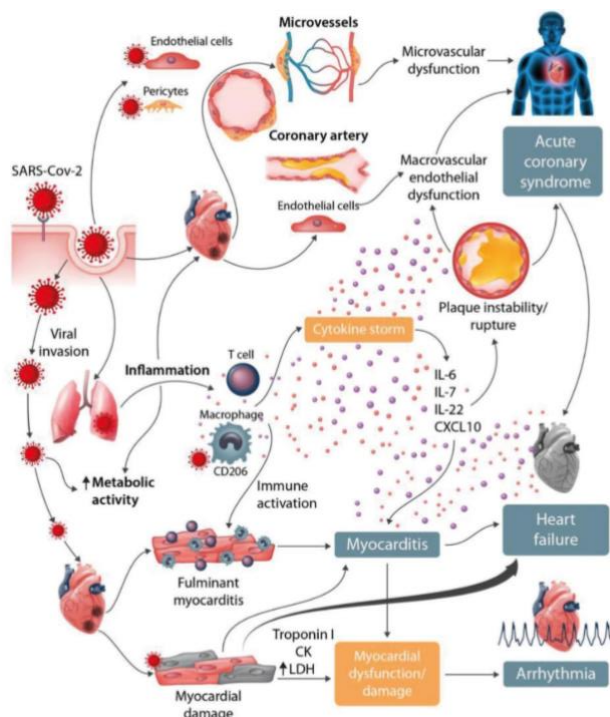
Mekanisme yang mendasari hubungan antara infeksi saluran pernafasan dan SKA adalah keadaan pro-inflamasi. Berbagai patogen sebagai penyebab dan memiliki peran penting untuk terjadinya proses inflamasi yang dapat memicu SKA. Plak aterosklerotik mengandung sel inflamasi yang berproliferasi dan melepaskan sitokin yang merangsang sel otot polos untuk membentuk *fibrous cap*. Keadaan inflamasi akan melepaskan beberapa sitokin pro inflamasi seperti interleukin 1, 6, dan 8 dan tumor necrosis factor  $\alpha$ , yang dapat mengaktifkan sel inflamasi di plak aterosklerotik. Aktivitas inflamasi pada plak ateromatosa meningkat setelah stimulus infeksi. Ketika diaktifkan, sel-sel inflamasi intraplaque, terutama makrofag dan sel-T, mengatur protein respon host, termasuk metaloproteinase dan peptidase, yang menurunkan komponen matriks ekstraseluler dan mendorong ledakan oksidatif, yang semuanya berkontribusi pada destabilisasi plak (Schiavone *et al.*, 2020).

Mekanisme cedera miokard akut akibat infeksi SARS-CoV-2 mungkin terkait dengan ACE2. Angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) adalah aminopeptidase yang terikat membran yang memiliki peran penting dalam sistem kardiovaskular dan imun. ACE2 terlibat dalam fungsi jantung dan telah diidentifikasi sebagai reseptor fungsional untuk SARS-CoV-2. Infeksi SARS-CoV-2 dipicu oleh pengikatan protein spike virus ke ACE2, yang sangat banyak diekspresikan di jantung dan paru-paru. SARS-CoV-2 terutama menyerang sel epitel alveolar, mengakibatkan gejala pernapasan. ACE2 diekspresikan secara luas tidak hanya di paru-paru tetapi juga di sistem kardiovaskular dan, oleh karena itu, jalur pensinyalan terkait ACE2 mungkin juga berperan dalam cedera jantung. Mekanisme lain yang diusulkan untuk cedera miokard termasuk badai sitokin yang dipicu oleh respons yang tidak seimbang oleh sel T helper tipe 1 dan tipe 2 serta disfungsi pernapasan dan hipoksemia yang disebabkan oleh COVID-19, yang mengakibatkan kerusakan pada sel miokard (Zheng *et al.*, 2019).

Laporan tambahan dari Wuhan menunjukkan proporsi yang signifikan dari pasien yang tidak bertahan hidup juga mengalami peningkatan transaminase, dehidrogenase laktat, kreatin kinase, D-dimer, serum ferritin, interleukin-6, dan waktu protrombin, yang secara total menunjukkan peningkatan yang nyata pada mediator proinflamasi dan profil sitokin yang serupa untuk sindrom pelepasan sitokin. Untuk ACovCS, tidak jelas untuk sejauh mana peningkatan sitokin menyebabkan atau berkontribusi pada cedera miokard, disfungsi ventrikel kiri, dan peningkatan troponin jantung (Hendren *et al.*, 2020).

Pemeriksaan patologis dapat membantu mengklarifikasi apakah cedera miokard sebagian besar terjadi secara tidak langsung sebagai akibat dari sitokin sistemik atau secara langsung sebagai akibat dari infeksi kardiomyosit virus atau mekanisme lainnya. Cedera seluler akut yang disebabkan oleh kardiomyosit SARS-CoV-2, perisit, atau infeksi fibroblast melalui entri yang dimediasi ACE2 dan replikasi virus berikutnya adalah proses teoretis tetapi belum terbukti (Hendren *et al.*, 2020). Pengalaman miokarditis akut sebelumnya dengan virus alternatif menunjukkan bahwa cedera sel langsung terkait dengan kombinasi virus kardiotropik masuk ke miosit dan respons imun bawaan berikutnya yang dapat menyebabkan nekrosis miokard fokal atau difus. Dalam beberapa hari setelah cedera seluler langsung ini, edema dan nekrosis dapat menyebabkan disfungsi kontraktile dan gejala klinis (Cooper, 2010). Jika benar pada COVID-19, cedera tertunda ini berpotensi bermanifestasi sebagai penurunan klinis mendadak setelah beberapa hari stabil. Virus kardiotropik seperti SARS-CoV-1 biasanya dibersihkan dari miokardium dalam waktu 5 hari; namun, jarang, virus dapat bertahan di miokardium selama beberapa minggu hingga berbulan-bulan. Dengan anggapan bahwa SARS-CoV-2 dapat secara langsung menginfeksi miokardium, miokarditis terkait akan terlihat terutama pada stadium akut atau subakut (Hendren *et al.*, 2020).

Selain itu, cedera miokard pada COVID-19 juga dapat diakibatkan oleh aktivasi inflamasi yang mendalam dan pelepasan sitokin (Hendren *et al.*, 2020; Madjid *et al.*, 2020). Respons inflamasi yang mendalam dengan produksi sitokin yang ditandai umumnya terjadi pada pasien rawat inap dengan COVID-19 parah atau kritis. Respons inflamasi yang ditandai ini juga dapat menyebabkan perkembangan koagulopati intravaskular diseminata pada pasien yang sakit kritis. Trombosis mikrovaskuler di pembuluh koroner akibat koagulopati intravaskular diseminata adalah mekanisme potensial lain tetapi belum terbukti yang dapat berkontribusi pada cedera miokard (Hendren *et al.*, 2020).



**Gambar 7. Keterlibatan kardiovaskular dalam COVID-19, manifestasi kunci dan mekanisme hipotetis**  
(Hendren *et al.*, 2020)

Singkatnya, SARS-CoV-2 berpotensi menginfeksi kardiomyosit, perist, dan fibroblast melalui jalur ACE2, yang menyebabkan cedera miokard langsung, tetapi urutan patofisiologis tersebut masih belum terbukti. Hipotesis kedua untuk menjelaskan cedera miokard terkait COVID-19 berpusat pada kelebihan sitokin atau mekanisme yang dimediasi antibodi. Penyelidikan lebih lanjut diperlukan untuk mengklarifikasi mekanisme cedera ACovCS yang dominan.

Pada pemeriksaan fisik, telah dilaporkan adanya hipotensi, takikardia, takipnea, tanda curah jantung rendah, dan bunyi jantung ketiga. Patut dicatat bahwa elektrokardiogram (EKG) dapat menunjukkan elevasi segmen ST difus dengan morfologi cekung dalam kaitannya dengan peningkatan signifikan troponin, brain natriuretic peptide (BNP)/NT-proBNP, dan bukti aktivitas inflamasi. Ekokardiografi transtoraks juga dapat menunjukkan hipokinesia difus dengan penebalan miokard dan penurunan fraksi ejeksi ventrikel kiri, sedangkan pencitraan resonansi magnetik jantung menunjukkan edema interstisial difus. Penting untuk diingat bahwa semua ujian pelengkap ini memiliki batasan penting yang membutuhkan logistiknya sendiri karena daya penularan SARS-

CoV-2 yang tinggi. Dari sudut pandang terapeutik, pasien dengan tanda klinis hipoperfusi jaringan dan kelebihan cairan telah diserahkan ke dukungan inotropik dan terapi diuretik. Selain itu, alat bantu sirkulasi seperti venoarterial *extracorporealmembrane oxygenation* (ECMO) telah digunakan pada pasien dengan syok kardiogenik dan cedera miokard berat dengan gangguan hemodinamik (Azevedo *et al.*, 2021).

### 2.3. Parameter Laboratorium pada COVID-19

Kelainan laboratorium paling umum pada pasien dengan COVID-19 termasuk penurunan jumlah albumin dan limfosit serta peningkatan protein C-reaktive protein (CRP), laktat dehidrogenase (LDH), laju endah darah (LED), aspartate transaminase (AST), alanine transaminase (ALT), dan D-dimer (Christensen *et al.*, 2020).

**Tabel 2. Kelainan biomarker pada pasien COVID-19 dengan penyakit sistemik berat dan potensi biomarker baru**  
(Ponti *et al.*, 2020)

Hematologic biomarkers		Biochemical biomarkers		Coagulation biomarkers	Inflammatory biomarkers	Potential new biomarkers	
↑	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↓
WBC count	Lymphocyte count	ALT	Albumin	PT	ESR	Hcy	Ang-(1-7)
Neutrophil count	Platelet count	AST		D-dimer	CRP	Ang II	Ang-(1-9)
	Eosinophil count	Total bilirubin			Serum ferritin	NLR	Alamandine
	T cell count	Blood urea nitrogen			PCT	MLR	
	B cell count	CK			IL-2		
	NK cell count	LDH			IL-6		
		Myoglobin			IL-8		
		CK-MB			IL-10		
		Cardiac troponin I					
		Creatinine					

WBC: white blood cell; NK: natural killer; ALT: alanine aminotransferase; AST: aspartate aminotransferase; CK: creatine kinase; LDH: lactate dehydrogenase; PT: prothrombin time; ESR: erythrocyte sedimentation rate; CRP: C-reactive protein; PCT: procalcitonin; IL: interleukin; Hcy: homocysteine; Ang: angiotensin; NLR: neutrophil-lymphocyte ratio; MLR: monocyte-lymphocyte ratio.

Guan *et al.* (2020) merilis survei besar yang memeriksa karakteristik klinis dan laboratorium dari 1.099 pasien yang terinfeksi COVID-19. Mereka melaporkan bahwa masuknya limfositopenia, trombositopenia dan leukopenia cukup umum. Secara rinci, 83,2% pasien datang dengan limfositopenia, yang didefinisikan sebagai jumlah limfosit kurang dari 1500 mm<sup>3</sup> sedangkan 36,2% dari mereka menunjukkan trombositopenia, yang didefinisikan sebagai jumlah trombosit kurang dari 150.000 mm<sup>3</sup>. Berkenaan dengan leukopenia (WBC kurang dari 4000 mm<sup>3</sup>), terlihat jelas pada 33,7% pasien. Selain itu, kejadian kelainan jumlah sel darah tersebut sejalan dengan beratnya penyakit. Oleh karena itu, pasien, yang menderita penyakit yang lebih parah, cenderung memiliki

kelainan yang lebih parah dibandingkan dengan mereka yang menderita penyakit ringan (91,1% vs 80,4% terkait limfositopenia, 57,7% vs 31,6% terkait trombositopenia dan 61,1% vs 28,1% terkait leukopenia masing-masing).

Virus ini memicu "badai sitokin", yang memediasi cedera pembuluh darah melalui peradangan lokal dan perekrutan leukosit dan sel-sel turunan makrofag/monosit, yang kemudian dapat memperburuk peradangan lokal dan cedera sel, sehingga memperberat kerusakan endotel seperti yang dijelaskan sebelumnya. Khususnya, neutrofil adalah sumber utama kemokin dan sitokin serta perangkap ekstraseluler neutrofil (NETs), dan terlihat pada tingkat yang meningkat pada penyakit yang lebih parah. Hal ini dapat menjelaskan leukositosis dan neutrofilia yang terkait dengan penyakit yang lebih parah. Limfopenia, di sisi lain, dapat dijelaskan oleh virus yang mengikat limfosit, menyebabkan penipisan sel T CD4 dan CD8 positif dalam upaya untuk menghindari sistem kekebalan tubuh (Christensen *et al.*, 2020).

**Tabel 3. Perubahan hematologi pada pasien COVID-19**

Parameter	Perubahan
Jumlah leukosit	Meningkat
Jumlah neutrofil	Meningkat
Rasio trombosit per limfosit	Meningkat
Jumlah trombosit	Menurun
Lactate dehydrogenase	Meningkat
Feritin serum	Meningkat
Interleukin (IL-6, IL-2, IL-7)	Meningkat
C-reactive protein	Meningkat
Prokalsitonin	Meningkat
Prothrombin time	Memanjang
D-dimer	Meningkat
Fibronogen degradation product	Meningkat

Trombosit merupakan sel imun penting dalam tubuh manusia, yang berperan penting dalam hemostasis, koagulasi, pemeliharaan integritas vaskuler, angiogenesis, imunitas bawaan, respon inflamasi, biologi tumor dan sebagainya. Perubahan jumlah dan aktivitasnya terkait erat dengan berbagai penyakit. Limfosit adalah sel-sel aktif-

utama dalam tubuh manusia, dan jumlah limfosit adalah penanda awal dari stres fisiologis dan peradangan sistemik. Faktor trombosit yang dilepaskan trombosit-4 dapat mencegah pembentukan limfosit, dan trombosit yang teraktivasi meningkatkan adhesi limfosit ke endotel, dengan demikian mempromosikan homing limfosit di vena endotel dan migrasi ke tempat inflamasi (Qu *et al.*, 2020).

#### **2.4. Platelet-Lymphocyte Ratio (PLR) pada COVID-19**

Pemeriksaan darah lengkap adalah tes rutin, otomatis, murah, dan mudah yang memberikan informasi tentang sel merah dan putih juga trombosit. Platelet Lymphocyte Ratio (PLR) mengacu pada rasio jumlah trombosit-per-limfosit (diperoleh dari sampel darah yang sama). Keuntungan dari pemilihan PLR, karena PLR merupakan rasio, serta mencerminkan jalur agregasi dan inflamasi, dan hal itu menyebabkan PLR relatif lebih stabil daripada parameter darah jumlah trombosit atau limfosit secara individual yang dapat dipengaruhi oleh beberapa variabel (misalnya dehidrasi, overhidrasi dan penanganan spesimen darah) (Balta and Ozturk, 2015). Pasien dengan tingkat limfosit yang lebih rendah pada diagnosis pertama lebih sakit parah, dan penurunan progresif dalam proporsi limfosit menunjukkan prognosis yang buruk. Perubahan PLR selama pengobatan, ditemukan bahwa semakin tinggi PLR, semakin lama tinggal di rumah sakit, yang menunjukkan korelasi linier. Semakin besar PLR, semakin parah badai sitokinnya, dan semakin lama tinggal di rumah sakit, semakin buruk prognosisnya (Qu *et al.*, 2020). Peningkatan nilai *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) berkorelasi positif dengan severitas COVID-19. Nilai *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) merupakan marker baru, yang dapat dihitung menggunakan hitung jenis leukosit dan *cost-effective* terutama pada tempat dengan sumber daya terbatas (Simadibrata, Adi, *et al.*, 2020; Sy and Rout, 2020; S. and Patil, 2021).

Nilai platelet menurun pada infeksi COVID-19 yang parah. Hal ini di hipotesiskan disebabkan oleh berkurangnya sintesis platelet akibat *cytokine storm* memicu penghancuran sel *progenitor* pada *bone marrow*, pembentukan autoantibodi dan kompleks imun yang memicu destruksi platelet, dan platelet yang aktif akan membentuk mirotrombus (Simadibrata, Pandhita, *et al.*, 2020).

Nilai limfosit menurun pada infeksi COVID-19 disebabkan karena beberapa hal, yaitu : (1)induksi apoptosis; (2)induksi pyroptosis; (3)kegagalan pembentukan oleh *bone*

*marrow*; (4) supresi *thymus*; (5) redistribusi limfosit; (6) *activation-induced cell death* (AICD); (7) Autofagi; (8) *CD8+ cytotoxic T lymphocyte (CTL)-dependent killing*; (9) *Antibody-dependent killing*; dan (10) *Dendritic cell (DC)-dependent killing* (Jafarzadeh *et al.*, 2021).

## **2.5. Platelet-Lymphocyte Ratio (PLR) dan Sindroma Koroner Akut**

Peningkatan jumlah trombosit berhubungan dengan prognosis kardiovaskular yang buruk. Demikian juga, jumlah limfosit yang rendah secara signifikan dan independen terkait dengan peningkatan morbiditas dan mortalitas kardiovaskuler. Kombinasi kedua parameter ini, *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) baru-baru ini muncul sebagai penanda inflamasi dan prediktor potensial untuk prognosis buruk dalam berbagai penyakit kardiovaskuler dan keganasan (Akboga *et al.*, 2016).

Nilai *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) pada saat admisi di rumah sakit berhubungan signifikan terhadap keparahan dan kompleksitas dari aterosklerosis pada pasien SKA (Kurtul, Murat, *et al.*, 2014). *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) dan Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio (NLR) pada saat admisi ke rumah sakit adalah prediktor yang kuat dan independen terhadap *Infarct-Related Artery (IRA) Patency* pada pasien dengan IMA-EST sebelum tindakan pPCI (Yayla *et al.*, 2015). Bahkan, PLR tetap merupakan prediktor signifikan terhadap kejadian *No Reflow* pada pasien IMA-EST bersamaan dengan NLR (Yildiz *et al.*, 2015).

*Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) juga dapat digunakan sebagai prediktor angka mortalitas kardiovaskuler di rumah sakit pada pasien dengan IMA-EST (Temiz *et al.*, 2014; Ozcan Cetin *et al.*, 2016) dan dapat digunakan untuk memprediksi *Long-Term Major Adverse Cardiovascular Events* (Ozcan Cetin *et al.*, 2016). Nilai *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) yang tinggi dikaitkan dengan infark miokard berulang, gagal jantung, stroke iskemik, dan juga berisiko untuk mendapatkan komplikasi jangka panjang (Li *et al.*, 2017; Sun *et al.*, 2018)

Nilai *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) berhubungan dengan angka mortalitas 6 bulan pada pasien IMA-EST yang menjalani pPCI (Ugur *et al.*, 2014). Nilai *Platelet-Lymphocyte Ratio* (PLR) yang tinggi diasosiasikan dengan kejadian *No Reflow*, nilai

*Syntax score* (SXS) yang tinggi, dan tingkat mortalitas yang tinggi pada pasien yang menjalani pPCI (Ayça *et al.*, 2015).

## 2.6. Epicardial Adipose Tissue

EAT adalah lemak visceral yang aktif secara metabolik, dianggap sebagai penanda baru peradangan. EAT terletak di antara miokardium dan perikardium viseral, adalah depot lemak unik dengan fitur multifaset seperti efek fisiologis lokal dan sistemik. Jaringan ini memiliki tingkat lipogenesis dan metabolisme asam lemak tertinggi di antara depot lemak viseral dan menampilkan sifat metabolik, termogenik, dan mekanis. Sindrom metabolik, adipositas viseral, dan kelainan jantung seperti penyakit arteri koroner dikaitkan dengan peningkatan jumlah EAT (Kim, 2020).

EAT meningkatkan ekspresi sitokin inflamasi pada pasien dengan CAD. Juga disarankan bahwa kepadatan EAT yang lebih rendah berkorelasi positif dengan peradangan jantung pada pasien COVID-19 (Tajbakhsh *et al.*, 2021). Peradangan memainkan peran utama dalam perkembangan dan perkembangan COVID-19. Ketidakseimbangan antara sekresi adipokin anti-dan pro-inflamasi dari EAT berperan dalam badai sitokin pada pasien COVID-19 yang sakit kritis (Zhao *et al.*, 2021). EAT adalah depot inflamasi dengan infiltrat makrofag padat, yang sangat diperkaya dengan sitokin pro-inflamasi, seperti interleukin (IL6), sitokin yang diekspresikan secara berlebihan pada pasien COVID-19. EAT dan miokardium berbagi mikrosirkulasi yang sama. Sitokin inflamasi EAT dapat mencapai miokardium melalui jalur vasa vasorum atau parakrin. Oleh karena itu, EAT kemungkinan besar terlibat dalam peradangan miokard COVID-19 dan kegagalan jantung-paru (Iacobellis and Malavazos, 2020).

Banyak pasien COVID-19 berakhir dengan kejadian kardiovaskular. Penurunan ACE2 dikaitkan dengan inflamasi EAT, sebagian karena virus memanfaatkan lebih banyak situs pengikatan ACE2 untuk internalisasi virus ke dalam adiposit dan kemudian memicu kaskade sinyal inflamasi yang diperbesar (Zhao *et al.*, 2021). ACE2 dikenal sebagai reseptor ligan masuk dari COVID-19. Penurunan regulasi sistem ACE2 miokard dapat memediasi peradangan miokard. Kehadiran ACE2 dalam EAT selanjutnya membuat depot lemak visceral ini menjadi pemain potensial dalam inflamasi miokard. Menariknya, penurunan ACE2 telah dikaitkan dengan inflamasi EAT. Down-regulasi ACE2 meningkatkan polarisasi EAT ke makrofag M1 pro-inflamasi, sedangkan



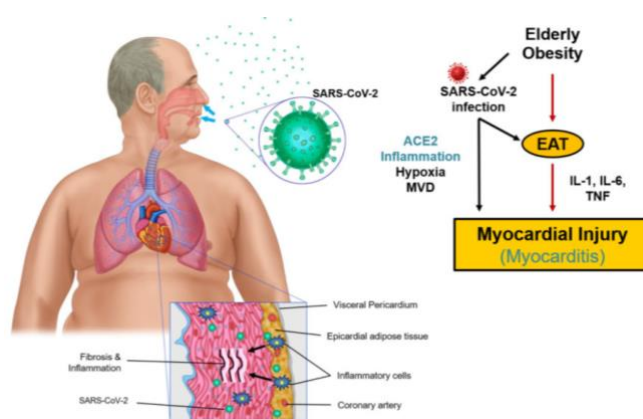
pengobatan angiotensin- (1-7) mengurangi polarisasi makrofag EAT dan fungsi jantung. Ketidakseimbangan antara sekresi adipokin anti dan pro-inflamasi dari EAT dapat berperan dalam badai sitokin yang dijelaskan pada pasien dengan COVID-19 parah. Respon inflamasi bawaan dari EAT dapat menyebabkan peningkatan regulasi dan pelepasan IL-6 yang lebih tinggi, yang menyebabkan inflamasi miokard. Obesitas muncul sebagai faktor risiko utama untuk komplikasi kardiopulmoner COVID-19. Depot jaringan adiposa visceral, seperti EAT, dapat dianggap sebagai reservoir fungsional COVID-19. Dalam jaringan adiposa yang sangat vaskularisasi, sel otot endotel dan otot polos serta makrofag residen menunjukkan gangguan tambahan sebagai respons terhadap sistem renin-angiotensin (RAS) yang diaktifkan. Jaringan adiposa adalah target potensial untuk penguatan kekebalan lebih lanjut oleh patogen eksternal seperti virus (Malavazos *et al.*, 2020).

Peningkatan nilai EAT saat masuk mungkin menjadi predisposisi patogenesis cedera miokard. Cedera miokard berperan sebagai kontributor keparahan dan kematian COVID-19. Cedera miokard adalah efek samping independen, yang memicu prognosis buruk. Adanya korelasi antara EAT saat masuk dan terjadinya cedera miokard. Pertama, nilai rata-rata EATV secara signifikan lebih besar pada pasien COVID-19 dengan cedera miokard dibandingkan mereka yang tidak mengalami cedera miokard. Kedua, 137,1 cm<sup>2</sup> adalah titik potong optimal EAT untuk memprediksi cedera miokard di rumah sakit. Ketiga, EAT di atas 137,1 cm<sup>2</sup> adalah indikator independen yang kuat untuk cedera miokard pada pasien COVID-19 umum, dengan nilai prediksi negatif yang berharga (Wei *et al.*, 2021).

Sebenarnya, EAT adalah pengukuran tidak hanya perluasan jaringan lemak tetapi juga pembesaran jaringan lunak peri- atau epikardial (mungkin terdiri dari jaringan ikat lemak dan inflamasi) dengan respon inflamasi. Ini sangat sensitif terhadap keadaan inflamasi yang berdekatan yang terkait dengan plak aterosklerotik koroner, fibrilasi atrium, dan gangguan inflamasi sistemik. Lemak epikardial mungkin merupakan transduser yang memediasi dampak merugikan dari inflamasi sistemik pada miokard yang berdekatan. EAT yang membesar secara signifikan pada pasien COVID-19 dengan cedera miokard, yang mungkin disebabkan oleh infiltrasi sel inflamasi dan edema sementara yang terkait dengan badai sitokin sistemik dan perikarditis dan mikro-miokarditis. Peningkatan nilai EATV pada pasien COVID-19 juga dapat mencerminkan kondisi patologis yaitu hiperlipidemia dan obesitas. Pembesaran EAT dapat berfungsi

sebagai parameter atau prediktor yang berpotensi penting untuk perkembangan cedera miokard. Meskipun mekanisme pasti di balik asosiasi EAT tinggi dan cedera miokard di rumah sakit masih belum jelas, disarankan untuk menggunakan pengukuran CT scan EAT sebagai evaluasi risiko awal untuk cedera miokard pada COVID-19, dalam kombinasi dengan metode pencitraan lain (Wei *et al.*, 2021).

Kaskade faktor inflamasi seperti TNF- $\alpha$  dan IL-6 telah dikaitkan dengan penurunan efek inotropik dan penurunan fungsi jantung, yang mengakibatkan perburukan hipoksia dan respons inflamasi miokard sistemik. Prevalensi cedera jantung yang lebih tinggi terkait dengan COVID-19 pada populasi spesifik ini mungkin terkait dengan EAT yang bertindak sebagai sebuah 'bahan bakar untuk peradangan jantung' (Gambar 10.) (Kim, 2020).



**Gambar 8. Cedera jantung berhubungan dengan SARS-CoV-2 dan peran EAT**

EAT, epicardial adipose tissue; ACE2, angiotensinconverting enzyme 2; MVD, microvascular damage; TNF, tumour necrosis factor; IL, interleukin. (Kim,2020)

Epicardial Adipose Tissue (EAT) atau lemak perikardeal didefinisikan sebagai atenuasi rata-rata yang diekspresikan dalam Hounsfield Unit (HU). Lebih dari setengah (54%) pasien menunjukkan tanda klinis dan CT dari emboli paru. Atenuasi EAT meningkat secara signifikan dengan meningkatnya keparahan COVID-19. Pasien dengan COVID-19 yang parah dan kritis memiliki atenuasi EAT yang secara signifikan lebih besar daripada mereka yang mengalami COVID-19 ringan dan sedang. Ketebalan EAT yang diukur dengan CT pada kelompok tingkat keparahan COVID-19 didapat berkorelasi signifikan dengan kadar troponin T sensitivitas tinggi. Selain itu, EAT secara signifikan berkorelasi dengan saturasi oksigen perifer dan suhu tubuh. Atenuasi EAT

mencerminkan perubahan inflamasi di dalam depot lemak. EAT menunjukkan tanda-tanda pencitraan peningkatan peradangan pada pasien dengan COVID-19 yang parah dan kritis. Atenuasi EAT yang diukur dengan CT secara konsensual lebih besar dengan tingkat keparahan COVID-19 yang lebih tinggi (Iacobellis *et al.*, 2020). EAT dan atenuasi radiologis terkait dengan beban kuantitatif COVID-19 dan peningkatan volume atau atenuasi EAT secara independen memprediksi kerusakan klinis atau kematian (Zhao *et al.*, 2021).

Secara mekanis, EAT dapat memberikan efek lokal langsung pada paru-paru dan/atau berkontribusi pada peningkatan respons inflamasi sistemik terhadap COVID-19. Volume EAT yang meningkat telah terbukti berhubungan dengan penurunan fungsi paru-paru pada individu yang sehat dan keparahan penyakit pada mereka dengan kondisi paru-paru kronis. Kedekatan EAT dengan arteri pulmonalis berpotensi memungkinkan difusi langsung mediator inflamasi ke dalam sirkulasi paru yang kemudian dapat memberikan efek vasokrin atau parakrin pada jaringan paru-paru. Peradangan lokal ini sebagian dapat menjelaskan hubungan tindakan EAT dengan beban kuantitatif pneumonia COVID-19. EAT memiliki pengaruh patofisiologis pada struktur yang berdekatan seperti arteri koroner dan miokardium, meningkatkan aterosklerosis dan fibrosis. Pelepasan sitokin proinflamasi dari EAT ke sirkulasi umum dapat berkontribusi pada keadaan inflamasi sistemik pada COVID-19; peradangan sistemik, pada gilirannya, meningkatkan akumulasi EAT, menciptakan umpan balik positif (Grodecki *et al.*, 2020).