



Kartu Pemeriksaan Tajam Penglihatan: A Narrative Review

Hanna Nurul Husna

Universitas Bakti Tunas Husada
e-mail: hannanurulhusna@universitas-bth.ac.id

Diterima 8 September 2022

Disetujui 17 Januari 2023

Dipublikasikan 26 Januari 2023

<https://doi.org/10.33369/jkf.5.3.169-180>

ABSTRAK

Pemeriksaan tajam penglihatan/*visual acuity*/VA merupakan langkah pertama dan utama dalam pemeriksaan klinis mata. Pada pemeriksaan VA dibutuhkan instrumen berupa kartu pemeriksaan/*chart*, okluder, okluder *pinhole*, dan *penlight*. Kartu pemeriksaan merupakan instrumen utama dalam pemeriksaan VA yang prinsip kerjanya berdasarkan pada prinsip fisika optik pada pembentukan bayangan di mata. Terdapat banyak jenis kartu pemeriksaan yang dapat digunakan dalam pemeriksaan VA sesuai dengan tujuan pemeriksaan dan kebutuhan. Kartu pemeriksaan yang paling sering digunakan adalah Snellen *chart* dan ETDRS LogMAR *chart*. Pemahaman terhadap prinsip kerja dari masing-masing kartu pemeriksaan akan memberikan pemahaman mengenai bagaimana penggunaannya dalam aspek klinis.

Kata Kunci: ETDRS chart, kartu pemeriksaan, Snellen *chart*, tajam penglihatan

ABSTRACT

Visual acuity (VA) examination is the first and primary step in the clinical examination of the eye. VA examination need an examination card/*chart*, occluder, pinhole occluder, and penlight as instruments. The examination card is the main instrument in the VA examination whose working principle is based on the principles of optical physics in the formation of images in the eye. There are many types of examination cards that can be used in VA examinations according to the purpose of the examination and needs. The most commonly used are the Snellen chart and the ETDRS LogMAR chart. An understanding of the working principle of each examination card will provide an understanding of how it is used in clinical aspects.

Keywords: ETDRS chart, Snellen chart, visual acuity, visual acuity card,

I. PENDAHULUAN

Mata merupakan indera pada manusia yang berperan dalam penglihatan. Penglihatan pada mata bekerja berdasarkan prinsip pembiasan cahaya/refraksi (1). Proses pembiasan cahaya terjadi sejak cahaya masuk ke mata kemudian melalui kornea, melewati lensa, dan akhirnya sampai di retina. Penglihatan mata yang jelas terjadi ketika bayangan pembiasan jatuh tepat di retina. Penglihatan seperti ini dikategorikan sebagai penglihatan normal, atau emetropia (2). Lain halnya ketika bayangan tidak jatuh di retina - jatuh di depan dan/atau di belakang retina. Keadaan ini menyebabkan penglihatan menjadi kabur. Orang yang mengalami penglihatan ini dikatakan mengalami kelainan refraksi atau ametropia (2). Kelainan refraksi merupakan salah satu jenis dari gangguan penglihatan.

Berdasarkan survey yang dilakukan oleh WHO pada tahun 2015, diperkirakan dari 7,33 triliun penduduk dunia terdapat 253 juta orang (3,38%) yang menderita gangguan penglihatan (3). Berdasarkan data yang disajikan pada “*Roadmap of Visual Impairment Control Program in Indonesia 2017-2030*” menunjukkan bahwa prevalensi gangguan penglihatan di Indonesia itu cukup tinggi (4). Untuk menanggulangi hal tersebut diperlakukan upaya promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif. Salah satu aktifitas dalam upaya manajemen gangguan penglihatan adalah pemeriksaan tajam penglihatan.

Tajam penglihatan (*visual acuity/VA*) dikenal dengan istilah *visus*. Di Fisika, ketajaman penglihatan disebut juga dengan resolusi mata. VA dapat diartikan sebagai ukuran baik buruknya fungsi mata secara keseluruhan (1). Prinsip pemeriksaan VA didasarkan pada prinsip pembentukan bayangan di mata secara optik. Pada kesehatan, pemeriksaan VA adalah bagian dari pemeriksaan oftalmologis dan merupakan salah satu pengujian untuk mengukur fungsi visual (5). Pada pemeriksaan VA diperlukan instrumen seperti kartu pemeriksaan/ *chart*, okluder, okluder *pinhole*, dan *penlight*.

Kartu pemeriksaan yang paling sering digunakan di Indonesia adalah Snellen *chart*. Kartu ini sering digunakan dalam pemeriksaan mata sehari-hari. Akan tetapi, untuk penggunaan klinis sesuai dengan kondisi dan kebutuhan pasien, digunakan kartu pemeriksaan lainnya seperti ETDRS *chart* untuk penderita *low vision*; *Tumbling E* untuk orang yang tidak bisa membaca; dan *Lea chart* untuk anak-anak. Pemahaman terhadap jenis dan prinsip kerja dari masing-masing kartu pemeriksaan akan memberikan pemahaman mengenai bagaimana kartu pemeriksaan seharusnya digunakan agar diperoleh hasil VA yang baik dan akurat.

II. TAJAM PENGLIHATAN

Tajam penglihatan (*visual acuity*) dikenal dengan istilah *visus/VA*. VA terjadi karena proses *physionervous* yang terjadi antara retina yang terdiri dari penerimaan dan respon rangsangan cahaya oleh sel batang, sel kerucut, dan kornea; serta bagian central yang terdiri dari reaksi otak terhadap rangsangan (2). VA dapat diartikan sebagai ukuran baik buruknya fungsi mata secara keseluruhan (1).

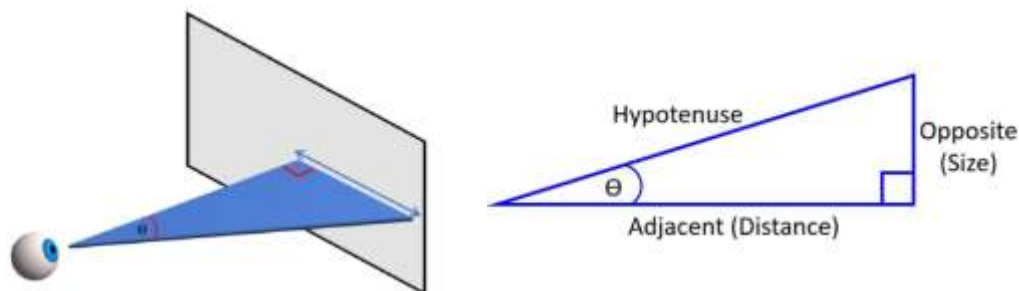
Cahaya pertama kali masuk ke mata melalui kornea. Setelah itu bergerak melalui pupil yang pergerakannya diatur oleh iris, dan selanjutnya melewati lensa mata. Lensa dapat mengubah bentuknya sehingga cahaya hasil dari pembiasan jatuh fokus di retina. Saat cahaya sampai di retina, respon cahaya diubah menjadi sinyal saraf yang bergerak melalui sistem saraf ke *visual cortex* – tempat sinyal diterjemahkan (6). Orang yang penglihatannya normal memiliki penglihatan yang jelas dan fokus. Tapi tidak semua seperti itu, ada orang yang memiliki penglihatan yang buram. Salah satu penyebab penglihatan buram adalah kelainan refraksi. Kelainan refraksi muncul karena kegagalan mata dalam memfokuskan cahaya di retina. Hal ini akan menyebabkan kelainan refraksi seperti seperti miopia (rabun jauh) dan hipermetropia (rabun dekat). Faktor lainnya dapat disebabkan karena astigmatisme, amblyopia, degenerasi macular, katarak, glaucoma, dll (6).

Secara kesehatan, pemeriksaan VA merupakan salah satu dari tahap pemeriksaan mata. Tujuan dari pemeriksaan VA adalah skrining gangguan penglihatan, diagnosis pertama untuk penyakit mata, evaluasi penglihatan yang disebabkan karena faktor traumatik dan non-traumatik, re-evaluasi penglihatan setelah dilakukan tindakan koreksi, dan untuk mengevaluasi penglihatan dalam melakukan pekerjaan seperti mengemudi (7).

Prinsip pemeriksaan VA sangat erat kaitannya dengan Fisika. Pembentukan bayangan di mata dapat dijelaskan secara Fisika pada konsep pembiasan/refraksi (1). Seseorang yang dapat melihat dengan jelas mencerminkan bayangan yang jatuh tepat di retina. Dan sebaliknya penglihatan yang buram mencerminkan bayangan yang jatuh tidak tepat di retina, bisa di depan ataupun di belakang. Jelas atau buram-nya penglihatan berhubungan dengan tajam penglihatan/VA. Oleh karena itu, pemeriksaan VA sangat erat kaitannya dengan Fisika. Pemeriksaan VA berhubungan dengan *visual angle* (sudut visual) (2). Sudut visual adalah sudut yang dibentuk oleh objek dalam lapang pandang di titik perpotongan (*nodal point*). VA berbanding terbalik dengan sudut visual minimum yang dapat dibentuk (8).

$$VA = \frac{1}{\text{sudut visual minimum}} \dots (1)$$

Pengukuran VA menunjukkan kemampuan dalam membedakan dua stimuli yang dipisahkan oleh ruang kosong dengan kontras yang tinggi relatif terhadap latarnya (9). Sudut visual minimum (*minimum separable visual angle*) menunjukkan fungsi diskriminasi spasial yang menunjukkan sudut visual terkecil dari dua benda yang dapat dibedakan (9) seperti yang terdapat pada gambar 1 (a). Sudut visual minimum dinyatakan dalam menit busur (*minutes of arc*).



Gambar 1. Sudut visual minimum
Sumber: (10)

VA diukur berdasarkan objek terkecil yang dapat terlihat pada jarak tertentu (2). Orang yang diukur VA-nya, yaitu klien, diuji berdasarkan kemampuannya dalam melihat dan membedakan optotip berupa huruf, gambar, atau simbol. Pada pemeriksaan VA biasanya dilakukan pada mata kanan terlebih dahulu (2), tapi pada beberapa sumber menyarankan untuk memeriksa mata yang memiliki penglihatan paling buruk terlebih dahulu (11). Mata yang diuji VA-nya melihat kartu pemeriksaan, dan mata lainnya ditutup. Pemeriksaan VA dilakukan pada ruangan dengan kondisi penerangan yang rendah yaitu sekitar 10 cd/m^2 (12).

Pada perhitungan VA, akan melibatkan sudut visual yang disajikan pada gambar 1 (a) dan diproyeksikan seperti gambar segitiga di gambar 1 (b). Sudut visual dibentuk dari sisi-sisi yang merupakan sisi miring (*hypotenuse*), sisi bersebrangan (*opposite*), dan sisi samping (*adjacent*). Sisi bersebrangan dianggap merepresentasikan ukuran, dan sisi samping merepresentasikan jarak. Sudut visual minimum merupakan $\tan \theta$. Jadi jika diturunkan dari persamaan [1]:

$$VA = \frac{1}{\text{sudut visual minimum}} = \frac{1}{\tan \theta} \dots [1]$$

$$VA = \frac{\text{jarak (d)}}{\text{ukuran (D)}} \dots [2]$$

“d” merupakan jarak keterbacaan antara orang yang diuji tajam penglihatannya dengan kartu pemeriksaan, sedangkan “D” adalah ukuran keterbacaan orang dengan penglihatan normal ke optotip yang dinyatakan dalam besaran jarak. Hasil tajam penglihatan ditulis 20/20 jika menggunakan satuan kaki (*feet*) atau 6/6 jika menggunakan satuan meter. Pembilang menunjukkan jarak klien dari kartu pemeriksaan, yaitu 20 kaki atau 6 meter. Penyebut menunjukkan jarak saat orang normal dapat membaca kartu pemeriksaan pada baris yang sama.

Sudut visual tidak hanya menjadi satu-satunya faktor yang berpengaruh terhadap tajam penglihatan. Faktor lain seperti tingkat pencahayaan (*luminance*) dan kontras (*contrast*) pun turut berpengaruh. Tingkat pencahayaan (*luminance*) didefinisikan sebagai jumlah energi cahaya yang dikeluarkan per satuan waktu pada satuan luas tertentu (13). Saat tingkat pencahayaan meningkat, kontras yang dibutuhkan untuk deteksi berkurang (8).

VA menunjukkan fungsi dari struktur mata, tapi terbatas karena struktur retina (8). Keterbatasan tajam penglihatan ditentukan oleh kepadatan jumlah sel kerucut di fovea. Terdapat sekitar 1.4×10^5 sel kerucut/ mm^2 , dengan jarak pemisah linear antaranya sekitar $2.6 \mu\text{m}$ dan jarak pemisah sudutnya $2.6 \times 10^{-3}/17$ radians atau 0.5 menit busur. Saat melakukan penglihatan, lensa mata akan melakukan akomodasi. Meskipun lensa mata melakukan akomodasi dan meningkatkan ketajaman bayangan yang dihasilkan, akan tetapi aberasi kromatis akan terjadi. Ukuran pupil yang mengecil dapat membantu dalam mengatur sinar datang ke mata dan mengurangi aberasi kromatis. Akan tetapi, hal ini memunculkan permasalahan baru yaitu difraksi. Difraksi terjadi jika sinar melewati celah kecil dan menghasilkan bayangan yang tidak fokus (14). Jika pupil mengecil, maka bayangan yang buram karena difraksi akan kecil, tapi bayangan akan membesar karena aberasi kromatis.

III. KARTU PEMERIKSAAN TAJAM PENGLIHATAN

Pemeriksaan tajam penglihatan merupakan salah satu tahapan pada pemeriksaan klinis oftalmologi. Tujuan dari pemeriksaan tersebut adalah untuk menentukan kejelasan dan ketajaman penglihatan dari klien – orang yang diuji tajam penglihatannya.

Pembuatan kartu pemeriksaan tajam penglihatan (*VA chart*) telah menjalani proses dan waktu yang sangat panjang. Pada tahun 1843, Heinrich Kuechler, seorang dokter berkebangsaan Jerman di Darmstadt telah menyampaikan tentang pentingnya standarisasi dari uji tajam penglihatan (15). Kuechler bahkan membuat tiga kartu pemeriksaan untuk menghindari adanya memorisasi, dan set standar instruksi. Kartu pemeriksaan ini ditunjukkan untuk pemeriksaan jarak jauh dan terdiri dari satu kata dalam setiap barisnya. Akan tetapi, profesi ini belum siap dan hasil karyanya dilupakan.



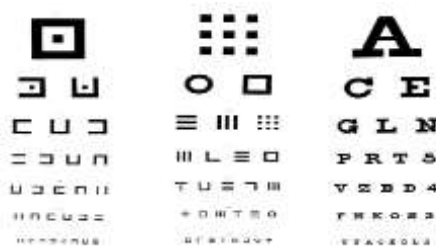
Gambar 2. Kuechler *chart* yang terdiri dari tiga chart kartu pemeriksaan
Sumber: (15)

Di tahun 1854, Eduard von Jaeger di Vienna mempublikasikan series untuk uji sampel baca (*reading sample*) yang sebenarnya merupakan lampiran dari buku operasi katarak. Tidak seperti Kuechler *chart*, Jaeger *card* ini menyebar dengan cepat karena dialihbahasakan menjadi beberapa bahasa dengan cetakan yang berkualitas. Dikarenakan tidak adanya standar, Jaeger *card* yang beredar saat ini tidak konsisten. Ukuran sampel di *Jaeger card* saat ini lebih besar dari versi aslinya. Uji menggunakan *Jaeger card* mengukur kemampuan membaca sebagai fungsi dari ukuran cetak, bukan sebagai fungsi dari mata (15).

Di tahun 1861, Donders, seorang guru dan ilmuwan yang berasal dari Utrecht, Belanda, dalam pertemuan oftalmologi di Heidelberg mengajukan formula dan referensi standar yang mendefinisikan ketajaman penglihatan dalam bentuk rasio ukuran huruf dan jarak lihat. Dia mendefinisikan standar kemampuan mata untuk mengenali huruf pada sudut visual sebesar 5 menit busur. Ajuannya ini diterima. Kemudian ia meminta pegawai sekaligus penerusnya, Herman Snellen yang merupakan praktisi dan ahli bedah untuk merancang instrumen untuk pengukuran standar (15).

Snellen telah melakukan beberapa inovasi pada *chart*-nya. Snellen mendesain karakter special yang disebut optotip (*optotypes*). Berbeda dengan Kuechler *chart* yang dalam tiap barisnya terdiri dari kata, Snellen menyusun optotip-nya dalam beberapa huruf yang disesuaikan dengan jarak pengukuran. Kemudian, ia mengkalibrasi optotip-nya berdasarkan standar sudut visual sebesar 5 menit busur. Hal ini memudahkan peneliti lainnya untuk membuat dan mendesain *chart* mereka yang disesuaikan dengan standar yang sama (15). Hasil karyanya dipublikasikan pada tahun 1862 di Inggris (16)

Snellen tidak hanya membuat kartu pemeriksaan jarak jauh, ia juga membuat *reading test*. Berbeda dengan Jaeger yang tidak mendefinisikan satuan pengukuran dari pengukuran fungsi mata. *Reading test* Snellen dikalibrasi dengan standar yang sama dengan pemeriksaan jarak jauh. Hal ini memungkinkan tajam penglihatan dapat dihitung berdasarkan ukuran cetak dan jarak pemeriksaan. *Reading test* ini juga dialihbahasakan ke dalam beberapa bahasa. Hal-hal ini yang menyebabkan uji Snellen lebih mudah diterima di seluruh dunia (15).



Gambar 3. Snellen *chart*. Dua dari kiri tidak dipublikasikan. Paling kiri: Snellen chart yang dipublikasikan
Sumber: (15)

Pada tahun 1867, John Green dari Amerika memperkenalkan *chart* baru yang dikenal dengan *John Green's chart*. Berbeda dengan Snellen, Green menggunakan progresi logaritma (*logarithmic progression*). Selain itu, jarak antar huruf dan baris tidak ditentukan oleh ruang yang ada, tapi proporsional dengan ukuran huruf (sesuai dengan lebar huruf). Green menggunakan jenis huruf tanpa topi (*sans serif*), sedangkan Snellen menggunakan huruf dengan topi (*non-serif*). Pada setiap barisnya bisa terdiri sampai 11 huruf.



Gambar 4. John Green's *chart*
Sumber: (15)

Pada tahun 1875, Felix Monoyer dari Perancis, memperkenalkan notasi desimal dalam penulisan tajam penglihatan. Monoyer juga dikenal dalam memperkenalkan Dioptri sebagai satuan dari kekuatan lensa, menggantikan notasi sebelumnya yaitu 1/panjang fokus. Di tahun yang sama, Snellen mengubah produksi *chart* yang sebelumnya bersatuan kaki (*feet*) menjadi 5 meter (lebih mudah dalam penggunaan sistem desimal) dan 6 meter (mendekati 20 kaki). Di benua Eropa biasanya menggunakan 5 meter, Inggris menggunakan notasi 6 meter; dan Amerika menggunakan notasi *feet*.

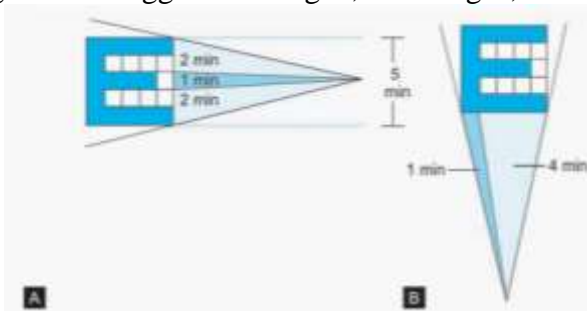
Pada tahun 1888, Edmund Landolt di Paris membuat simbol cincing patah (*broken ring*). Simbol ini telah menjadi standar dalam pengujian di laboratorium, tapi telah membuat terobosan yang sangat terbatas pada uji klinis.

Tahun 1959, Louise Sloan dari Wilmer Institute di Baltimore mendesain satu set huruf tanpa topi. Dia juga memperkenalkan istilah M-unit. Pada tahun 1976, Bailey and Lovie dari Melbourne mengajukan tampilan *chart* baru yang terdiri dari lima huruf setiap barisnya dan dengan jarak yang proporsional. *Chart*-nya berbentuk segitiga terbalik. Bailey-Lovie menggunakan progresi logaritma yang digunakan Green sebelumnya. Mereka juga memperkenalkan istilah LogMAR. Pada tahun 1982, *National Eye Institute* (NEI) mengkombinasikan huruf Sloan (*Sloan letter*) dengan tampilan Bailey-Lovie dan menghasilkan kartu pemeriksaan untuk *Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study* (ETDRS). Kartu pemeriksaan ini dikenal dengan *ETDRS chart*. *ETDRS chart* menjadi standar internasional de-facto untuk pemeriksaan penglihatan (12,15).

Pemeriksaan VA adalah pintu utama dan merupakan standar utama untuk hasil pemeriksaan di klinis. Oleh karena itu, standar pada pemeriksaan VA merupakan hal yang penting. Idealnya, pemeriksaan VA harus memberikan hasil yang tepat tanpa dipengaruhi faktor eksternal lainnya. Akan tetapi pemeriksaan VA dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jarak pemeriksaan, pencahayaan ruangan, jenis kartu pemeriksaan, dan skoring yang digunakan pada pemeriksaan (9,12). Terdapat banyak jenis kartu pemeriksaan yang dapat digunakan untuk pemeriksaan VA, tapi yang paling banyak digunakan adalah Snellen *chart* dan *ETDRS chart*.

3.1 Snellen Chart

Snellen memperkenalkan simbol baru dalam *chart*-nya yang disebut optotip. Optotip adalah gambar dengan ukuran yang bervariasi, dapat berbentuk alphabet ataupun gambar (2). Optotip pada Snellen *chart* dibuat berdasarkan pada kisi kotak berukuran 5 x 5 atau 9 cm x 9 cm. Kotak dibagi menjadi 25 kotak kecil dengan ukuran yang sama. Masing-masing kotak kisi membentuk sudut 1 menit busur. Gambar di bawah ini menunjukkan optotip huruf E yang dibentuk dari 5 kotak kisi yang membentuk 5 menit busur. Tidak semua huruf dapat dicetak sesuai dengan kebutuhan kartu pemeriksaan, sehingga hanya beberapa huruf yang digunakan yaitu C, D, E, F, L, O, P, T, dan Z. Beberapa huruf seperti H, K, R, U, V kadang digunakan. Sekarang ini, optotip Snellen tidak terbatas pada alphabet saja, tapi juga bisa menggunakan angka, tumbling E, landlot C, dan Lea symbols (2).



Gambar 5. Konstruksi optotip E membentuk sudut 5 menit busur (warna biru cerah) dan 1 menit busur (warna biru gelap)
Sumber: (2)

Snellen menggunakan perhitungan berupa pembagian derajat ke dalam 60 menit dan mendefinisikan standar penglihatan sebagai kemampuan dalam mengenali optotip dari jarak 20 kaki ketika membentuk sudut 5 menit busur (16).

$$\begin{aligned} \text{Sudut resolusi minimum mata} &= 1 \text{ menit busur} \\ 1 \text{ menit busur} &= 1/60 \text{ derajat} \\ 1 \text{ derajat} &= 60 \text{ menit busur} \end{aligned}$$

Penulisan Snellen *chart* didasarkan pada perbandingan standar pemeriksaan dengan penulisan 20/20; 20/40 dll. Nilai 20/20 bukanlah penglihatan yang sempurna bagi manusia (16). Nilai tersebut muncul sebagai hasil rata-rata saat orang dewasa di umur 60 mengalami penurunan penglihatan. Remaja dan dewasa muda dengan tidak adanya gangguan penglihatan akan memiliki penglihatan lebih baik dari 20/20 – biasanya berada di rentang 20/16 dan 20/12.

Metode pen-skor-an yang digunakan dalam Snellen *chart* adalah penilaian baris (12). Klien memperoleh skor berdasarkan baris yang ia baca, bukan berdasarkan huruf yang terbaca. Penulisan notasi hasil VA menggunakan Snellen *chart* yang menggunakan satuan kaki ditulis 20/20, 20/16 dll. Tapi, penulisan notasi hasil VA pun bisa menggunakan satuan meter menggunakan pecahan sehingga penulisan hasilnya 6/6, 6/12 dll. Pada tahun 1875, Monoyer mengajukan penulisan desimal untuk mempermudah dalam membandingkan nilainya dengan jarak pemeriksaan (16). Nilai desimal misalkan 0.5 diperoleh dari 20/40 atau 6/12 atau hasil yang serupa menggunakan jarak pemeriksaan lainnya.

Menurut Snellen, pada jarak 60 meter, di baris tertinggi 6/60 akan membentuk sudut 5 menit busur. Dengan demikian, untuk membentuk huruf di baris 6/60, maka dibutuhkan huruf dengan tinggi berdasarkan perhitungan trigonometri, $\tan \theta = \text{depan/samping}$ (11).

$$\begin{aligned} \tan \frac{5}{60} &= \frac{a}{60} \\ a &= 60 \times \tan \frac{5}{60} \end{aligned}$$

$$a = 60 \times 0.0014544421$$

$$a = 0.08726 \text{ meter} = 8.726 \text{ cm}$$

Oleh karena itu, huruf terbesar harus memiliki tinggi 8.726 cm. Dengan asumsi bahwa huruf berbentuk kotak, maka huruf tersebut pun harus memiliki lebar 8.726 cm. Perhitungan yang sama akan berlaku dengan notasi VA lainnya.

Selain dari ukuran huruf, spasi pun merupakan hal yang harus diperhatikan. Spasi pada kartu pemeriksaan VA merujuk pada spasi antar optotip, dan spasi antar baris (11). Tidak ada perhitungan matematik yang menentukan jarak antar optotip baik vertikal ataupun horizontal pada Snellen *chart*. Spasi di Snellen *chart* tidak beraturan, dan hal ini menjadi salah satu kelemahan Snellen *chart* yang tidak memenuhi Hukum Spasi Proporsional (*Law of Proportional Spacing*). Hukum Spasi Proporsional menyatakan bahwa spasi antar masing-masing optotip harus sama dengan ukuran optotip di baris tersebut, dan spasi antar baris harus sesuai dengan tinggi optotip pada baris di bawahnya.

Pada umumnya, pemeriksaan menggunakan Snellen *chart* dilakukan pada jarak 6 meter. Akan tetapi karena keterbatasan ruang, pemeriksaan dapat dilakukan pada jarak 3 meter dengan bantuan cermin datar (2). Kartu pemeriksaan yang digunakan adalah *reversible chart*, yang ditempatkan sedikit lebih atas dan dibelakang kepala klien. Optotip pada *chart* ini terdiri dari huruf A, H, I, M, O, T, U, V, W, X, dan Y. Bayangan yang dibentuk oleh cermin datar adalah maya, tegak, dan sama besar. Klien akan melihat bayangan seperti pada jarak 6 meter dan *chart* akan terlihat seperti *chart* biasanya.

Terdapat beberapa kelemahan dari Snellen *chart* adalah 1) setiap baris memiliki ukuran huruf yang tidak seragam dengan jumlah yang tidak sama. Misalnya untuk penglihatan di baris 20/200 memiliki satu atau dua huruf, sedangkan di baris 20/20 terdiri sampai delapan huruf. 2) Penskoran menggunakan metode baris sehingga interpretasi tiap baris menjadi berbeda. Ketidak-terbacaan satu huruf di baris 20/20 akan memiliki efek yang kecil dibandingkan dengan ketidak-terbacaan huruf di baris 20/200. Selain itu, ketidak-terbacaan salah satu huruf akan mengubah interpretasi VA keseluruhan baris. 3) Perubahan ukuran huruf antar baris tidak beraturan. Saat perubahan jarak pemeriksaan, hal ini akan berdampak pada over-estimasi penglihatan. 4) Huruf di Snellen *chart* memiliki tingkat keterbacaan yang berbeda. Beberapa huruf seperti C, D, E, G, dan O mudah untuk dibaca daripada huruf A, J, dan L. 5) Jarak antar huruf dan baris tidak terstandarisasi. Hasil penelitian membuktikan bahwa huruf dengan spasi yang terlalu dekat akan menyebabkan *crowding phenomenon* yang mengaburkan ketajaman. Baris penglihatan yang buruk memiliki *crowding* minimal, dan baris penglihatan baik memiliki *crowding* yang lebih besar. Klien dengan penglihatan buruk akan mudah membaca satu atau dua huruf tapi akan merasa kesulitan di baris bawah karena faktor *crowding* ini (2,12).



Gambar 6. (a) Snellen *chart* huruf; (b) Snellen *chart* angka; (c) Snellen *chart* reversible menggunakan cermin; (d) Snellen *chart* yang banyak digunakan saat ini
Sumber: (2,16)

3.2 ETDRS LogMAR Chart

Untuk mengatasi kekurangan-kekurangan pemeriksaan menggunakan Snellen *chart*, maka dikembangkanlah kartu pemeriksaan lainnya yang lebih baik dalam aspek klinis dan mengukur tajam penglihatan dengan akurat yaitu LogMAR. Istilah LogMAR berasal dari singkatan *logarithm of the*

minimum angle of resolution (logaritma dari resolusi sudut minimal) (2). LogMAR *chart* dikenal juga dengan *Bailey-Lovie chart*.

Desain kartu pemeriksaan tajam penglihatan ini dikembangkan oleh Drs. Ian Bailey dan Jan Lovie pada tahun 1976. *Bailey-Lovie vision chart* memiliki desain: 1) huruf-huruf memiliki terbacaan yang sama. Huruf di *Bailey-Lovie chart* memiliki tinggi sama dengan lebar dan tidak memiliki topi (*serif*). 2) Masing-masing baris memiliki 5 huruf Sloan dengan total 17 huruf. 3) Konsisten dalam spasi antar huruf dan baris, serta proporsional terhadap ukuran huruf. Spasi antar huruf sama dengan lebar satu huruf dan spasi antar baris sama dengan tinggi huruf di baris paling kecil. 4) Terdapat interval sebesar 0.1 logaritma yang seragam pada penurunan ukuran huruf antar baris. 5) Terdapat penurunan geometric berdasarkan jarak pemeriksaan (12).

Bailey-Lovie vision chart digunakan pada jarak 6 meter seperti *Snellen chart*. *Bailey-Lovie LogMAR chart* lebih sulit dipahami daripada *Snellen chart* sehingga jarang digunakan dalam pemeriksaan klinis. Akan tetapi kelebihanannya adalah bahwa *chart* ini bisa digunakan untuk perhitungan matematis dan evaluasi statistik (17). Secara teoritis, *ETDRS chart* lebih baik dari *Snellen chart* karena pengukurannya yang konsisten presisi baik pada klien yang memiliki VA baik ataupun buruk.



Gambar 7. Bailey-Lovie LogMAR chart
Sumber: (18)

Pada tahun 1982, *National Eye Institute* (NEI) mengkombinasikan huruf Sloan (*Sloan letter*) dengan tampilan *Bailey-Lovie chart* dan menghasilkan kartu pemeriksaan untuk *Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study* (ETDRS). Kartu pemeriksaan ini dikenal dengan *ETDRS chart*. *ETDRS chart* digunakan untuk pemeriksaan klinis khususnya untuk pemeriksaan *low vision* (2). *ETDRS chart* menjadi standar internasional atau *gold standard* untuk pemeriksaan penglihatan (12,15,19).



Gambar 8. ETDRS chart

Kartu LogMAR tersusun dari 14 baris yang memiliki 5 huruf pada setiap barisnya. Masing-masing huruf berukuran sama dengan tingkat kesulitan yang sama pada masing-masing huruf. Huruf yang digunakan adalah huruf "Sloan" dengan tipe font Sans Serif yaitu C, D, H, K, N, O, R, S, V dan Z. Huruf Sloan pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Sloan pada tahun 1952 yang terdiri dari 10 huruf

tidak berurutan Terdapat jumlah keseluruhan sebanyak 70 huruf dalam LogMAR. Baris ke 11 LogMAR sama dengan 6/6 Snellen chart. Jika Snellen chart diukur pada jarak 6 meter, maka ETDRS chart diukur pada jarak 4 meter dengan pencahayaan 85-300 cd/m² (19). Bagi penderita *low vision*, jaraknya dapat diperpendek kurang dari 4 meter sesuai kebutuhan (4 meter ke 2 meter atau 2 meter ke 1 meter) (2). Optotip dari ETDRS LogMAR chart dapat berupa huruf, tumbling E, landlot C, dan gambar geometrik (2).

Masing-masing huruf memiliki skor sebesar 0.02 log. Sehingga total skor per baris adalah 0.02 x 5 huruf = 0.1 log. Persamaan untuk menghitung tajam penglihatan menggunakan LogMAR adalah

$$VA = 0.1 + \text{baris yang bisa terbaca} - 0.25 \times \text{jumlah huruf yang bisa terbaca} \dots (3)$$

ETDRS ini menghitung hilangnya tajam penglihatan. Nilai positif menunjukkan kehilangan tajam penglihatan, dan nilai negatif menunjukkan normal atau penglihatan yang baik (2). Saat VA memiliki skor lebih baik dari 20/20 maka LogMAR akan menunjukkan skor negatif. Meskipun Snellen dan ETDRS chart dapat dibandingkan dengan konversi perhitungan matematis, tapi hal ini tetap salah karena keduanya mengukur hal yang berbeda.

Untuk analisis statistik, skor VA dari Snellen chart dapat dikonversi ke notasi ETDRS chart menggunakan perhitungan logaritma. Skala ETDRS LogMAR mengkonversi skala geometrik dari Snellen chart menjadi skala linier (2). Perbandingan konversi skor VA antara Snellen dan LogMAR disajikan pada tabel 1. Pada notasi Snellen, penglihatan 20/20 sama dengan LogMAR 0. Konversi notasi Snellen chart ke LogMAR disajikan pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Konversi tajam penglihatan

Line No.	Snellen Equivalent (feet)	Snellen Equivalent (meters)	Decimal Equivalent (minutes)	Visual Angle	LogMAR* Equivalent
-3	20/10	6/3	2.00	0.50	-0.30
-2	20/12.5	6/3.75	1.60	0.63	-0.20
-1	20/16	6/4.8	1.25	0.80	-0.10
0	20/20	6/6	1.00	1.00	0.00
1	20/25	6/7.5	0.80	1.25	+0.10
2	20/32	6/6.4	0.63	1.60	+0.20
3	20/40	6/12	0.50	2.00	+0.30
4	20/50	6/15	0.40	2.50	+0.40
5	20/63	6/18.9	0.32	3.15	+0.50
6	20/80	6/24	0.25	4.00	+0.60
7	20/100	6/30	0.20	5.00	+0.70
8	20/125	6/37.5	0.16	6.25	+0.80
9	20/160	6/48	0.13	8.00	+0.90
10	20/200	6/60	0.10	10.00	+1.00
11	20/250	6/75	0.08	12.50	+1.10
12	20/320	6/96	0.06	16.00	+1.20
13	20/400	6/120	0.05	20.00	+1.30
.
.
20	20/2000†	6/600	0.01	100.00	+2.00
30	20/20000‡	6/6000	0.001	1000.00	+3.00

* Log of Minimum Angle of Resolution
 † 20/2000 = count fingers at 2 feet
 ‡ 20/20000 = hand motion at 2 feet

Sumber: (17)

ETDRS LogMAR memiliki kelebihan dibandingkan dengan kartu pemeriksaan lainnya yaitu 1) jumlah huruf yang sama setiap barisnya, yaitu lima huruf; 2) jarak spasi yang sama antar huruf dan baris; 3) ukuran huruf yang berubah secara teratur; 4) skor akhir dari total huruf yang terbaca dihitung tepat; (5) skor akhir berdasarkan semua huruf yang terbaca (2).

Meskipun ETDRS chart dinilai lebih akurat, akan tetapi kebanyakan Optometris menggunakan Snellen chart dalam pengukuran VA. Alasannya adalah karena pemeriksaan VA menggunakan ETDRS dirasa lebih lama dan sulit untuk dilakukan (12).

3.3 Kartu Pemeriksaan Lainnya

3.3.1 Landlot C Ring

Pada tahun 1888, Landlot mengajukan kartu pemeriksaan dengan menggunakan satu simbol, yaitu cincin yang putus di bagian atas, bawah, kiri, kanan, ataupun pada sudut 45 derajat (16).

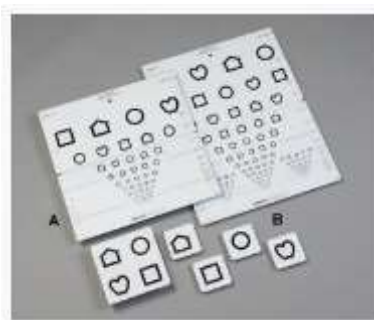
Biasanya simbol ini dibaca huruf C. Untuk menyesuaikan dengan hasil Snellen, ukuran standar C adalah 0.35 inci dengan jarak 0.07 inci.



Gambar 9. Landlot C dalam berbagai ukuran dan orientasi
Sumber: (16)

3.3.2 *Lea Test*

Lea test dikembangkan pada tahun 1976 oleh Lea Hyvärinen di Finlandia untuk mengukur VA pada anak-anak pra-sekolah (16). Dia menggunakan satu set optotip gambar apel, rumah, kotak, dan lingkaran.



Gambar 10. Lea chart dan Lea card
Sumber: (16)

3.3.3 *HOTV chart*

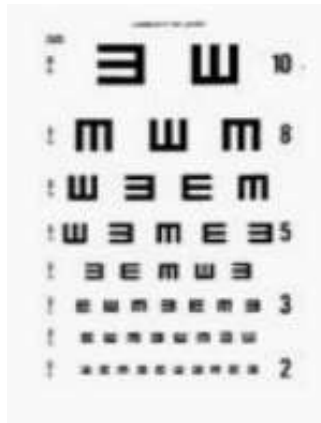
HOTV chart digunakan untuk anak-anak pra sekolah (16). Kartu pemeriksaan ini menggunakan empat jenis optotip, berupa huruf sans-serif yang terdiri dari huruf H, O, T, dan V. Untuk penggunaannya, anak diajarkan empat simbol tersebut menggunakan kartu HOTV kemudian diuji VA nya menggunakan *HOTV chart*.



Gambar 11. HOTV chart dan HOTV card
Sumber: (16)

3.3.4 *Tumbling E*

Pada tahun 1976, Taylor menciptakan kartu pemeriksaan dengan menggunakan satu optotip, yaitu huruf E dengan berbagai arah untuk memeriksa tajam penglihatan suku Aborigin Australia (16). Kartu pemeriksaan ini telah menjadi standar dalam pemeriksaan VA bagi orang-orang yang tidak bisa membaca dan tidak bisa membaca. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemeriksaan VA menggunakan *Tumbling E* menunjukkan hasil yang lebih baik daripada *Landlot C Ring*, terutama untuk yang mengalami astigmatism.



Gambar 12. Tumbling E chart
Sumber: (16)

IV. SIMPULAN

Terdapat berbagai jenis kartu pemeriksaan VA tergantung dari kebutuhan pemeriksaan dan klien. Kartu pemeriksaan VA yang paling sering digunakan adalah Snellen *chart* dan ETDRS LogMAR *chart*. Prinsip Snellen *chart* didasarkan pada standar sudut visual yang membentuk 5 menit busur. Sedangkan ETDRS LogMAR *chart* bekerja berdasarkan prinsip perhitungan logaritma dari sudut resolusi minimal. Secara klinis, pemeriksaan VA menggunakan ETDRS menghasilkan hasil yang lebih baik daripada Snellen *chart*. Akan tetapi, karena penggunaan ETDRS *chart* dirasa yang lebih sulit, maka Snellen *chart* lebih banyak dipilih untuk pemeriksaan VA.

UCAPAN TERIMA KASIH

[Terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Vokasi atas pendanaan pada penelitian skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2022.]

DAFTAR PUSTAKA

1. Husna HN, Milataka I, Yulianti AM. Fisika pada Lensa. Pengantar Kajian Permukaan Lensa. Yogyakarta: Deepublish; 2022.
2. Mukherjee P. Manual of Optics and Refraction. New Delhi: Jaypee Brother Medical Publisher; 2015.
3. Kementerian Kesehatan RI. InfoDatin, Situasi Gangguan Penglihatan dan Kebutaan. Kementrian Kesehatan RI. 2018;
4. Direktorat Jendral Pencegahan dan Pengendalian Penyakit. Roadmap of Visual Impairment Control In Indonesia, 2017-2030 [Internet]. Jakarta; 2018. Available from: <http://p2ptm.kemkes.go.id/dokumen-p2ptm/roadmap-of-visual-impairment-control-in-indonesia-2017-2030>
5. Ricci F, Cedrone C, Cerulli L. Standardized measurement of visual acuity. Ophthalmic Epidemiol [Internet]. 1998 Jan 8;5(1):41–53. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1076/oep.5.1.41.1499>
6. Daiber HF, Gnugnoli DM. Visual Acuity [Internet]. StatPearls; 2022. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563298/>
7. Levenson JH, Kozarsky A. Visual Acuity [Internet]. Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations. 1990. Available from:

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21250063>
8. Beynon J. Visual acuity and the eye. *Phys Educ* [Internet]. 1985 Sep 1;20(5):006. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/20/5/006>
 9. Kniestedt C, Stamper RL. Visual Acuity and Its Measurement. *Ophthalmol Clin North Am* [Internet]. 2003 Jun;16(2):155–70. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0896154903000130>
 10. Hutton S. Visual Angle [Internet]. *SR Research Eye Link*. 2022. Available from: <https://www.sr-research.com/eye-tracking-blog/background/visual-angle/>
 11. Bahkir F. Decoding the Snellen's Chart. *Delhi J Ophthalmol* [Internet]. 2020 Apr 1;30(4). Available from: <http://www.djo.org.in/articles/30/4/Decoding-the-Snellens-Chart.html>
 12. Kaiser PK. Prospective Evaluation of Visual Acuity Assessment: A comparison of Snellen Versus ETDRS Charts in Clinical Practice (an aos thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc*. 2009;107:311–24.
 13. Giancoli D. *Physics: Principles with Applications*. Sixth Ed. USA: Pearson Education Inc.; 2005.
 14. Hewitt PG, Lyons S, Suchocki J, Yeh J. *Conceptual Integrated Science*. 2nd ed. Glenview: Pearson Education Inc.; 2013.
 15. Colenbrander A. The Historical Evolution of Visual Acuity Measurement. *Vis Impair Res* [Internet]. 2008 Jan 26;10(2–3):57–66. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13882350802632401>
 16. Messina E, Evans JM. *Standards for Visual Acuity*. 2006.
 17. Holladay JT. Proper Method for Calculating Average Visual Acuity. *J Refract Surg*. 1997;13(3):388–91.
 18. Bailey IL, Lovie-Kitchin JE. Visual acuity testing. From the laboratory to the clinic. *Vision Res* [Internet]. 2013 Sep;90:2–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0042698913001259>
 19. Almira A, MD M, N MA, MD L. A Comparison of Distance Visual Acuity Testing using a Standard ETDRS Chart and a Tablet Device. *Philipp J Ophthalmology*. 2015;40:88–92.