

KARYA AKHIR

**HUBUNGAN KELOMPOK USIA GESTASI DAN FAKTOR
RISIKO DENGAN GAMBARAN *BRAIN INJURY* PADA
PEMERIKSAAN ULTRASONOGRAFI KEPALA BAYI
PREMATUR**

**THE RELATIONSHIP BETWEEN GESTATION GROUP AND
RISK FACTOR AND BRAIN INJURY DEPICTION ON
PREMATURE BABY HEAD ULTRASONOGRAPHIC
EXAMINATION**

ANNE MARIA PERMATA SARI



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**HUBUNGAN KELOMPOK USIA GESTASI DAN FAKTOR RISIKO
DENGAN GAMBARAN *BRAIN INJURY* PADA PEMERIKSAAN
ULTRASONOGRAFI KEPALA BAYI PREMATUR**

Karya Akhir

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Dokter Spesialis-1

Program Studi Ilmu Radiologi

Disusun dan Diajukan oleh

ANNE MARIA PERMATA SARI

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**HUBUNGAN KELOMPOK USIA GESTASI DAN FAKTOR RISIKO
DENGAN GAMBARAN *BRAIN INJURY* PADA PEMERIKSAAN
ULTRASONOGRAFI KEPALA BAYI PREMATUR**

Disusun dan diajukan oleh :

Anne Maria Permatasari

Nomor Pokok :C125181010

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Pendidikan Dokter Spesialis Program Studi Pendidikan Radiologi
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin
pada tanggal 17 Oktober 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


dr. Junus Baan, Sp.Rad (K)
NIP. 19581019 1989 1 001


dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K)
NIP. 19680908 199903 2 002



Ketua Program Studi

Dekan Fakultas


Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K)
NIP. 19710908 200212 2 002


Prof. Dr. dr. Hserani Rasyid, M.Kes, Sp.PD-KGH, Sp.GK
NIP. 19680530 199603 2001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA AKHIR

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : ANNE MARIA PERMATA SARI

Nomor Mahasiswa : C125181010

Program Studi : Ilmu Radiologi

Jenjang : PPDS-1

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis saya yang berjudul **“HUBUNGAN KELOMPOK USIA GESTASI DAN FAKTOR RISIKO DENGAN GAMBARAN *BRAIN INJURY* PADA PEMERIKSAAN ULTRASONOGRAFI KEPALA BAYI PREMATUR”** adalah benar merupakan hasil karya akhir saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan karya akhir ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 12 Desember 2022

Yang menyatakan

A handwritten signature in black ink is written over a yellow postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '5000', 'METERAI TEMPEL', and the serial number '09A JX654974567'.

ANNE MARIA PERMATA SARI

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan karya akhir ini yang berjudul “**HUBUNGAN KELOMPOK USIA GESTASI DAN FAKTOR RISIKO DENGAN GAMBARAN *BRAIN INJURY* PADA PEMERIKSAAN ULTRASONOGRAFI KEPALA BAYI PREMATUR**” Karya akhir ini disusun sebagai tugas akhir dalam Program Studi Dokter Spesialis-1 (Sp-1) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Saya menyadari bahwa karya akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna sehingga dengan segala kerendahan hati saya mengharapkan kritik, saran dan koreksi dari semua pihak. Banyak kendala yang dihadapi dalam rangka penyusunan karya akhir ini, namun berkat bantuan berbagai pihak maka karya akhir ini dapat juga selesai pada waktunya.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. dr. Junus Baan, Sp.Rad (K) selaku Ketua Komisi Penasehat
2. dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K), selaku sekretaris Komisi Penasehat
3. Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, MKM selaku Anggota Komisi Penasehat
4. Dr. dr. Ema Alasiry, Sp.A (K) selaku Anggota Komisi Penasehat
5. Prof. Dr. dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad (K) selaku Anggota Komisi Penasehat

Atas segala arahan, bimbingan dan bantuan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan, pelaksanaan selama penelitian hingga penyusunan dan penulisan sampai dengan selesainya karya akhir ini. Serta ucapan terima kasih atas segala arahan , nasehat dan bimbingan yang telah diberikan selama saya menjalani pendidikan di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin ini.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan saya kepada :

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Ketua TKP-PPDS FK UNHAS, Ketua Konsentrasi PPDS Terpadu FK UNHAS dan Direktur Program

Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makasar.

2. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K)TR, selaku Kepala Bagian Departemen Radiologi Universitas Hasanuddin, Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K) selaku Ketua Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin juga selaku Kepala Instalasi RSP. Universitas Hasanuddin, dr. Eny Sanre, M.Kes, Sp.Rad (K) selaku Kepala Instalasi Radiologi RS. Dr. Wahidin Sudirohusodo, dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad (K), dr. Junus Baan, Sp.Rad (K), dr. Luthfy Attamimi, Sp.Rad, dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K), dr. Dario Nelwan, Sp.Rad (K), dr. Rafika Rauf, Sp.Rad (K), dr. Isdiana Kaelan, Sp.Rad, dr. Amir Sp.Rad, dr M. Abduh, Sp.Rad, dr. Sri Mulyati, Sp.Rad, dr. Taufiqqul hidayat, Sp.Rad, dr. Suciati Damopolii, M.Kes, Sp.Rad (K)TR, dr. Rosdiana, Sp.Rad, M.Kes, dr. Amelia Bactiar, Sp.Rad, M.Ph, dr. Alia Amalia, Sp.Rad serta seluruh pembimbing dan dosen luar biasa dalam lingkup Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas arahan dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan.
3. Dosen-dosen pembimbing : dr. Junus Baan, Sp.Rad (K), dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K), dan dr. Andi Alfian Zainuddin, MKM , atas arahan dan bimbingannya.
4. Dosen-dosen penguji : Prof.Dr.dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad (K) dan Dr.Ema Alasiry, Sp.A (K), atas kesediaan waktu dan saran-sarannya dalam melengkapi karya akhir ini.
5. Direksi beserta seluruh staf RS Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSUPTN Makassar atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk menjalani pendidikan di rumah sakit ini.
6. Para staf Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, staf Administrasi Bagian Radiologi FK UNHAS, dan Radiografer Bagian Radiologi RSUP dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar atas bantuan dan kerjasamanya
7. Teman angkatan Juli 2018 serta seluruh teman PPDS Radiologi lainnya yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan dukungan kepada saya selama masa pendidikan dan penyelesaian karya akhir ini.
8. Kedua orang tua saya terkasih Ir. Sofyan Asmadiredja dan dr.Nunung Siti Hindun, Sp.A yang telah mendidik dan membesarkan saya dengan tulus dan penuh kasih sayang, serta mertua saya bapak Karta Semita dan ibu Manisem, yang senantiasa memberikan

- dukungan serta mendoakan kebahagiaan dan kesuksesan saya, berkat semua doa serta restu kalian saya bisa sampai pada titik ini.
9. Kepada suami saya tercinta Suwanto, SE, atas segenap dukungan, pengorbanan dan doanya yang tiada henti-hentinya, selalu hadir pada situasi dan kondisi terbaik dan terberat.
 10. Terkhusus kepada kedua anakku tersayang, Ananda Khansa Raihanun dan Wikan Khalil Ibrahim, atas doa-doanya, dukungan, kemandirian, dan kepintarannya selama saya dalam masa pendidikan, menjadi penghibur dan penyemangat saya
 11. Kepada sahabat saya, arifah moidady dan ferawati dakio. Terima kasih untuk segala dukungan yang tiada henti-hentinya dan selalu hadir mendukung saya.
 12. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil secara langsung maupun tidak langsung, saya ucapkan terimakasih.

Melalui kesempatan ini pula perkenalkan saya mengucapkan mohon maaf sebesar-besarnya atas segala kesalahan dan kekhilafan saya baik disengaja maupun tidak kepada semua pihak selama menjalani pendidikan ini.

Saya berharap semoga karya akhir ini bermanfaat bagi kita semua dan dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan Ilmu Radiologi di masa yang akan datang. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan Kasih karunia-Nya serta membalas budi baik kepada semua pihak yang telah memberikan dukungannya

Makassar, 12 Desember 2022

Anne Maria Permata Sari

ABSTRAK

ANNE MARIA PERMATASARI. *Hubungan Kelompok Usia Gestasi dan Faktor Risiko dengan Gambaran Brain Injury pada Pemeriksaan Ultrasonografi Kepala Bayi Prematur* (dibimbing oleh Junus Baan dan Nikmatia Latief).

Bayi baru lahir dapat memiliki gejala yang tidak spesifik ketika sakit, keterlibatan otak sangat sering terjadi, diagnosis dini dapat membantu agar penanganan dapat lebih dini dengan hasil yang lebih baik. Cedera otak sering terdapat pada bayi yang sangat prematur. USG kepala telah diadopsi secara luas sebagai modalitas lini pertama untuk mempelajari otak neonates. USG kepala dapat mendeteksi kelainan yang signifikan secara klinis yang mencakup *germinal matrix hemorrhage*, *post-hemorrhagic ventricular dilatation*, *cerebellar hemorrhage*, dan *white mater injury*. Penelitian ini bertujuan mengetahui hubungan kelompok usia gestasi dan faktor risiko dengan gambaran *brain injury* pada pemeriksaan ultrasonografi kepala bayi prematur. Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Umum Pusat dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dari Januari 2022 hingga September 2022. Subjek penelitian adalah pasien bayi baru lahir prematur yang lahir secara *sectio caesarea* yang dirawat di ruangan NICU. Didapatkan 40 pasien bayi baru lahir dengan usia gestasi < 37 minggu yang masuk dalam kriteria inklusi. Metode analisis data yang digunakan terdiri dari analisis deskriptif dan uji korelasi *chi-Square*. Hasil penelitian menunjukkan adanya gambaran *Germinal Matrix Haemorrhage* dengan persentase +32,5%; gambaran *white mater injury* dengan persentase #12.5%, dan gambaran *Cerebellar Haemorrhage* dengan persentase +2,5% dari total sampel. Namun, tidak terdapat hubungan antara adanya gambaran kelainan pada USG kepala dengan kelompok usia gestasi dan faktor risiko dengan nilai $p > 0.05$. Disimpulkan bahwa tidak terdapat hubungan antara kelompok usia gestasi dan faktor risiko dengan gambaran cedera kepala pada pemeriksaan USG kepala bayi prematur.

Kata kunci: BBLR, USG kepala, cedera kepala, *germinal matrix haemorrhage*, *white mater injury*, *cerebellar haemorrhage*, *premature brain injury*



ABSTRACT

ANNE MARIA PERMATASARI. *The Relationship between Gestation Group and Risk Factor and Brain Injury Depiction on Premature Baby' Head Ultrasonographic Examination* (supervised by Junus Baan and Nikmatia Latief).

The newly-born baby can have a non-specific symptom when the baby is sick, the brain involvement very frequently occurs, an early diagnosis can help in order that a treatment can be earlier with the better result. The brain injury is often existent on the extremely premature baby. The head USG has been widely adopted as the first line modality to study the neonatal brain. The USG can detect the clinically significant abnormality including the *Geminal Matrix haemorrhage, post-haemorrhagic ventricular dilatation, Cerebellar haemorrhage, and White Mater Injury*. The research aims at investigating the correlation between the gestation group and risk factor and brain injury depiction on the premature baby head ultrasonographic examination. The research was conducted in the Central General Hospital, dr. Wahidin Sudirohusodo, Makassar from January 2022 to September 2022. The research subjects were the premature newly-born baby patients who were born using the *Sectio Caesarea* method and hospitalised in the NICU ward. 40 newly-born baby patients were obtained with the gestation of < 37 weeks being included in the inclusive criterion. The research methods used comprised the descriptive analysis and Chi-square correlation test. The research result indicates that there is the *Geminal Matrix Haemorrhage* depiction with the percentage of $\pm 32.5\%$, there is the *White Mater Injury* depiction with the percentage of $\pm 12.5\%$, and there is the *Cerebellar Haemorrhage* depiction with the percentage of $\pm 2.5\%$ from the total samples. However, there is no relationship between the abnormality depiction on the head USG with the gestation and risk factor with the value of $p > 0.05$. It is concluded that there is no relationship between the gestation group and risk factor with the head injury depiction in the premature baby head USG examination.

Key words: newly-born baby, head USG, head injury, *Geminal Matrix Haemorrhage, White Mater Injury, Cerebellar Haemorrhage*, premature brain injury



KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Hipotesis Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kelainan intrakranial pada bayi baru lahir premature	6
2.1.1 Anatomi	6
2.1.2 Prevalensi dan Epidemiologi	10
2.1.3 Faktor risiko	10
2.1.4 Etiologi dan Patofisiologi	10
2.1.5 Diagnosis	20
2.1.6 Penatalaksanaan	21
2.2 Ultrasonografi Kranial	21
BAB 3. KERANGKA PENELITIAN	31
3.1 Kerangka Teori	31
3.2 Kerangka Konsep	32
BAB 4. METODE PENELITIAN	33
4.1 Desain Penelitian	33

4.2 Tempat dan Waktu Penelitian	33
4.3 Populasi Penelitian	33
4.4 Sampel dan Cara Pengambilan Sampel	33
4.5 Perkiraan Besar Sampel	33
4.6 Kriteria Inklusi dan Eksklusi	34
4.7 Identifikasi dan Klasifikasi Variabel	34
4.7.1 Identifikasi variable	34
4.7.2 Klasifikasi variable	34
4.8 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	35
4.9 Cara Kerja	35
4.9.1 Alat dan bahan	35
4.9.2 Cara kerja penelitian	36
4.10 Izin Penelitian dan Ethical clearance	37
4.11 Pengolahan dan analisis data	37
4.12 Alur penelitian	38
BAB 5. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA	40
BAB 6. PEMBAHASAN	49
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN	52
7.1 Kesimpulan	52
7.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Penampakan superior dan posterior tulang tengkorak	6
Gambar 2. Dilatasi ventrikel	7
Gambar 3. Gambar lateral dan potongan sagittal dari otak	8
Gambar 4. Penampakan sagittal MRI T1 weighted	9
Gambar 5. Grade I GMH-IVH	13
Gambar 6. Grade II GMH-IVH	13
Gambar 7. GMH-IVH grade III sisi kiri	14
Gambar 8. Grade III GMH-IVH + PVHI	15
Gambar 9. Perdarahan cerebellar	16
Gambar 10. Iskemik <i>white mater injury</i>	17
Gambar 11. USG koronal pada level ventrikel III pada bayi preterm dengan PHVD, Ukuran VI pada kedua sisi	19
Gambar 12. USG koronal pada level ventrikel III pada bayi preterm dengan PHVD, Ukuran AHW pada kedua sisi	19
Gambar 13. USG parasagittal melewati ventrikel lateral kiri pada pasien dengan PHVD, Pengukuran TOD	19
Gambar 14. Diagram fontanella posterior dan mastoid. Diagram ilustrasi skull lateral, anterior fontanelle (AF), posterior fontanelle (PF), dan mastoid fontanelle (MF)	22
Gambar 15. Teknik pemindaian scanning intrakranial	23
Gambar 16. Scan koronal melalui frontal horn	24
Gambar 17. Scan koronal melalui foramen Monro	24
Gambar 18. Scan koronal melalui aspek posterior ventrikel ketiga	25
Gambar 19. Scan koronal melalui sisterna quadrigeminal	25
Gambar 20. Scan koronal melalui trigonum ventrikel lateral	26
Gambar 21. Bidang sagital garis tengah normal.	27
Gambar 22. Bidang parasagital melalui caput nukleus kaudatus	27
Gambar 23. Pemindaian parasagittal melalui corpus ventrikel lateral	28

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai referensi penampang untuk indeks ventrikel (VI), lebar <i>anterior horn</i> (AHW), dan jarak thalamo-oksipital (TOD)	20
Tabel 2. Protokol USG kepala pada bayi prematur	29
Tabel 3. Klasifikasi bayi berdasarkan usia gestasi	30
Tabel 4 Distribusi karakteristik sampel penelitian berdasarkan usia gestasi, faktor risiko, gambaran USG kepala, dan jenis kelamin	40
Tabel 5. Distribusi karakteristik sampel berdasarkan kelompok usia gestasi dan gambaran USG kepala	41
Tabel 6. Korelasi antara <i>Germinal Matrix Haemorrhage</i> , <i>White Mater Injury</i> , dan <i>Cerebellar Hemorrhage</i> dibandingkan dengan kelompok usia gestasi	41
Tabel 7. Distribusi karakteristik sampel berdasarkan kelompok usia gestasi dan jumlah kelainan pada gambaran USG kepala	43
Tabel 8 Distribusi karakteristik sampel berdasarkan kelompok usia gestasi dan jumlah kelainan pada gambaran USG kepala	44
Tabel 9. Distribusi karakteristik gambaran USG kepala berdasarkan kelompok faktor risiko dan tanpa faktor risiko	45
Tabel 10. Distribusi karakteristik gambaran USG kepala berdasarkan kelompok usia gestasi dan faktor risiko	46
Tabel 11. Distribusi karakteristik gambaran USG kepala berdasarkan kelompok usia gestasi dan tanpa faktor risiko	47
Tabel 12. Korelasi antara <i>Germinal Matrix Haemorrhage</i> , <i>white mater injury</i> , dan <i>cerebellar hemorrhage</i> dibandingkan dengan faktor risiko	47

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bayi baru lahir dapat memiliki gejala yang tidak spesifik ketika sakit, keterlibatan otak sangat sering terjadi dan dapat menyebabkan kelainan jangka panjang. Diagnosis dini dapat membantu untuk mempersiapkan orang tua dan penanganan lebih dini dengan hasil yang lebih baik. *Brain injury* yang didapat sering terdapat pada bayi yang sangat prematur dan berhubungan dengan risiko signifikan untuk morbiditas jangka pendek dan jangka panjang. USG kepala telah diadopsi secara luas sebagai modalitas lini pertama untuk mempelajari otak neonatus. USG kepala dapat mendeteksi kelainan yang signifikan secara klinis yang mencakup matriks germinal dan perdarahan intraventrikular, infark hemoragik periventrikular, dilatasi ventrikel pasca-perdarahan, perdarahan serebelum, dan *White Mater Injury*. (Lakhkar Bushita, et al. , 2019)

Jenis *brain injury* yang paling umum pada bayi prematur yang terdeteksi oleh USG termasuk darah di germinal matriks dan/atau ventrikel lateral (*Germinal Matrix hemorrhage intra ventricular hemorrhage*, GMH-IVH); *Haemorrhage* atau lesi iskemik pada *Cerebellar white Mater* (lesi parenkim); *post-hemorrhagic ventricular dilatation* (PHVD); dilatasi ventrikel tanpa perdarahan (*ex-vacuo*); perdarahan fossa posterior (*Cerebellar* atau *extracerebellar hemorrhage*); infark fokal; hematoma subdural; dan *Cerebellar venous sinus thrombosis*. (Mohammad, Khorshid, et al., March 2021)

Brain injury tetap menjadi masalah yang sering dan signifikan secara klinis pada bayi sangat prematur yang lahir di atau sebelum usia gestasi 32 minggu. Tingkat insiden yang dilaporkan adalah 5,8% - 6,1% untuk grade 3 perdarahan intraventrikular (IVH) dan infark hemoragik periventrikular (PVHI), serta 12% untuk grade 1 dan 2 IVH menggunakan klasifikasi Papile. Berbagai jenis lesi dapat mempengaruhi otak bayi prematur, termasuk lesi hemoragik, lesi iskemik atau *maturation arrest*.

Faktor risiko terpenting untuk matriks germinal-IVH adalah usia kehamilan yang sangat rendah. Bayi yang lahir dengan kehamilan usia di bawah 32 minggu merupakan populasi dengan risiko tinggi. Hal ini diamati lebih jarang pada jenis kelamin perempuan, ras kulit hitam, dan dengan penggunaan steroid antenatal, tetapi diamati lebih sering terjadi dengan adanya ventilasi mekanis, gangguan pernapasan, perdarahan paru, pneumotoraks, korioamnionitis, *asfiksia*, *sepsis*, dan *paten duktus arteriosus*. (Ozek Eren, Sinem Gulcan Kersin. 2020)

Didapatkan bahwa di bawah usia gestasi 37 minggu, bayi baru lahir memiliki kemungkinan kelainan yang lebih banyak, perkembangan kognitif yang buruk, dan *cerebral palsy* dibandingkan dengan bayi cukup bulan. Kelompok yang lahir antara usia gestasi 33 dan 36 minggu memiliki kemungkinan kelainan yang lebih rendah dibandingkan dengan bayi yang sangat prematur (kurang dari 32 minggu), kelompok usia gestasi 33 hingga 36 minggu ini adalah lebih banyak daripada kelompok kurang dari 32 minggu. (Ballardini, Elisa MD, et all. August, 2014)

USG kepala adalah alat yang mudah diakses dan digunakan secara luas untuk mendeteksi lesi ini. Namun, perdarahan intraparenkim kecil dan lesi iskemik kecil terkadang sulit untuk dideteksi atau dibedakan menggunakan USG. Selain itu, beberapa bentuk *brain injury* termasuk perubahan iskemik ringan, dapat sulit dibedakan dari perubahan yang disebabkan oleh fenomena maturasi normal. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) menawarkan sensitivitas dan spesifisitas yang lebih besar dan karakterisasi lesi yang *enhanced*. Namun, saat ini MRI tetap tidak praktis sebagai alat skrining rutin, dan terkadang mengidentifikasi lesi halus dengan signifikansi yang belum terbukti. USG kepala secara berurutan selama periode neonatal dapat dengan handal mengidentifikasi banyak kelainan otak, memungkinkan memprediksi abnormalitas hasil perkembangan saraf pada 1 tahun dan 3 tahun usia *postnatal*. Dengan demikian, USG kepala tetap menjadi alat skrining universal untuk mengidentifikasi dan memantau *brain injury* pada neonatus prematur. (Mohammad, Khorshid, et all., March 2021)

Jendela akustik yang disediakan oleh *unossified anterior fontanelle* pada bayi baru lahir menjadikan USG sebagai modalitas yang ideal untuk memeriksa bagian otak neonatus. Sekarang peran utama USG adalah dalam skrining bayi baru lahir, terutama bayi prematur, yang berisiko tinggi mengalami perdarahan intraserebral, dan untuk *follow up* bayi yang telah mengalami perdarahan. USG juga digunakan untuk diagnosis awal bayi yang dicurigai mengalami hidrosefalus dan pada beberapa dugaan malformasi kongenital. Ini merupakan penilaian khusus dalam perawatan intensif, sehingga peralatan apa pun yang dipilih harus portabel dan mudah bermanuver di samping tempat tidur. (De Bruyn, Rose. 2005)

The American Academy of Neurology and the Practice Committee of Child Neurology merekomendasikan skrining ultrasonografi kranial rutin pada semua bayi baru lahir, yang lahir sebelum usia gestasi 30 minggu. (Ment LR, Bada HS, Barnes P, et al. 2002)

The Canadian Pediatric Society menyarankan perlunya ultrasonografi kranial sebelum usia gestasi 32 minggu. (Canadian Pediatric Society. 2001)

Ada beberapa penelitian yang diterbitkan yang meneliti perlunya ultrasonografi kranial pada bayi baru lahir prematur akhir dan sedang. Menurut Meijler, ultrasonografi kranial harus dilakukan pada semua neonatus yang dirawat di neonates unit, sedangkan Bhat et al. baru-baru ini merekomendasikan skrining ultrasonografi kranial pada bayi yang lahir antara usia gestasi 30 minggu hingga 34 minggu. (Ballardini, Elisa MD, et all. August, 2014)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut : **“Bagaimanakah hubungan kelompok usia gestasi dan faktor risiko dengan gambaran *brain injury* pada pemeriksaan ultrasonografi kepala bayi prematur?”**

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimanakah hubungan kelompok usia gestasi dan faktor risiko dengan gambaran *brain injury* pada pemeriksaan ultrasonografi kepala bayi prematur.

1.3.2 Tujuan Khusus

- Mencari kemungkinan adanya gambaran *Germinal Matrix Haemorrhage*
- Mencari kemungkinan adanya gambaran *Cerebellar Haemorrhage*
- Mencari kemungkinan adanya gambaran *White Mater Injury*
- Menilai korelasi antara adanya gambaran *Germinal Matrix Haemorrhage* dengan kelompok usia gestasi
- Menilai korelasi antara adanya gambaran *Cerebellar Haemorrhage* dengan kelompok usia gestasi
- Menilai korelasi antara adanya gambaran *White Mater Injury* dengan kelompok usia gestasi
- Membandingkan gambaran USG kepala pada bayi prematur berdasarkan kelompok tanpa faktor risiko dan kelompok yang terdapat faktor risiko dengan kelompok usia gestasi

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah terdapat hubungan kelompok usia gestasi dan faktor risiko dengan gambaran *brain injury* pada pemeriksaan ultrasonografi kepala bayi prematur.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat teoritik :

- Memberikan informasi tentang gambaran USG kepala pada bayi prematur berdasarkan kelompok usia gestasi
- Memberikan informasi mengenai perbedaan gambaran USG kepala pada bayi yang disertai faktor risiko dan dengan tanpa disertai faktor risiko

Manfaat aplikatif :

- Memberikan informasi tentang distribusi kelainan *brain injury* yang terdapat pada bayi prematur berdasarkan kelompok usia gestasi
- Data penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan penanganan pasien bayi baru lahir prematur yang disertai faktor risiko
- Data penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan pemilihan kelompok usia gestasi mana pada bayi prematur yang sebaiknya mulai dilakukan pemeriksaan screening USG kepala

Manfaat metodologi :

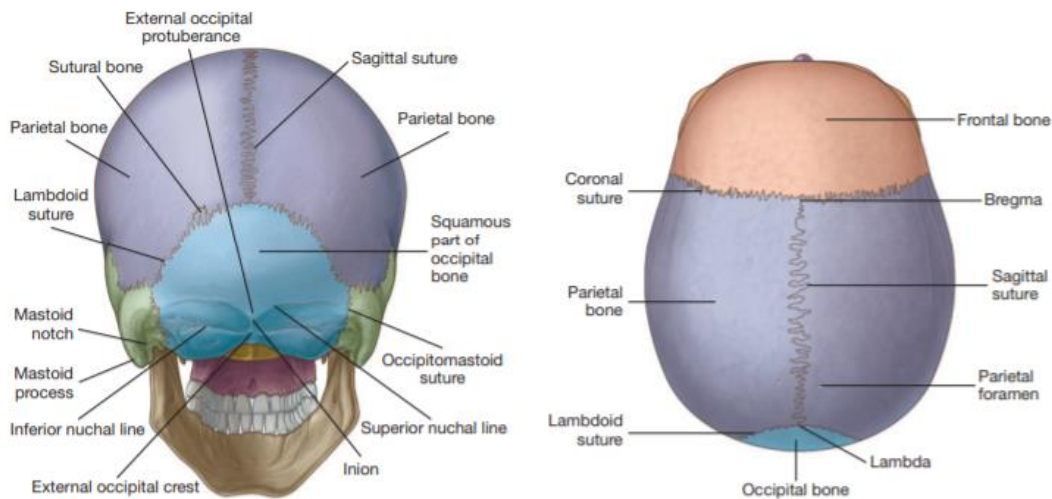
- Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1 Kelainan intrakranial pada bayi baru lahir prematur

2. 1. 1 Anatomi



Gambar 1. Penampakan superior dan posterior tulang tengkorak. (Drake R L, et all, 2018)

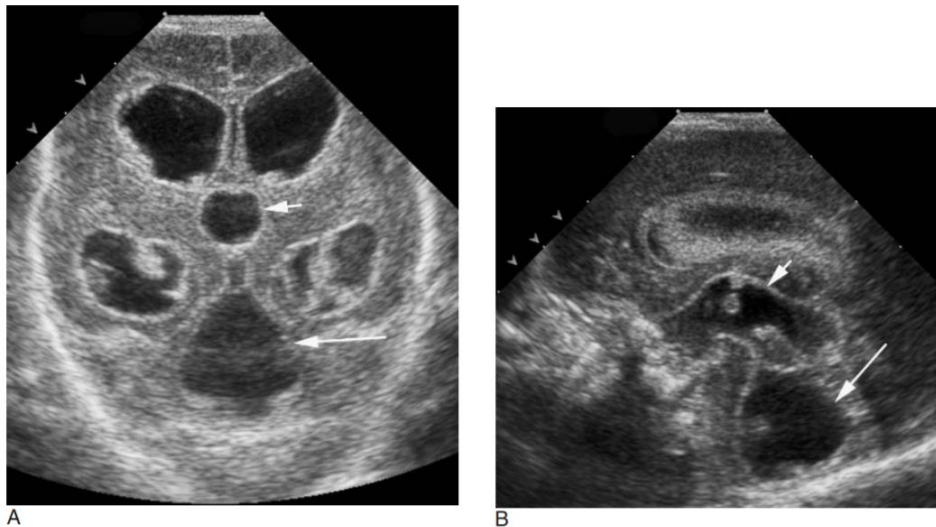
Tulang Tengkorak

Tulang tengkorak terdiri dari kubah (calvaria) dan basis cranii. Tulang tengkorak terdiri dari beberapa tulang, yaitu: frontal, parietal, occipital dan temporal. Rongga tengkorak dasar dibagi atas 3 fossa, yaitu : fossa anterior tempat lobus frontalis, fossa media tempat lobus temporalis dan fossa posterior ruang bagi bagian bawah batang otak dan cerebellum. (Herausgegeben von R. Putz and R. Pabst. , 2007)

Sistem ventrikel

Sistem ventrikel otak terdiri dari : dua ventrikel lateral, ventrikel III, dan ventrikel IV. Ventrikel lateral adalah yang terbesar dan terdiri dari frontal horn, *body*, temporal horn dan occipital horn. Mereka berkomunikasi dengan ventrikel III melalui foramen Monro dan dengan ventrikel keempat melalui *aqueduct of Sylvius*. Selain itu mereka berkomunikasi dengan ruang subarachnoid. Ventrikel III tidak mudah dilihat pada pemindaian koronal, oleh karena itu merupakan struktur seperti

celah. Ventrikel IV memiliki tipikal rhomboid 'bentuk topi Napoleon' dan memanjang ke vermis *cerebellar* (Gbr. 2). (De Bruyn, Rose. Elsevier, 2005)



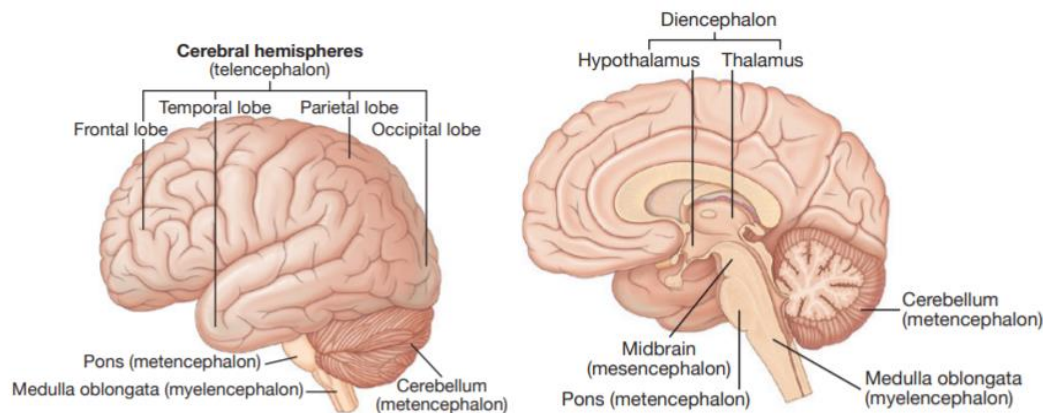
Gambar 2. Dilatasi ventrikel. A.Pemindaian koronal pada bayi yang memiliki *intraventricular Haemorrhage*. Terdapat dilatasi ventrikel dengan dengan bekuan darah pada occipital horn. Terdapat dilatasi pada ventrikel III (panah pendek) dan pada ventrikel IV (panah panjang). B.Pemindaian midline sagittal, menunjukkan dilatasi ventrikel III (panah pendek) dengan massa intermedia dan dilatasi ventrikel IV (panah Panjang). Cerebellum terdorong ke posterior dan terdapat area *echogenic* dari bekuan darah disekitar dilatasi ventrikel. (De Bruyn, Rose. Pediatric Ultrasound, how, why, and when. Elsevier, 2005)

Otak

Otak terdiri dari beberapa bagian, yaitu : porensefalon (otak depan), terdiri dari cerebrum dan diensefalon, mesensefalon (otak tengah) dan rhombensefalon (otak belakang) terdiri dari pons, medulla oblongata dan cerebellum.

Fissura membagi otak menjadi beberapa lobus. Lobus frontal berkaitan dengan fungsi emosi, fungsi motorik dan pusat ekspresi bicara. Lobus parietal berhubungan dengan fungsi sensorik dan orientasi ruang. Lobus temporal mengatur fungsi memori tertentu. Lobus occipital bertanggung jawab dalam proses penglihatan. Mesensefalon dan pons bagian atas berisi sistem aktivasi retikular yang berfungsi dalam kesadaran dan kewaspadaan. Pada medulla oblongata terdapat pusat

kardiorespiratorik. Cerebellum bertanggung jawab dalam fungsi koordinasi dan keseimbangan. (Herausgegeben von R. Putz and R. Pabst. , 2007)



Gambar 3. Gambar lateral dan potongan sagittal dari otak. (Drake R L, et all, 2018)

Pleksus koroid

Pleksus koroid terdiri dari dua pasang struktur *echogenic* yang terletak di lantai ventrikel lateral. Mereka paling baik terlihat di pemindaian sagittal yang memanjang ke anterior dari alur caudotalamic memanjang di sekitar thalamus di tubuh dari ventrikel lateral. Saat dipindai secara koronal mereka dapat dilihat di dasar ventrikel lateral di regio foramen Monro. Kista pleksus koroid sering terlihat sebagai temuan *incidental*. (De Bruyn, Rose. 2005)

Cavum septum pellucidum dan cavum vergi

Ventrikel lateral dipisahkan oleh septum pelusidum. Kadang-kadang dan khususnya pada bayi prematur, rongga terlihat di antara keduanya sebagai akibat dari fusi yang tidak sempurna. Cavum septum pellucidum terletak di anterior dan cavum vergi terletak di posterior. Mereka hampir selalu terlihat pada bayi prematur dan menghilang pada bayi matur. Ukurannya bervariasi dan tidak berkomunikasi dengan sistem ventrikel. (De Bruyn, Rose. 2005)

Ganglia basalis

Ganglia basalis adalah area yang terlihat paling baik pada level foramen Monro yang terdiri dari nukleus kaudatus dan thalamus, yang dipisahkan oleh alur

caudotalamic, serta merupakan tanda penting saat menilai perdarahan matriks germinal. Kedua thalamus terhubung melalui massa intermedia yang dapat dilihat sebagai pelebaran ventrikel III (lihat Gambar 2).

Cerebellum

Cerebellum adalah struktur *echogenic* bulat terlihat di fossa posterior yang terletak di bagian belakang pons di ventrikel IV, dan vermis merupakan struktur sentral yang sangat *echogenic*.

Matriks Germinal

Matriks germinal adalah struktur yang sangat vaskular ditemukan awal kehamilan, jarang terlihat pada bayi cukup bulan. Matriks germinal terletak inferolateral dari lapisan endodermal di dasar ventrikel lateral dan di superior caput dan corpus nukleus kaudatus. Juga terdapat di atap ventrikel ketiga dan keempat. Di bulan kehamilan ketiga, matriks germinal mulai involusi, dan pada usia kehamilan 36 minggu, involusi ini biasanya selesai. Meskipun matriks germinal tidak terlihat pada sonografi, matriks ini memiliki signifikansi klinis karena merupakan tempat perdarahan pada neonatus prematur.



Gambar 4. Penampakan sagittal, MRI T1 weighted. (Drake R L, et al, 2018)

2. 1. 2 Prevalensi dan Epidemiologi

Oleh karena kemajuan teknologi dalam ilmu pengetahuan neonatologi, tingkat kelangsungan hidup bayi prematur dengan berat lahir sangat rendah menjadi

meningkat. Namun, meskipun tingkat kelangsungan hidup meningkat menjadi sekitar 70%, perdarahan intraventricular (IVH) mengambil tempat penting dalam mortalitas dan morbiditas. Frekuensi IVH adalah 10-20% pada kelahiran prematur sebelum minggu kehamilan ke-30, dan tingkat IVH yang serius meningkat hingga 35–45% pada bayi yang lahir dengan berat lahir di bawah 750 gram. Dilatasi ventrikel post hemoragik berkembang pada sekitar setengah dari bayi-bayi ini dan shunt ventrikuloperitoneal (VP) permanen diperlukan pada 20–40% kasus. (Ozek Eren, Sinem Gulcan Kersin. 2020)

2. 1. 3 Faktor risiko

Faktor risiko terpenting untuk Matriks Germinal-IVH adalah usia kehamilan yang sangat rendah. Bayi yang lahir dengan usia kehamilan di bawah 32 minggu merupakan populasi dengan risiko tinggi. Hal ini diamati lebih jarang pada jenis kelamin perempuan, ras kulit hitam, dan dengan penggunaan steroid antenatal, tetapi diamati lebih sering terjadi dengan adanya penggunaan ventilasi mekanis, gangguan pernapasan, perdarahan paru, pneumotoraks, korioamnionitis, asfiksia, sepsis, dan paten duktus arteriosus. Terdapat hubungan antara fluktuasi aliran darah serebral dan peningkatan tekanan darah arteri serta terjadinya IVH. Penyebab utama peningkatan aliran darah otak yaitu termasuk gangguan autoregulasi serebral, penggantian volume, hiperkarbia, tingkat hematokrit rendah dan hipoglikemia. Dalton dkk. melaporkan bahwa hipernatremia juga merupakan faktor risiko independen untuk IVH pada bayi prematur dengan berat badan lahir sangat rendah. (Ozek Eren, Sinem Gulcan Kersin. 2020)

2. 1. 4 Etiologi dan Patofisiologi

1. *Germinal Matrix*-Intraventricular Hemorrhage

Germinal Matrix (GM) adalah area yang sangat vaskularisasi. Pembuluh GM menunjukkan karakteristik yang bervariasi yang mendasari kerapuhan dan kecenderungan perdarahan seperti: tidak adanya lamina basal yang lengkap, lapisan berfenestrasi, dan rasio morfometrik yang tinggi dari perbandingan diameter dengan tebal dinding. GM mulai berinvolusi setelah usia 34 minggu pasca konsepsi,

dan dengan demikian, kerentanan dan kecenderungan khusus untuk GM/IVH untuk bayi prematur berkurang namun tidak sepenuhnya hilang. Fluktuasi dalam aliran darah serebral (CBF) memainkan peran penting dalam patogenesis GM/IVH, karena bayi prematur yang sakit memiliki sirkulasi serebral tekanan-pasif. Kenaikan atau penurunan tekanan darah sistemik yang tiba-tiba, dapat mengakibatkan peningkatan CBF dan pecahnya pembuluh GM. Penurunan CBF juga dapat menyebabkan cedera iskemik pada pembuluh GM dan jaringan sekitarnya, membuatnya rentan terhadap ruptur sekunder setelah reperfusi. (Gomella, Tricia Lacy, Fabien G.E, Fayez B M. 2020)

Matriks germinal terlokalisasi berdekatan dengan sistem ventrikel janin, menghilang pada minggu kehamilan ke-36. Risiko IVH berbanding terbalik dengan usia gestasi dan merupakan masalah penting bagi bayi prematur kecil. Sekitar setengah dari IVH terjadi dalam 6 jam pertama kehidupan, dan perdarahan jarang terjadi setelah hari ke-5 postnatal. Etiopatogenesis perdarahan bersifat multifaktorial. Perdarahan dimulai pada wilayah matriks germinal, kemudian ditransfer ke ventrikel lateral, dan mengarah ke IVH. Perubahan aliran darah serebral memiliki peran penting dalam pathogenesis dari IVH. Perubahan kritis dalam aliran darah otak tidak diharapkan oleh karena autoregulasi serebral. Namun, diketahui bahwa mekanisme kompensasi ini tidak sepenuhnya berkembang, dan oleh karena itu, perubahan tekanan darah yang tiba-tiba memiliki efek langsung pada otak pada bayi prematur. Usia gestasi rendah, berat badan lahir rendah, dan hipotensi, dapat mengganggu autoregulasi serebral. Hiperkarbia, hipoksia, dan hipoglikemia, yang sering diamati pada bayi prematur, dapat menyebabkan vasodilatasi serebral dan ini meningkatkan risiko IVH. (Ozek Eren, Sinem Gulcan Kersin. 2020)

Pendarahan GMH-IVH pada bayi prematur berasal dari matriks germinal dan dapat dibatasi pada matriks germinal atau meluas ke ventrikel lateral. Klasifikasi dijelaskan oleh Papile, dan kemudian diadaptasi oleh Volpe dengan sedikit modifikasi, masih umum digunakan dalam praktek klinis. Klasifikasi didasarkan pada jumlah dan perluasan perdarahan ke dalam ventrikel lateral dan

adanya dilatasi ventrikel akut. GMH-IVH yang terdeteksi oleh USG kemungkinan dikaitkan dengan dilatasi akut terkait efek massa dari perdarahan luas, yang terjadi sebagian besar di 3 hari pertama setelah lahir (yaitu, dalam "*critical window*"). Gambar USG dengan tingkat keparahan GMH-IVH terbesar pada awal minggu pertama setelah lahir (dalam kasus lebih dari satu studi dilakukan) harus dipertimbangkan untuk tujuan deteksi dan penilaian awal. Dilatasi ventrikel dengan IVH, disebut sebagai PHVD, sebagian besar terjadi pada hari ke- 7 sampai 10 (sampai 2-3 minggu) setelah terjadinya GMH-IVH, dan diidentifikasi setelah minggu pertama sejak lahir, harus dianggap sebagai komplikasi dari cedera hemoragik awal. (Mohammad, Khorshid, et all. March 2021)

Intraventricular Haemorrhage dapat memiliki komplikasi seperti *post haemorrhagic ventricular dilatation* (PHVD), *periventricular leukomalacia*, dan *Cerebellar haemorrhagic*. (Ozek Eren, Sinem Gulcan Kersin. 2020)

Germinal Matrix-Intraventricular Haemorrhage Gradings

Grade I GMH-IVH

Biasanya, perdarahan terbatas pada matriks germinal adalah diklasifikasikan sebagai grade I GMH-IVH atau GMH (Gambar 5). Tidak terdapat darah di ventrikel atau di dalam plexus koroid. Dapat berukuran kecil atau besar. GMH-IVH grade I berukuran lebih besar, dapat menekan foramen Monro (karena relatif dekat dengan lekukan caudotalamic) dan menyebabkan (sebagian) obstruksi aliran keluar ventrikel ipsilateral. Lokasi yang kurang umum dari GMH-IVH grade I adalah bagian posterior dari lekukan caudotalamic (Gambar 5). Evolusi dari grade I GMH-IVH termasuk retraksi bekuan dan secara progresif gambaran *hypoechoic* pada USG serial. Perdarahan yang lebih besar akhirnya dapat mencair, meninggalkan perubahan degenerasi kistik di dalam bekuan darah (Gambar 5). Mungkin sulit untuk membedakannya dengan kista subependimal yang didapat (pasca-hemoragik) dari kista kongenital (germinolitik) karena keduanya mungkin hemoragik.



Gambar 5 | Grade I GMH-IVH. (GA 26 minggu) (A) Pemindaian coronal frontal horn ventrikel lateral. (B) Pemindaian parasagittal ventrikel lateral kanan. Lokasi dari bekuan *echogenic* (panah) pada lekukan caudothalamic kanan adalah typical dari grade I GMH-IVH. Tidak tampak adanya IVH atau dilatasi ventrikel. (C) Pemindaian coronal setelah 12 minggu kemudian memperlihatkan resolusi komplet dari GMH. (Mohammad, Khorshid, et all. March 2021)

Grade II IVH

Adanya perdarahan (*echogenicity*) di ventrikel lateral tanpa dilatasi ventrikel akut diklasifikasikan sebagai: grade II GMH-IVH (Gambar 6). Sebagian besar contoh USG akan memperlihatkan darah (area *echogenic*) dari GMH ke ventrikel. Gumpalan intraventricular pada GMH-IVH grade II mengisi kurang dari 50% dari ventrikel lateral.



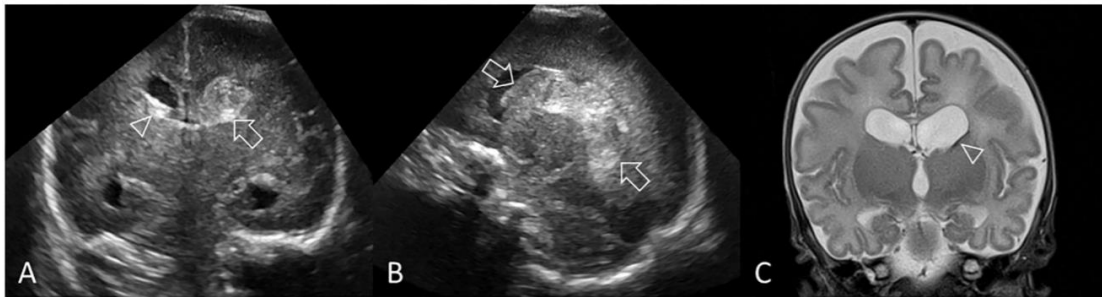
Gambar 6 | Grade II GMH-IVH. (A–C) Ultrasound pada bayi prematur (GA 26 minggu) terlihat pola umum dari grade II GMH-IVH. (A) Pemindaian coronal level frontal horn ventrikel lateral terlihat adanya bekuan *echogenic* yang melibatkan nucleus caudatus (panah). Tidak terdapat dilatasi ventrikel. (B) Pemindaian coronal pada level trigone dari ventrikel lateral terlihat adanya volume kecil dari bekuan di intraventricular (kepala panah). (C) Pemindaian parasagittal ventrikel lateral kanan terlihat adanya bekuan yang sama pada lekukan caudothalamic (panah) dan perdarahan intraventricular didalam occipital horn terpisah dari choroid plexus (kepala panah). (Mohammad, Khorshid, et all. March 2021)

Grade III IVH

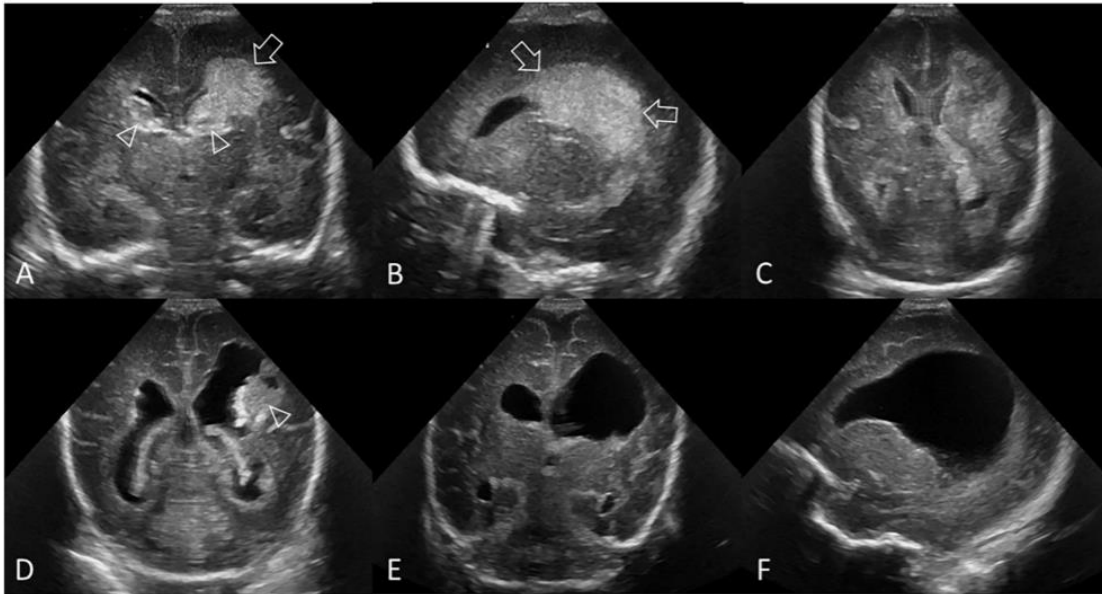
Perdarahan (*echogenicity*) yang masuk ke dalam ventrikel dan menyebabkan dilatasi ventrikel akut (AHW >6 mm) diklasifikasikan sebagai grade III GMH-IVH (Gambar 7). Volume bekuan intraventrikular pada GMH-IVH grade III biasanya mengisi 50% atau lebih dari satu atau kedua ventrikel lateral dan meningkatkan risiko dilatasi ventrikel.

Grade IV IVH

Grade III IVH disertai dengan *periventricular hemorrhagic infarction* (PVHI).



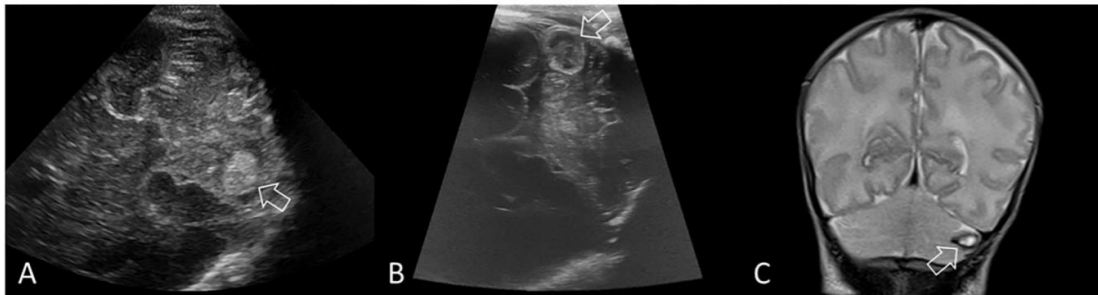
Gambar 7 | GMH-IVH grade III sisi kiri. Pemindaian ultrasound pada bayi prematur (GA 25 minggu) menunjukkan IVH bilateral. (A) Pemindaian koronal, 2 hari setelah lahir menunjukkan GMH-IVH kiri yang besar (panah) dengan darah intraventrikular disertai distensi pada ventrikel lateralnya. *Temporal horn* ventrikel membesar. Terdapat sejumlah kecil darah di ventrikel lateral kanan (kepala panah). (B) Pemindaian parasagittal menunjukkan GMH-IVH grade III kiri mengisi $> 50\%$ dari ventrikel lateral yang distensi. (C) Gambar MRI Coronal T2WI 3 bulan setelah lahir menunjukkan pewarnaan hipointens halus pada lekukan caudotalamic kiri berasal dari hemosiderin/ferritin (kepala panah). Melebarnya sebagian besar dari ruang subarachnoid dan ventrikulomegali persisten mencerminkan hilangnya volume jaringan. (Mohammad, Khorshid, et al. March 2021)



Gambar 8 | Grade III GMH-IVH + PVHI. Ultrasound bayi prematur (GA 24 minggu) dengan GMH-IVH bilateral dan PVHI sisi kiri. (A) Pemindaian koronal 2 hari setelah lahir menunjukkan GMH-IVH grade III sisi kiri dan ekodensitas besar di *white mater* frontoparietal kiri (panah). GMH-IVH grade II sisi kanan yang lebih kecil. (B) Pemindaian parasagittal kiri menunjukkan ekodensitas periventrikular (panah) yang memanjang dari *white mater* frontal posterior ke *white mater* parietal. (C) Pemindaian koronal lanjutan 2 minggu setelah lahir menunjukkan area PVHI mulai mengembangkan echolusensi sentral, yang menunjukkan degenerasi kistik awal. (D) Pemindaian koronal lanjutan 7 minggu setelah lahir menunjukkan degenerasi kistik lebih lanjut setelah PVHI dengan bekuan *echogenic*, ventrikel lateral yang melebar, dan lapisan ependimal *echogenic*. (E,F) Pemindaian lanjutan koronal dan parasagittal kiri pada minggu ke-12 menunjukkan kista porenselalik besar yang berhubungan dengan ventrikel lateral. Debris bekuan internal telah dibersihkan dan ependyma tidak lagi *echogenic*. Ventrikulomegali yang menetap sekarang sebagian pasif (yaitu, *ex-vacuo*). (Mohammad, Khorshid, et al. March 2021)

2.Cerebellar hemorrhage (CBH)

CBH adalah jenis cedera umum pada bayi prematur. Studi terbaru telah meningkatkan kesadaran mengenai insiden dan implikasi jangka panjang dari CBH, yang sangat penting pada bayi sangat prematur. Dalam banyak kasus, CBH dikaitkan dengan perdarahan supratentorial (28-71%) dan darah di ventrikel IV. CBH paling sering terbatas pada satu hemisfer cerebellum (71%), vermis (20%), dan pada sebagian kecil kasus melibatkan kedua belah otak dan vermis (9%). (Mohammad, Khorshid, et al. March 2021)

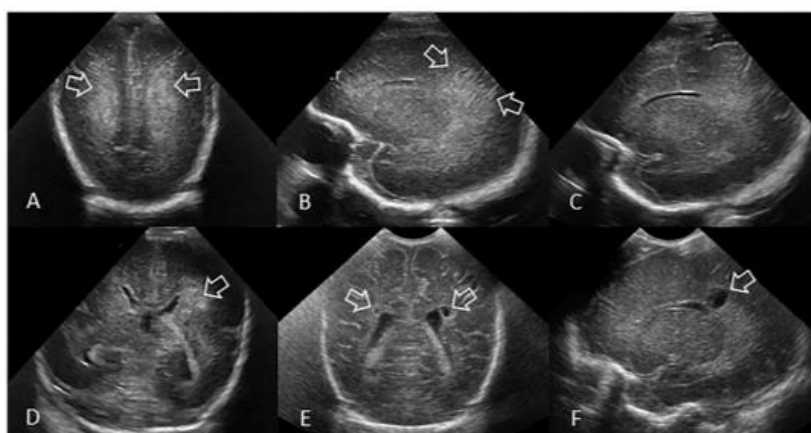


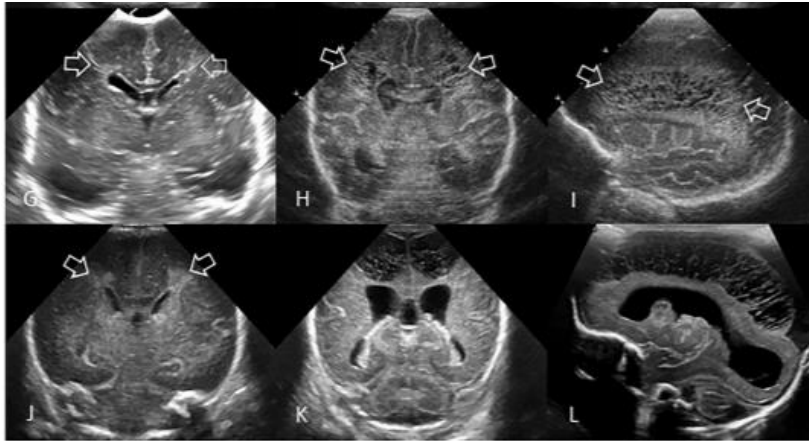
Gambar 9 | Perdarahan *Cerebellar*. Ultrasound bayi prematur (GA 29 minggu) dengan CBH terbatas (>4 mm tetapi $< 1/3$ dari hemisfer *Cerebellar*). (A) Pemindaian koronal melalui ubun-ubun mastoid kanan 5 hari setelah lahir menunjukkan lesi *echogenic* bulat di hemisfer serebelum kiri (panah), menunjukkan perdarahan intraparenkim. (B) Pemindaian koronal *follow up* melalui ubun-ubun mastoid kiri pada 2 minggu setelah lahir menunjukkan evolusi perdarahan yang diharapkan (panah), yang menjadi echolusent, menunjukkan degenerasi kistik awal. (C) MRI Coronal T2WI 6 minggu setelah lahir menunjukkan evolusi lanjutan dari perdarahan dengan rongga kistik yang lebih kecil, terlihat sentral sinyal hiperintens T2 dengan tepi hipointens yang tipis (panah, hemosiderin dan feritin). (Mohammad, Khorshid, dkk. Maret 2021)

3.White Mater Injury

Preterm ischemic white mater injury biasanya didiagnosis dengan identifikasi daerah bilateral, sering berbatas tidak tegas dan atau area inhomogen dengan peningkatan ekogenitas pada *white mater* periventrikel (Gambar 10).

Perubahan *white mater* bervariasi dan lebih sulit untuk di diagnosis daripada GMH-IVH. Adanya perubahan pada *white mater* adalah abnormal apabila *echogenic*-nya sama atau lebih *echogenic* dibandingkan pleksus koroid.





Gambar 10 | Iskemik *white mater injury*. (A–C) Grade 1 WMI. Ultrasound pada bayi prematur (GA 26 minggu) dengan ekodensitas *white mater* abnormal. (A,B) Pemindaian koronal dan parasagittal kiri menunjukkan peningkatan ekogenisitas ("flaring" atau PVE) yang tidak homogen dari *white mater* periventrikular parietal (panah). Tidak ada IVH. (C) Pemindaian parasagittal 5 minggu kemudian menunjukkan resolusi penuh dari ekodensitas. Echogenisitas *white mater* sekarang homogen dan normal, dan tidak ada kista yang berkembang. (D–F) Grade 2 WMI. Pemindaian ultrasound pada bayi prematur (GA 27 minggu). (D) Pemindaian koronal setinggi corpus ventrikel lateral menunjukkan PVE inhomogen asimetris ("flaring") pada *white Mater* periventrikular parietal kiri (panah). (E,F) Pemindaian koronal dan parasagittal kiri 9 minggu kemudian menunjukkan lesi kistik kecil yang terlokalisasi di *white mater* fronto-parietal kedua hemisfer (panah). (G–I) Grade 3 WMI. Pemindaian ultrasound pada bayi prematur (GA 30 minggu) dengan WMI yang signifikan. (G) Pemindaian koronal 3 hari setelah lahir, setinggi frontal horn ventrikel lateral, hanya menunjukkan area ekodensitas terbatas yang tidak merata (panah) tidak dapat dibedakan dengan pasti dari area *echogenic* frontal fisiologis di *white mater* periventrikular. Tidak ada IVH. (H,I) Pemindaian koronal dan parasagittal kiri 4 minggu kemudian menunjukkan evolusi WMI dengan lesi kistik luas yang meluas dari frontal *white mater* ke *white mater* parietal posterior (panah). Ventrikel yang berdilatasi bersifat pasif dan diakibatkan oleh hilangnya volume jaringan. (J–L) Grade 4 WMI. Pemindaian ultrasound pada bayi prematur (GA 25 minggu) dengan WMI yang signifikan. (J) Pemindaian koronal 5 hari setelah lahir, setinggi corpus ventrikel lateral, menunjukkan area ekodensitas yang tidak merata (panah) di *white mater* periventrikular frontoparietal. Tidak ada IVH. (K,L) Pemindaian koronal dan parasagittal kanan 3 minggu kemudian menunjukkan evolusi WMI dengan lesi kistik luas yang memanjang dari *white mater* frontal ke posterior parietal. (Mohammad, Khorshid, et al. March 2021)

4. Ventricular measurement

Perdarahan intraventrikular (IVH) yang berat akan berlanjut pada sekitar 15% pada bayi yang lahir sangat prematur, lebih dari setengah dari bayi-bayi ini akan berkembang menjadi dilatasi ventrikel pasca-*Haemorrhage* (PHVD). PHVD adalah istilah yang mewakili dilatasi ventrikel progresif yang disebabkan oleh IVH dan mencakup istilah lain, seperti hidrosefalus pasca-*Haemorrhage*. PHVD dikaitkan dengan risiko tinggi untuk hasil perkembangan saraf motorik dan kognitif yang merugikan selanjutnya. (El-Dib Mohamed, et al. 2020)

Pada neonatus prematur dengan dilatasi ventrikel yang progresif, sebagian besar karena PHVD, dianjurkan untuk melakukan pengukuran serial sistem ventrikel. Keputusan untuk mengobati dilatasi ventrikel sangat tergantung pada pengukuran ini. Untuk mencegah peningkatan lebih lanjut dalam ukuran ventrikel dan peningkatan tekanan intrakranial dan juga *white mater injury*, pengobatan PHVD harus dipertimbangkan ketika dilatasi ventrikel sangat progresif. Yang paling sering digunakan pada pengukuran ventrikel lateral disebut indeks ventrikel (VI), diperkenalkan oleh Levene pada tahun 1981. Didefinisikan sebagai jarak antara falx dan dinding lateral *anterior horn* di bidang koronal. VI diukur pada bidang koronal ketiga (pada tingkat foramen Monro) pada lebar terbesar kedua ventrikel lateral. VI meningkat seiring bertambahnya usia. Nilai di atas 97 persentil menunjukkan dilatasi ventrikel. Tanda pertama dari peningkatan tekanan intrakranial, bagaimanapun, bukan dilatasi ventrikel lateral, tetapi perubahan bentuk ventrikel dengan pembulatan tanduk frontal, yang disebut *ballooning*. Fenomena ini menghasilkan peningkatan lebar *anterior horn*. Lebar *anterior horn* (AHW) didefinisikan sebagai lebar diagonal *anterior horn* ventrikel lateral, diukur pada titik terlebar di bidang koronal. AHW tetap konstan seiring bertambahnya usia. Pada sebagian besar neonatus, AHW kurang dari 3 mm. Nilai di atas 6 mm dihubungkan dengan *ballooning*, dan intervensi harus dipertimbangkan. Pada bayi sangat prematur, pelebaran tanduk oksipital sering terjadi sebelum peningkatan ukuran frontal horn. Oksipital horn biasanya lebih melebar daripada frontal horn dan bahkan mungkin satu-satunya tempat dilatasi ventrikel. Jarak thalamo-oksipital

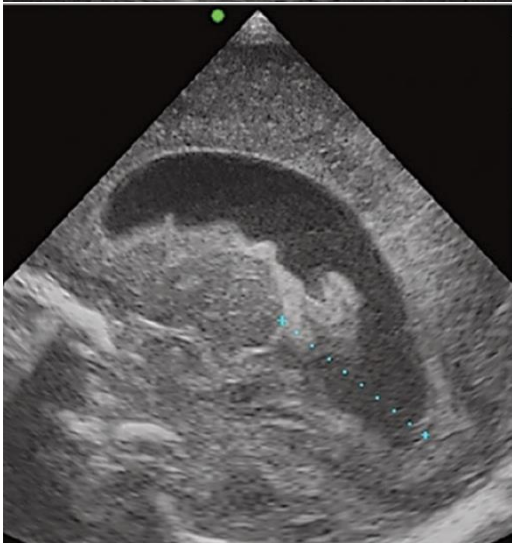
(TOD) didefinisikan sebagai jarak antara titik terluar talamus di persimpangannya dengan pleksus koroid dan bagian terluar dari oksipital horn. Ini diukur dalam bidang parasagital. TOD tetap agak konstan seiring bertambahnya usia. (Beek Erick, Rick R V. 2016)



Gambar 11. USG koronal pada level ventrikel III pada bayi preterm dengan PHVD, Ukuran VI pada kedua sisi. (Beek Erick, Rick R V. 2016)



Gambar 12. USG koronal pada level ventrikel III pada bayi preterm dengan PHVD, Ukuran AHW pada kedua sisi. (Beek Erick, Rick R V. 2016)



Gambar 13. USG parasagittal melewati ventrikel lateral kiri pada pasien dengan PHVD. Pengukuran TOD. Perhatikan bekuan darah yang bersambung dengan pleksus koroid. (Beek Erick, Rick R V. 2016)

Grafik VI Levene memiliki rentang usia antara 27 dan 40 minggu. Nilai referensi baru untuk VI, AHW, dan TOD adalah baru-baru ini diterbitkan oleh Brouwer et al, dengan rentang usia antara 24 dan 42 minggu. (Beek Erick, Rick R V. 2016)

GA (weeks)	VI (mm)		AHW (mm)			TOD (mm)			
	P 2.5	Estimated mean	P 97.5	P 2.5	Estimated mean	P 97.5	P 2.5	Estimated mean	P 97.5
24+0	6.8	8.0	9.4	1.1	1.5	2.8	11.2	14.5	18.7
25+0	7.0	8.3	9.7	1.1	1.5	2.8	11.4	14.7	19.0
26+0	7.2	8.5	10.1	1.1	1.5	2.8	11.6	15.0	19.3
27+0	7.4	8.8	10.3	1.1	1.5	2.8	11.8	15.2	19.6
28+0	7.6	9.0	10.6	1.1	1.5	2.8	11.9	15.4	19.8
29+0	7.8	9.3	10.9	1.1	1.5	2.8	12.0	15.5	20.0
30+0	8.0	9.5	11.2	1.1	1.5	2.8	12.1	15.6	20.2
31+0	8.2	9.7	11.5	1.1	1.5	2.8	12.2	15.8	20.3
32+0	8.4	10.0	11.8	1.1	1.5	2.8	12.3	15.9	20.5
33+0	8.6	10.2	12.0	1.1	1.5	2.8	12.3	15.9	20.5
34+0	8.8	10.4	12.3	1.1	1.5	2.8	12.4	16.0	20.6
35+0	9.0	10.6	12.5	1.1	1.5	2.8	12.4	16.0	20.6
36+0	9.2	10.8	12.8	1.1	1.5	2.8	12.4	16.0	20.6
37+0	9.4	11.1	13.1	1.1	1.5	2.8	12.4	16.0	20.6
38+0	9.5	11.3	13.3	1.1	1.5	2.8	12.3	15.9	20.6
39+0	9.7	11.5	13.5	1.1	1.5	2.8	12.3	15.9	20.5
40+0	9.9	11.7	13.8	1.1	1.5	2.8	12.2	15.8	20.4
41+0	10.0	11.9	14.0	1.1	1.5	2.8	12.1	15.7	20.2
42+0	10.2	12.0	14.2	1.1	1.5	2.8	12.0	15.5	20.0

Tabel 1. Nilai referensi penampang untuk indeks ventrikel (VI), lebar *anterior* horn (AHW), dan jarak thalamo-okspital (TOD). (Brouwer et al, see reference) (Beek Erick, Rick R V. 2016)

2. 1. 5 Diagnosis

Gambaran USG kepala pada 4-7 hari pertama setelah lahir dapat melihat adanya GMH-IVH dan dapat juga mendeteksi dini adanya dilatasi dari ventrikel. Pencitraan otak yang dilakukan di awal kehidupan juga dapat berkontribusi untuk mengidentifikasi *brain injury* antenatal atau temuan yang sesuai dengan kelainan metabolik atau genetik. Untuk portabilitas dan kemudahan akses, USG kepala adalah modalitas pencitraan terbaik. Untuk bayi dengan GA (*Gestational Age*) yang sangat rendah dan sangat sakit (kurang dari 26 minggu), ketika pendarahan parah atau cedera mungkin menginformasikan pengambilan keputusan bersama dengan sampel tua mengenai tujuan dan arah perawatan, USG dalam beberapa hari pertama setelah kelahiran dapat dipertimbangkan.

Pengambilan gambar ulangan digunakan untuk melihat, apabila dibutuhkan, penanganan awal dari komplikasi, termasuk PHVD. Pengulangan pemindaian juga

diperlukan untuk melihat adanya WMI. PVL dapat muncul 2-6 minggu post iskemik atau infeksi/inflamasi, dan sembuh beberapa minggu kemudian. Beberapa anak yang lahir pada atau sebelum GA 32 minggu, dapat berkembang menjadi kista periventrikular setelah 28 hari, terutama bila disertai dengan penyakit akut, seperti NEC atau infeksi berat. Pada lebih dari 50% bayi dengan PVL kistik terlokalisir, kista tidak lagi terlihat pada usia ekuivalen dan, pada sebagian besar tetapi tidak semua kasus, malah ditemukan ventrikulomegali.

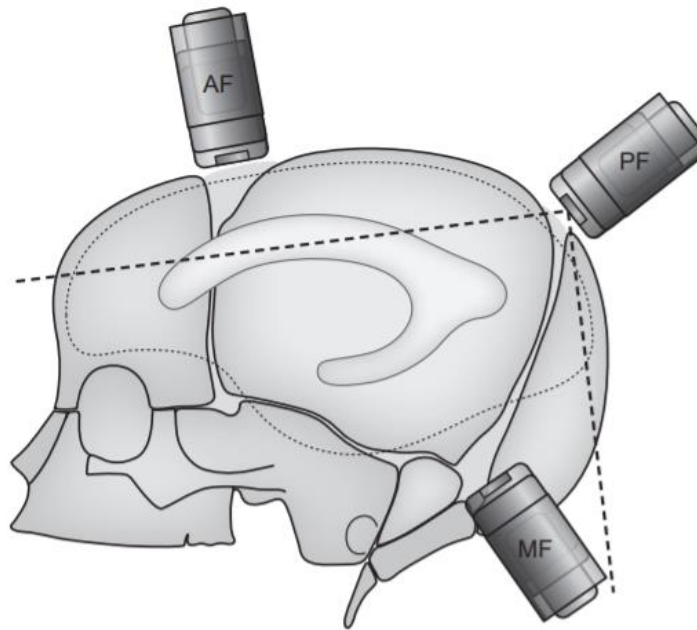
2. 1. 6 Penatalaksanaan

Tidak ada pengobatan khusus untuk IVH. Penyesuaian dari hemodinamik, memberikan oksigenasi dan ventilasi yang optimal, dukungan cairan dan nutrisi, mengendalikan kejang, dan aplikasi yang diarahkan pada komplikasi, merupakan pengobatan. (Ozek Eren, Sinem Gulcan Kersin. 2020)

2. 2 Ultrasonografi Kranial

Pemeriksaan rutin ultrasonografi untuk melihat gambaran dari intracranial, dilakukan melalui acoustic window yang dibentuk oleh fontanella anterior. Ini merupakan 'area lunak' dari tengkorak dan umumnya hanya terbuka sebelum sutura menutup dan ubun-ubun menjadi keras pada usia sekitar 6-9 bulan. Pada kondisi seperti hidrosefalus, dimana fontanella anterior tetap terbuka lebih lama, maka pemeriksaan dapat dilakukan pada bayi yang lebih tua. (De Bruyn, Rose. Pediatric Ultrasound, how, why, and when. Elsevier, 2005)

Transduser terbaik yang digunakan adalah yang sesuai dengan akses ke fontanela anterior, dan umumnya untuk melihat tampilan keseluruhan dari isi intracranial. Sutura yang overriding dan rambut yang tebal, terkadang dapat menjadi masalah, cara terbaik mengatasinya adalah dengan menggunakan transduser kecil dengan banyak gel. Probe linier dengan frekuensi tinggi sangat berguna untuk memeriksa ruang subarachnoid. Sangat penting untuk menggunakan transduser dengan daya yang cukup kuat untuk dapat memvisualisasikan fossa posterior. (De Bruyn, Rose. Pediatric Ultrasound, how, why, and when. Elsevier, 2005)



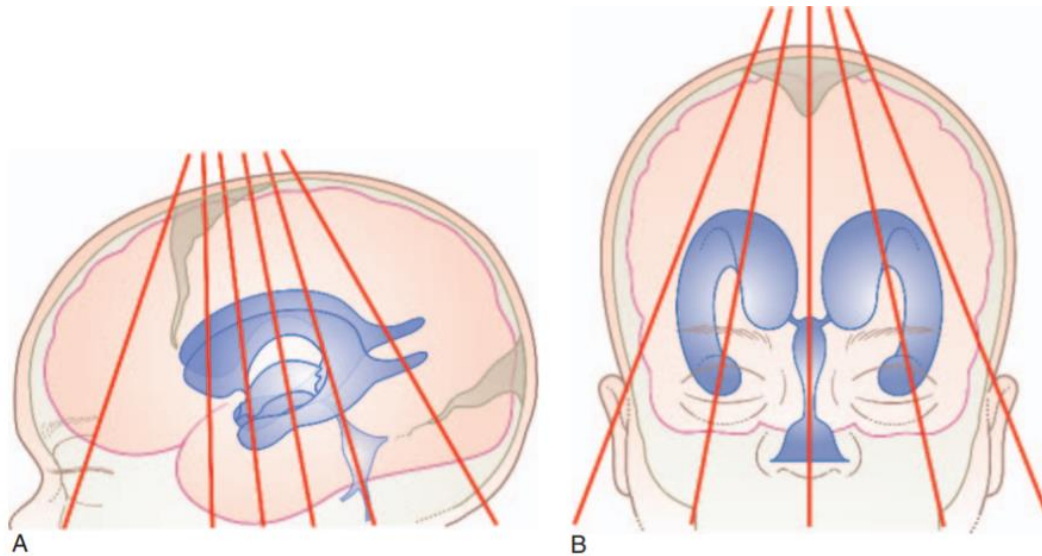
Gambar 14. Diagram fontanella posterior dan mastoid. Diagram ilustrasi skull lateral, anterior fontanelle (AF), posterior fontanelle (PF), dan mastoid fontanelle (MF). Posisi transduser pada ketiga fontanelle. (Siegel, Marilyn J, 2011)

Fontanel mastoid (posterolateral) terletak di persimpangan sutura skuamosa, lambdoid, dan oksipital, tetap terbuka sampai usia 2 tahun. Pemindaian diperoleh dengan menempatkan transduser tepat di belakang pinna telinga dan tepat di atas tragus. Memiringkan transduser sedikit cephalad bisa mengoptimalkan tampilan anatomi. Gambar fontanel mastoid biasanya diperoleh setidaknya pada dua tingkat: batang otak dan fossa posterior. Tampilan mastoid berguna untuk mengevaluasi batang otak, fossa posterior, dan sirkulasi serebral. (Siegel, Marilyn J, 2011)

Dalam pengaturan perawatan intensif, bayi sering dipasang tabung endotrakeal dan dan diposisikan. Sangat penting untuk tidak mengganggu tabung ini. Bayi baru lahir rentan menjadi dingin sehingga cara terbaik untuk memeriksanya adalah melalui lubang akses di inkubator dan selalu memastikan bahwa bayi yang terpapar tetap hangat. (De Bruyn, Rose. Pediatric Ultrasound, how, why, and when. Elsevier, 2005)

Minimal lima potongan koronal dan lima potongan sagittal diperlukan untuk pemeriksaan standar, dengan potongan tambahan dari permukaan otak atau patologi apa pun yang ditemukan sesuai kebutuhan.

Pemeriksaan ultrasonografi kranial dilakukan di bidang koronal dan sagittal.

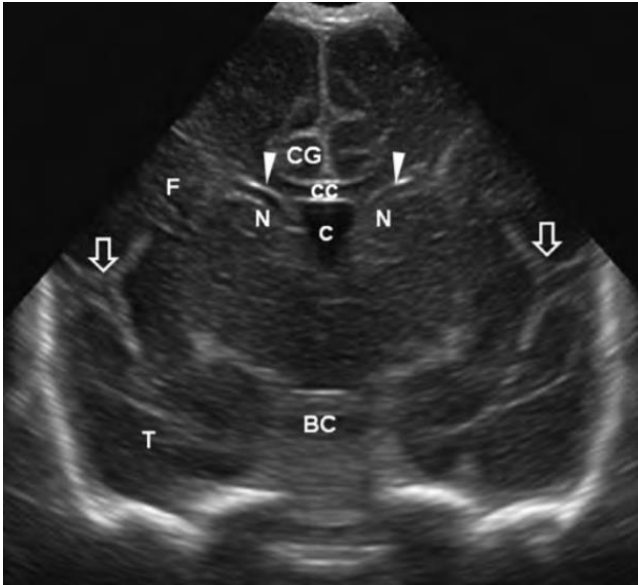


Gambar 15. Teknik pemindaian scanning intrakranial: (A) Potongan koronal, (B) Potongan sagittal.

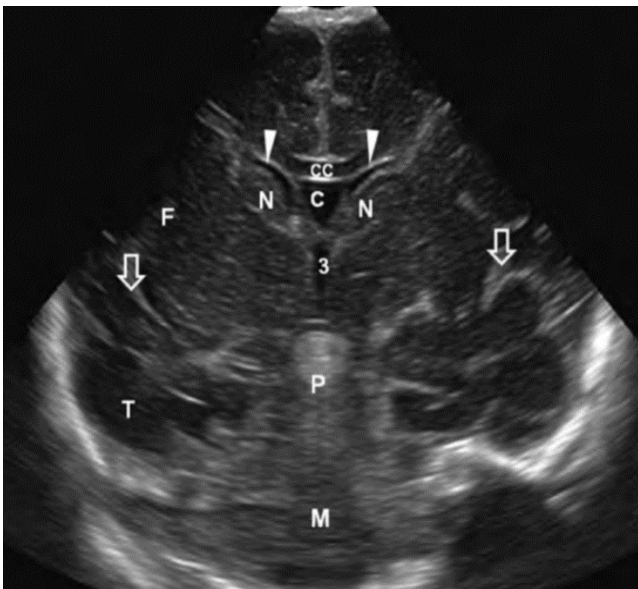
(De Bruyn, Rose. Pediatric Ultrasound, how, why, and when. Elsevier, 2005)

Terdapat 6 standar dari pemindaian bidang koronal

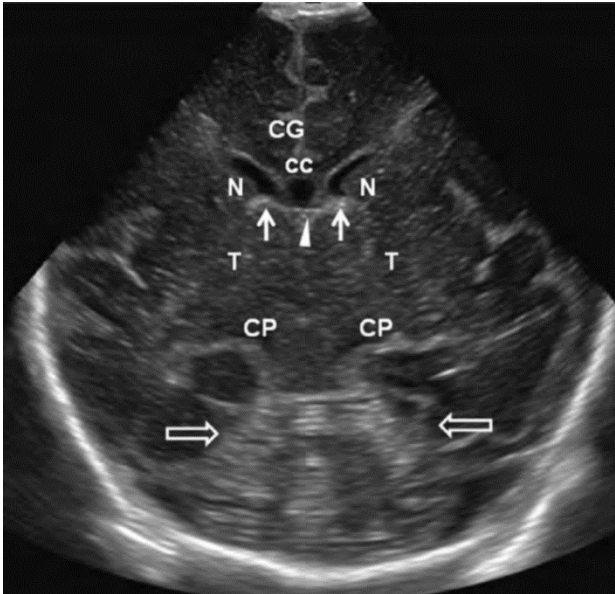
- Frontal horn anterior hingga ke foramen monro
- Foramen Monro
- Aspek posterior ventrikel III melalui thalamus
- Sisterna quadrigeminal
- Trigonum ventrikel lateral
- Korteks parietal dan occipital (Siegel, Marilyn J. 2011)



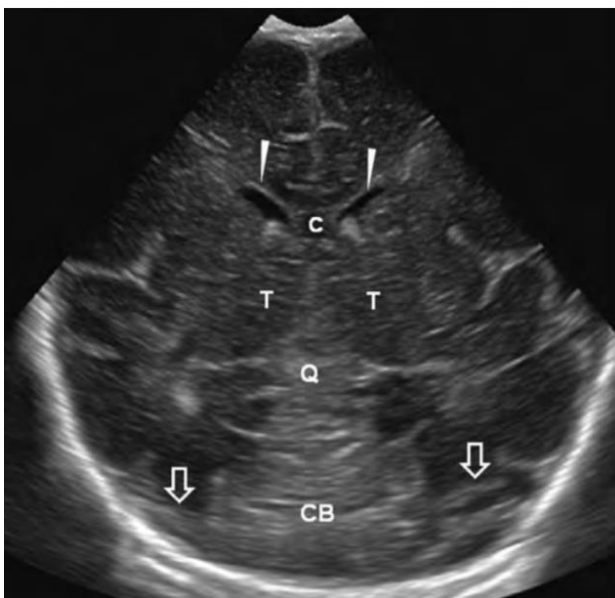
Gambar 16. Scan koronal melalui frontal horn. Pada tingkat ini, frontal horn muncul sebagai ruang berisi cairan berbentuk bulan sabit (panah) dipisahkan oleh cavum septi pellucidum (C). Corpus nucleus caudatus (N) terletak berdekatan dengan dinding ventrikel lateral. Corpus callosum (cc) membentuk atap cavum dan ventrikel lateral. Sejajar dengan corpus callosum adalah cingulate gyrus (CG). Perhatikan juga fisura sylvian (panah terbuka) antara lobus frontal (F) dan lobus temporal (T). Cisterna basilar (BC). Siegel, Marilyn J, 2011.



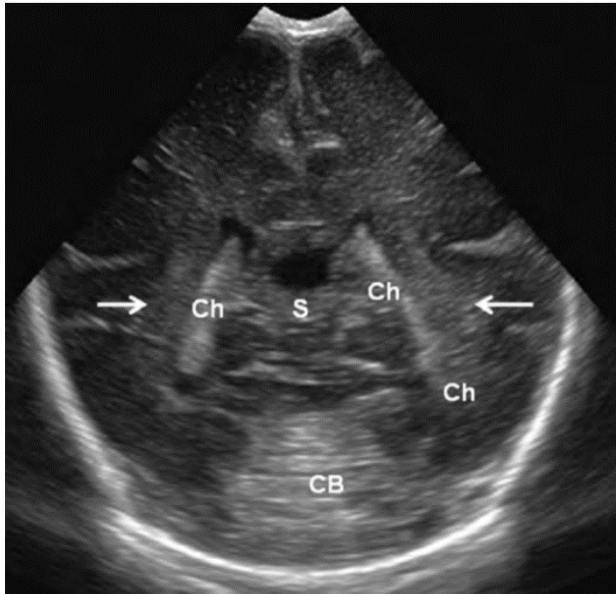
Gambar 17. Scan koronal melalui foramen Monro. Ventrikel lateral (panah), dengan corpus nucleus caudatus (N) terletak berdekatan dengan lateral ventrikel. Ventrikel ketiga (3) biasanya seperti celah atau tidak terlihat pada koronal ketika normal karena diameter transversalnya begitu kecil. Antara ventrikel lateral dan superior dari ventrikel ketiga ada segitiga cavum septi pellucidum (C). Korpus kalosum (cc), fisura sylvian (panah terbuka) antara lobus frontal (F) dan temporal (T). P = pons; M = medula oblongata. Siegel, Marilyn J, 2011.



Gambar 18. Scan koronal melalui aspek posterior ventrikel ketiga. Pada tingkat ini, corpus ventrikel lateral, nukleus kaudatus (N), dan talamus (T) di bawah ventrikel. Tiga area *echogenic* sentral ("three-dot sign") mewakili pleksus koroid di dasar ventrikel lateral (panah) dan di atap ventrikel ketiga (panah). Batang otak (CP) dan tentorium (panah terbuka). cc = corpus callosum; CG cingulate gyrus. Siegel, Marilyn J, 2011.



Gambar 19. Scan koronal melalui sisterna quadrigeminal. Sisterna quadrigeminal (Q), struktur *echogenic* berbentuk bintang di inferior thalamus (T). Corpus ventrikel lateral (panah), serebelum (CB), dan tentorium (panah terbuka). C cavum septi pellucidi. Siegel, Marilyn J, 2011.



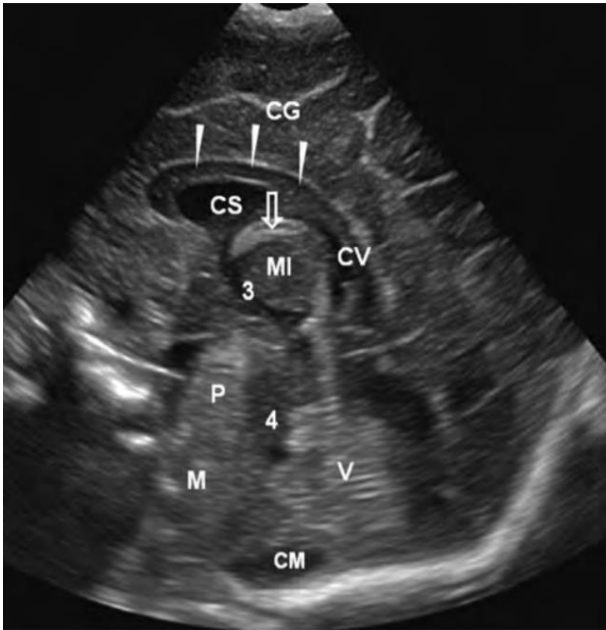
Gambar 20. Scan koronal melalui trigonum ventrikel lateral. Pada tingkat ini, ventrikel lateral mengandung *echogenic* pleksus koroid (Ch) yang divergen ke lateral. Splenium (S) korpus callosum dilihat sebagai garis *echogenic* berorientasi horizontal di antara ventrikel. Perhatikan gema periventrikular normal (panah) dan atas dari *echogenic* serebelum (CB). Siegel.

Marilyn J, 2011.

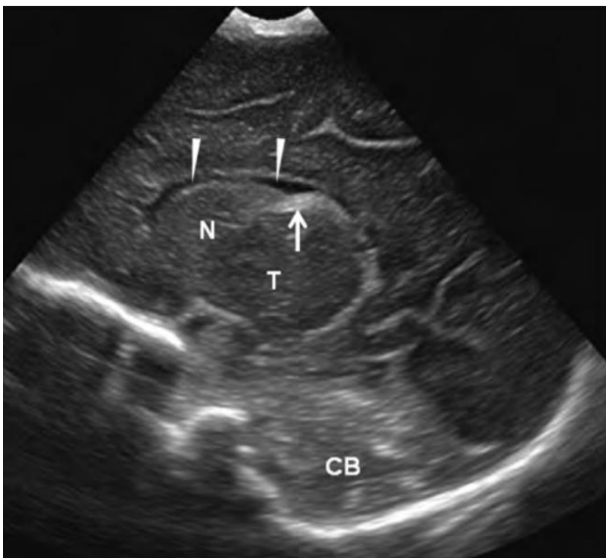
Bidang sagital

Putar transduser 90° dari bidang koronal. Miringkan probe kira-kira 20° dari garis tengah, baik kanan dan kiri, untuk mendapatkan ukuran panjang penuh dari ventrikel lateral:

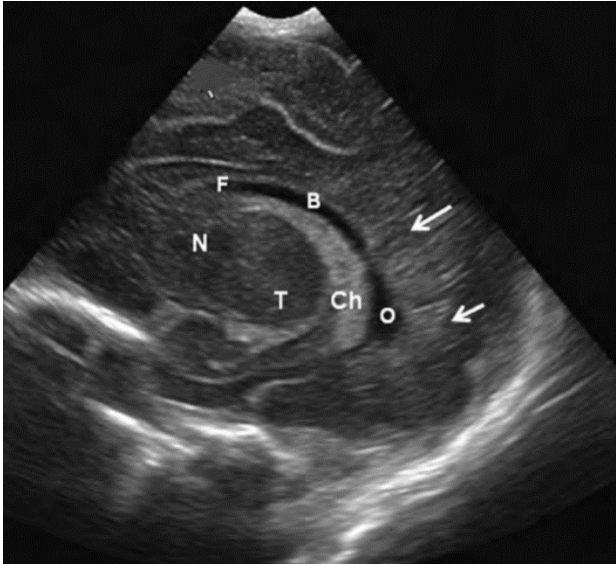
- Garis tengah melalui aqueduct ventrikel III, ventrikel IV dan serebelum
- Caudothalamic groove
- Corpus dari setiap ventrikel lateral
- *Cerebellar* cortex
- Tampilan tambahan jika perlu.



Gambar 21. Bidang sagital garis tengah normal. Cavum septi pellucidi (CS) dan vergae (CV). Di atas cavum terdapat corpus callosum (panah) dan cephalad dan berdekatan dengan corpus callosum adalah cingulate gyrus (CG). Garis *echogenic* antara corpus callosum dan cingulate gyrus adalah sulkus pericallosal. Ventrikel ketiga (3) dengan *echogenic* massa intermedia (MI) dan koroid pleksus (panah terbuka) terletak di bawah cavum. Vermis serebelar (V) terletak di belakang ventrikel keempat. Pons (P) dan medula (M) terlihat di anterior ventrikel keempat (4). Di bawah vermis adalah cisterna magna (CM) yang berisi cairan. Siegel, Marilyn J, 2011.



Gambar 22. Bidang parasagital melalui caput nukleus kaudatus. Caput nukleus kaudatus (N) di anterior dan thalamus (T) posterior terletak inferior terhadap corpus ventrikel lateral (panah). Di antara struktur-struktur ini terdapat alur caudotalamicus yang berisi bagian anterior pleksus koroid (panah). CB, *Cerebellar* hemisphere. Siegel, Marilyn J, 2011.



Gambar 23. Pemindaian parasagittal melalui corpus ventrikel lateral. Pada tingkat ini, frontal horn (F), corpus (B), dan oksipital horn (O) dari ventrikel lateral dapat terlihat. Pleksus koroid (Ch) berada dalam trigonum ventrikel lateral. Di bawah ventrikel lateral adalah nukleus kaudatus (N) dan thalamus (T). Posterior dari trigonum ventrikel lateral adalah normal halo periventrikular (panah). Meskipun area ini *echogenic*, tetapi kurang *echogenic* dari pleksus koroid yang berdekatan.^{Siegel, Marilyn J, 2011.}

Bidang axial

Tidak digunakan secara rutin, tetapi dapat berguna jika dicurigai terdapat cairan subdural atau ekstraaksial. Bagian aksial bisa jadi sulit untuk dipahami, jadi bidang paling baik diambil di bagian tubuh ventrikel lateral, di mana anatomi mudah dikenali.

Waktu pemeriksaan

Waktu dan frekuensi pemeriksaan yang optimal sangatlah penting. Pada bayi prematur, USG kepala yang dilakukan pada hari pertama kehidupan dapat mendiagnosis kelainan antenatal atau perinatal. Kedua, memungkinkan mendeteksi lesi baru dalam beberapa jam atau hari setelah onset. Kebanyakan dari lesi ini tanpa gejala. Setelah diagnosis dibuat, evolusi lesi dari waktu ke waktu harus dinilai. Pada bayi dengan perdarahan matriks *Germinal*-intraventrikular (GMH-IVH), memungkinkan tepat waktu dalam menilai dilatasi ventrikel paska-*Haemorrhage* (PHVD), kondisi yang berpotensi serius yang mungkin memerlukan intervensi. Komplikasi serius lain dari GMH-IVH adalah infark *Haemorrhage* periventricular (PVH). Lesi ini dan evolusinya dapat didiagnosis dan diikuti pada pemindaian USG kepala serial yang dilakukan secara teratur. Pada bayi prematur dengan PVE

nonfisiologis, pencitraan sekuensial akan menunjukkan apakah ekogenisitas akan hilang tanpa evolusi kistik atau apakah perubahan kistik terjadi. Lesi kistik kecil berkembang hanya 3 sampai 6 minggu setelah *echogenicity* abnormal pertama kali terlihat dan cenderung hilang dalam beberapa minggu. Mereka mungkin tidak terlihat di sekitar term equivalent age (TEA). Pada kebanyakan bayi, beberapa derajat ventrikulomegali, akibat hilangnya *white mater*, akan dapat dikenali. Tidak hanya leukomalacia periventrikular kistik (PVL) tetapi juga PVE nonfisiologis dengan durasi yang lebih lama tanpa kistik evolusi (PVL nonkistik) dikaitkan dengan hasil perkembangan saraf suboptimal. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui total durasi ekogenisitas yang abnormal. (Beek Erick, Rick R V. 2016)

Meskipun GMH-IVH umumnya berkembang dalam beberapa hari setelah lahir dan yang kemudian didiagnosis pada pemindaian USG yang dilakukan pada minggu pertama kehidupan, cedera *white mater* dapat terjadi setiap saat selama periode neonatus. PVL kistik onset lambat dapat terjadi setelah sepsis, infeksi virus, nekrosis enterokolitis, pembedahan, atau serangan apnea berulang. Oleh karena itu penting untuk melakukan pemindaian USG serial dari hari lahir sampai TEA dan untuk meningkatkan jumlah dan intensitas pemeriksaan USG setelah perburukan akut.

GA at birth (weeks)	23–26	27–32	33–37
Postnatal age	Days 1, 2, 3, ^a 7 ^a	Days 1, 3, ^a 7 ^a	Day 3 ^a
	2 weeks	2 weeks	
	Weekly to PMA 31 weeks	Weekly to PMA 31 weeks	Before discharge
	Alternating weeks to PMA 35 weeks	At PMA 32 weeks or before discharge	
	TEA	TEA	

Abbreviations: GA, gestational age; PMA, postmenstrual age; TEA, term equivalent age.
Note: ^aInclude scanning through posterior fontanel and mastoid fontanel.

Tabel 2. Protokol USG kepala pada bayi prematur. (Beek Erick, Rick R V. 2016)

Pemeriksaan USG di sekitar TEA direkomendasikan di setiap bayi sangat prematur (GA < 32 minggu). Untuk mendeteksi/evaluasi sebagai berikut:

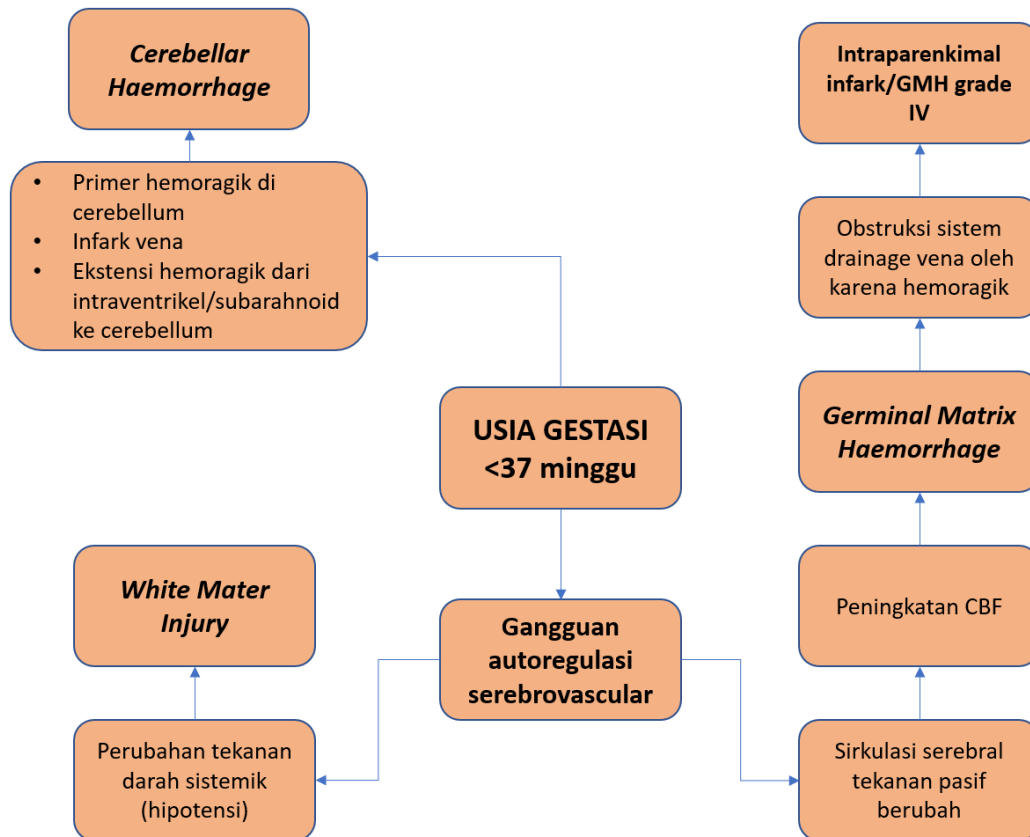
1. PVL kistik onset lambat;
2. Infark fokal;
3. Tahap akhir PVL dan PVHI kistik;
4. Ventrikulomegali akibat hilangnya *white mater* pada bayi dengan cedera *white mater* nonkistik difus
5. Dilatasi ventrikel dan cedera *white mater* karena PHVD.
6. Pada neonatus prematur, serial USG dari lahir sampai TEA diperlukan untuk mendeteksi dan mengikuti *brain injury*. (Beek Erick, Rick R V. 2016)

Pembagian usia gestasi

Gestational Age (GA)

- Preterm: < 37 completed weeks or 259 days from onset of LMP
 - o Extreme preterm: < 28 weeks
 - o Very preterm: 28^{0/7}- 31^{6/7}
 - o Moderate preterm: 32^{0/7} - 33^{6/7}
 - o Late preterm: 34^{0/7}- 36^{6/7}

Tabel 3. Klasifikasi bayi berdasarkan usia Gestasi. (Karnati S, Int J Pediatr Adolesc Med. 2020)

BAB 3**KERANGKA PENELITIAN****3.1 KerangkaTeori**

3.2 Kerangka Konsep

