

NEO QUADRATUM GEOMETRICUM: Inovasi Instrumen Falak Klasik**George Von Peurbach****‘Alamul Yaqin**

UIN KH Abdurrahman Wahid Pekalongan

alamul.yaqin@uingusdur.ac.id**Abstract**

Quadratum Geometricum is a surveying and astronomical instrument by George Von Peurbach who is known as an Austrian astronomer. This article discusses the accuracy and development concept of *Quadratum Geometricum* which is named *Neo Quadratum Geometricum*. This research is development research, which has 2 stages, namely the preliminary stage and the formative evaluation stage which consists of: self evaluation, prototyping (expert reviews and one-to-one, and small groups), and field tests. The findings of this study include: *Neo Quadratum Geometricum* innovation, namely the existence of a conversion arc from the value of the horizontal and vertical rulers which serves to value of the angle of tan/cotan immediately known without looking at the table. *Quadratum Geometricum* is more accurate in the tan angle conversion test, *Neo Quadratum Geometricum* is 0.0025 greater than the calculator, while *Quadratum Geometricum* is the same. Because, the accuracy of *Neo Quadratum Geometricum* is only up to minutes. However, in terms of the effectiveness of using *Neo Quadratum Geometricum* it is more practical, because it does not use tables. In measuring the height of the object, the difference is 8.5 cm from the actual height.

Keywords: Astronomy and Survey Instrument, George Von Peurbach, Neo Quadratum Geometricum

A. Pendahuluan

Instrumen survei kemungkinan berasal dari Mesir kuno. Piramida Besar Khufu di Giza dibangun sekitar 2700 SM, dengan panjang 755 kaki (230 meter) dan tinggi 481 kaki (147 meter). Perseginya yang hampir sempurna dan orientasi utara-selatangnya menegaskan adanya penggunaan alat survei orang Mesir kuno. Bukti beberapa bentuk survei batas sejak 1400 SM telah ditemukan di lembah subur dan dataran sungai Tigris, Efrat, dan Nil. Tablet tanah liat orang Sumeria menunjukkan catatan pengukuran tanah dan rencana kota dan area pertanian terdekat. Batu batas yang menandai petak tanah telah dilestarikan. Ada representasi

pengukuran tanah di dinding makam di Thebes (1400 SM) yang menunjukkan kepala dan rantai belakang mengukur ladang gandum dengan apa yang tampak seperti tali dengan simpul atau tanda pada interval yang seragam.¹

Pertengahan Abad 15, Ilmu pengetahuan umum lebih terlihat dari pada bidang pada pertengahan abad 15. Meskipun, terdapat tokoh-tokoh revolusioner seperti Cusanus². Tetapi terdapat usaha untuk memperbaharui astronomi klasik agar menjadi lebih maju pada pertengahan abad 15. Salah satu tokohnya yaitu Geoge Von Peurbach.³

George Von Peurbach merupakan ahli astronomi terkenal di zamannya. Salah satu karyanya yaitu sebuah alat yang dapat digunakan untuk survei dan astronomi yaitu *Quadratum Geometricum* dengan salah satu fungsinya dalam mengukur ketinggian benda dengan keunikan penggunaan tan. Alat ini memiliki kemiripan dengan *Rubu' Mujayyab* yang merupakan instrumen astronomi klasik dengan desain sederhana berbentuk seperempat lingkaran yang berfungsi sebagai pengukur waktu dan penentu ketinggian. *Rubu' Al-Mujayyab*, juga dikenal sebagai *sine kuadran*, adalah alat matematika yang efektif untuk menyelesaikan persamaan trigonometri dan tabelnya. Astronom muslim menggunakan *Rubu' Al-Mujayyab* untuk berbagai tujuan. *Rubu' Al-Mujayyab* ditemukan pada 9, tepatnya di kota Bagdad dan eksis digunakan sampai abad 14.⁴

Penulis tertarik mendalami dan melakukan inovasi alat *Quadratum Geometricum*. Inovasi alat tersebut juga dilakukan uji coba dalam hasil konversi tan dan penentuan ketinggian benda.

¹Britannica, "Surveying," Encyclopædia Britannica, Inc., 2023, <https://www.britannica.com/technology/surveying/The-theodolite>.

²Cusanus memiliki nama lengkap Nicolas Cardinal Cusanus adalah seorang filsuf dan ahli matematika abad 15, ia memiliki buku yang berjudul *De Docta Ignorantia*, ia menekankan bahwa pentingnya matematika untuk semua ilmu pengetahuan. Lihat Olaf Pedersen, *Early Physics and Astronomy: A Historical Introduction*, (Victoria: Cambridge University Press, 1993), hlm. 247.

³Olaf Pedersen, *Early...* hlm. 260.

⁴Hasrian Rudi Setiawan, Arwin Juli Rakhmadi, and Muhammad Hidayat, "Pemanfaatan Media Rubu'Al-Mujayyab Pada Pembelajaran Matematika Di Sekolah," *Idrak: Journal of Islamic Education* 2, no. 2 (2020): 227–28, <http://jurnal.stit-rh.ac.id/index.php/idrak/article/view/128>.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis *development research*, yaitu suatu pengkajian sistematis terhadap pendesainan, pengembangan dan evaluasi program, proses dan produk pembelajaran yang harus memenuhi kriteria validitas, kepraktisan, efektifitas dan juga nilai tambah. Secara pendekatan developmental (pengembangan).⁵

Subjek penelitian pengembangan antara lain instrumen, algoritma dan ahli. Instrumen sebagai acuan utama dalam mengkaji ulang serta melihat celah kekurangan sehingga menjadi bahan pengembangan. Subjek algoritma sebagai landasan dasar penyusunan instrumen, dan subjek ahli sebagai subjek konsultasi penulis dalam menimbang kelayakan instrumen. Penelitian pengembangan fokus pada 2 tahap yaitu tahap *preliminary* dan tahap *formative evaluation* yang terdiri dari: *self evaluation*, *prototyping (expert reviews dan one-to-one, dan small group)*, dan *field test*. Berikut penjelasan *formative evaluation* ⁶:

1. Tahap *Preliminary*: Peneliti menentukan tempat, media dan subjek penelitian dengan cara menghubungi atau mendapatkan media yang dijadikan lokasi atau objek penelitian. Dalam hal ini penulis menjadikan instrumen *Quadratum Geometricum* sebagai media penelitian dan buku *Geometric Square (Quadratum geometricum)* yang merupakan buku pedoman alat tersebut.
2. Tahap *Formative Evaluation*
 - a) *Self Evaluation*: terdiri dari evaluasi analisis instrumen dan desain. Tahap pertama, peneliti menganalisis algoritma, fungsi dan desain dari *Quadratum Geometricum*. Kedua, penulis mendesain dan mencetak ulang *Quadratum Geometricum* untuk kemudahan dalam pengembangan desain kemudian dikembangkan desain terbaru yang disebut *prototype* pertama.

⁵Timothy J. Ellis and Yair Levy, "Towards a Guide for Novice Researchers on Research Methodology: Review and Proposed Methods," *Issues in Informing Science and Information Technology* 6 (2009): 325.

⁶Jan van den Akker, "Principles and Methods of Development Research," in *Design Approaches and Tools in Education and Training*, ed. Jan van den Akker et al. (Dordrecht: Springer Netherlands, 1999), 5, https://doi.org/10.1007/978-94-011-4255-7_1.

- b) *Prototyping*: tahap ini Hasil prototype pertama yang dikembangkan atas dasar *self evaluation* diberikan kepada ahli (*expert review*) dan mahasiswa (*one-to-one*) secara parallel. Dari hasil keduanya dijadikan bahan revisi. Hasil revisi pada prototype pertama dinamakan *prototype* kedua.
- c) *Field Test*: Hasil revisi (*prototype* kedua) diujikan ke lapangan langsung dalam hal ini dilakukan pengujian tinggi suatu benda menggunakan alat *Quadratum Geometricum*.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Biografi Georg Von Peurbach

Geroge Von Peurbach lahir di Austria pada tahun 1423 M. Nama ayahnya yaitu Ulrich Aunpekh, nama peurbach diambil dari kota tempat dia lahir, sekitar 40 km sebelah barat Linz. Tidak ada yang mengetahui kisahnya pada masa-masa kecilnya. Sejarah pertama mencatat ketika ia mendaftarkan di Universitas Vienna tahun 1446 M atas nama Georgius Aunpekh de Peurbach. Ia belajar di Vienna dan mendapatkan gelar sarjana pada 2 Januari 1446 M. Ia belajar mengenai ilmu sastra di universitasnya, kemungkinan ia pernah belajar sedikit mengenai ilmu matematika. Tetapi, ilmu yang membuat ia dikenal yaitu ilmu astronomi, ia belajar sendiri tanpa guru (otodidak). Ahli astronomi terakhir yang mengajar di universitas vienna yaitu John of Gmunden yang meninggal 4 tahun sebelum ia mendaftarkan diri di unversitas tersebut, tapi pihak universitas tetap merawat perpustakaan dan alat-alat astronomi dimana ia dapat mengaksesnya.

Ia mengelilingi Eropa antara tahun 1448 dan 1453 namun tidak diketahui secara pasti tanggalnya. Ia sudah mendapat reputasi sebagai seorang ahli astronomi di Eropa, meskipun tidak ada publikasi mengenai dirinya pada waktu itu. Dia menjadi dosen astronomi di Jerman, Perancis dan Italia dan setelah mengajar di Bologna dan Padua, ia ditawarkan jabatan disana tapi ia menolaknya. Ia bertemu dengan ketua astronom Italia pada waktu itu, Giovanni Bianchini, di Ferrara dan

juga dibujuk untuk menerima jabatan di universitas Italia. Peurbach kembali ke Vienna dan dianugerhai gelar master pada 28 Februari 1453.⁷

Peurbach ditunjuk menjadi ahli astrologi gereja oleh Raja Ladislas V Hungaria dan Bohemia pada tahun 1454. Ladislas saat usia 14 tahun ketika Raja Ladislas V menunjuk Peurbach tapi Raja Ladislas V telah menjadi raja sejak beberapa bulan sejak ia lahir dibawah walinya yaitu sepupunya yang nanti akan menjadi Kaisar Suci Roma Federick III. Ladislas menghabiskan banyak waktunya di Prague dan Vienna, sehingga peurbach bisa mengajar di Unversitas Vienna. Tetapi, peurbach mengajar ilmu sastra. Intrik politik serta pembunuhan terhadap dua figur penting kerajaan, menyebabkan Ladislas melarikan diri ke Prague pada tahun 1457 dan Ladislas meninggal disana pada tahun yang sama karena penyakit leukimia. Peurbach tidak menjadi ahli astrologi gereja lagi pada pemerintah George of Podebrady of Bohemia or Matthias I Corvinus of Hungary pengganti Ladislas tetapi ia ditunjuk oleh Kaisar Roma Federick III. Federick tertarik pada astrologi, sihir, dan alkimia. Jadi Peurbach memiliki pelindung yang bisa mellindunginya.⁸

Regiomontanus adalah seorang murid dari Peurbach di Universitas Vienna. Ia lulus pada usia 15 tahun dan pada tahun selanjutnya ia mulai bekerjasama dengan Peurbach. Selama 8 tahun, hingga meninggalnya Peurbach menghasilkan kolaborasi yang hebat. Di buku *Theoricae Novae Planetarum* (Teori baru mengenai Planet-Planet) yang Peurbach selesaikan pada 30 Agustus 1454, Peurbach mempersembahkan Teori *Epicyle* Ptolomeus (Model geometri yang digunakan untuk menjelaskan variasi kecepatan dan pergerakan nyata Matahari, Bumi dan Bulan). Ia meyakini bahwa pergerakan mereka dikontrol oleh Matahari. Buku tersebut berasal dari catatan kuliah yang diajar oleh Peurbach di Universitas Vienna. JV Field menulis:

⁷<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Peurbach.html> diakses pada 5 Oktober 2017 pukul 1:04 WIB

⁸<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Peurbach.html> diakses pada 5 Oktober 2017 pukul 1:04 WIB

Ahli astronomi Peurbach mengajarkan bahwa lingkaran planet, pergerakan tiap planet berbentuk lingkaran, saling melingkari satu dengan lainnya. Teori ini diperoleh dari Ptolomeus tapi juga dari ahli astronomi Islam.

Fakta yang menarik yaitu Peurbach menggunakan teknik-teknik yang dikembangkan oleh ahli astronom Islam untuk memodifikasi teori Ptolomeus.⁹ Ahli astronom Islam tersebut adalah *Ibnu al-Haytham* pada karyanya *On the Configuration of the World*.¹⁰ Buku Peurbach tersebut dicetak sebanyak 56 edisi dan diterjemahkan ke dalam 3 bahasa yaitu Italia, Spanyol, Perancis dan Yahudi.¹¹

Peurbach juga melakukan observasi pada sebuah gerhana Bulan pada 3 September 1457 di Vienna. Ia mengukur lama dari gerhana tersebut dan kemudian menemukan waktu tengahnya yaitu 8 menit lebih cepat dari pada waktu yang diprediksi di Alphonsine tabel. Tabel ini disiapkan di Toledo Spanyol untuk raja Alfonso X yang rampung pada tahun 1252. Berdasarkan teori Ptolomeus, mereka mempersempit data terbaik yang tersedia di era Peurbach. Peurbach membuat tabel gerhana yang baru yaitu *Tabulae Ecclipsium* yang dirampungkan sekitar tahun 1459.¹²

Selain 2 buku tadi, Peurbach juga memiliki karya-karya yang lain yaitu *Sextimi libri epitomatis Almagesti*, diselesaikan oleh Regiomontanus (Venice: 1496; Basle: 1534; Nuremberg: 1550); *Tabulae ecclipsium super meridiano Viennensi (second ed., Vienna: 1514)*; *Quadratum geometricum meridiano (Nuremberg: 1516)*; *Nova tabula sinus de decem minutis in decem per multas, etc., completed by Regiomontanus (Nuremberg: 1541)*.

⁹<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Peurbach.html> diakses pada 5 Oktober 2017 pukul 1:04 WIB

¹⁰James Evans, *The History and Practice of Ancient Astronomy*, (New York: Oxford Press, 1998), hlm. 401.

¹¹Karoly Simonyi, *A Cultural History of Physics*, (New York: CRC Press, 2012) hlm. 165.

¹²<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Peurbach.html> diakses pada 5 Oktober 2017 pukul 1:04 WIB

Peurbach juga memiliki karya berupa alat astronomi yaitu *Quadratum geometricum*, *Astrolabe* dan *Gnomon*.¹³ Karya-karya monumental dari Peurbach tersebut tidak lepas dari peran Regiomontanus yang merupakan muridnya di Universitas Vienna yang telah disebutkan di atas. Selain Regiomontanus, ada Cardinal Johannes Bessarion. Pada tahun 1460, Bessarion dikirim ke Vienna oleh Pope Pius II dalam sebuah misi diplomatik memperbaiki hubungan antara Kaisar Frederick II dan Saudaranya Albert IV Syria. Bessarion juga diminta untuk membantu peperangan untuk merebut kembali Konstantinopel yang jatuh ke tangan Turki tahun 1453.

Bessarion bertemu dengan Peurbach dan Regiomontanus di Vienna,. Bessarion adalah orang Yunani dan sangat tertarik dengan pembelajaran mengenai literatur Yunani kuno, filsafat dan ilmu pengetahuan. Bessarion memiliki koleksi manuskrip-manuskrip dalam kondisi baik. Ia terkesan dengan Peurbach karena kepintarannya dalam memahami *Almagest*, walaupun Peurbach tidak bisa berbicara Yunani, menurut Regiomontanus, Peurbach sangat paham mengenai *Almagest*. Bessarion meminta Peurbach untuk meringkas dan memberikan penjelasan mengenai *Almagest*, Bessarion berharap nantinya karya Peurbach akan menjadi hal yang berguna sebagai buku astronomi yang lebih maju di zamannya. Peurbach sangat fokus terhadap tugasnya. Ia baru saja mencapai bab IV terakhir dari XIII edisi *Almagest* dan meninggal pada bulan April 1461 pada usia 38 tahun. Menjelang kematiannya, ia meminta untuk Regiomontanus menyelesaikan tugasnya.

Ketika akhir tahun 1461, Bessarion kembali ke Roma. Regiomontanus ikut dengannya. Regiomontanus belajar bahasa Yunani dan dia juga membawa karya Peurbach yang belum selesai tersebut. Karya ini selesai pada tahun 1463 dan diberi nama *Epitome of Almagest*, walaupun belum dicetak pada tahun tersebut. Buku tersebut dicetak pada tahun 1496 yaitu 20 tahun dari kematian Regiomontanus.¹⁴

¹³http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Georg_von_Peuerbach diakses pada 5 Oktober 2017 pukul 1:56 WIB

¹⁴James Evans, *The History*,... hlm. 402.

2. Sejarah Alat *Quadratum Geometricum*

Quadratum geometricum berasal dari bahasa latin. *Quadratum* dalam kamus bahasa latin memiliki arti empat persegi, bujur sangkar.¹⁵ Sedangkan, *Geometricum* adalah ilmu ukur.¹⁶ *Quadratum geometricum* merupakan sebuah alat yang ditemukan oleh Georg Von Peurbach pada tahun 1454 M terdapat dalam buku Matteo Valleriani.¹⁷

Menurut E. Zinner dan E. Brown dalam bukunya, Peurbach menulis buku yang memiliki judul *Geometric Square (Quadratum geometricum)* yang dicetak pada tahun 1516. Peurbach mempersembahkan tulisannya dan alatnya untuk uskup Johan Vitez dari Groswardein. Ia mengirimkan dokumen beserta alatnya yang terbuat dari kayu dan sebuah pesan bahwa ia akan mengirimkan alat yang lebih bagus lagi yang terbuat dari besi yang lebih mudah digunakan.

“Untuk sementara, saya menggunakan alat yang tidak sempurna ini untuk mengukur ketinggian, itu terjadi karena lebih mudah dalam pembuatannya menggunakan kayu. Kita bisa menjadi pintar dengan praktik”

Dari kata-kata Peurbach tadi, ia meminta uskup tersebut untuk menggunakannya. Alat *Quadratum geometricum* bukan merupakan murni alat temuannya karena ia menggunakan konsep alat pendahulunya yaitu *Astrolabe* dan *Quadrant*. Tetapi yang membedakan alat ini dapat menggunakan teknik baru dalam mengukur sudut dari benda yang diukur ke penunjuk (alidade) menggunakan sudut tan, peurbach sekaligus melengkapinya dengan tabel nilai rata-rata tan.¹⁸

Perangkat survei yang disebut *Quadratum Geometricum*, atau *geometric square*, mengacu pada literatur Eropa setidaknya sejak Gerbert (950), namun

¹⁵K.. Prent c. m., J. Adisubrata, W. J. S. Porwadaminta, *Kamus Latin-Indonesia*, (Yogyakarta: Penebit Kanisius, 1969), hlm. 799.

¹⁶K.. Prent c. m., J. Adisubrata, W. J. S. Porwadaminta, *Kamus*,... hlm. 365.

¹⁷Matteo Valleriani, *Mettalurgy Ballistic and Epistemic Instrumens: The Nova Scientia of Nicob Tartaglia*, (Berlin: Creative Commons, 2013), hlm. 25.

¹⁸E. Zinner, E. Brown, *Regimontanus : His Life and Work* (Studies the History and Philosophy of Mathematics), (Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V, 1990), hlm. 26.

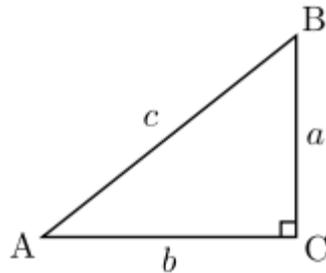
diketahui secara luas melalui deskripsi kanonik Peurbach, diedit oleh Stabius (1516), dan, komentar dari Regiomontanus, oleh Schöner (1544), dan juga oleh terbitan lain seperti *Apian's Instrumenbuch* (1533). Sepanjang abad ke 16 banyak varian dari Instrumen diproduksi seperti contoh Schissler yang luar biasa di Dresden (1569), Oxford (1579), dan Florence (1599). Dalam terbitan 1606, ahli kosmologi Spanyol Andrés Garcia de Céspedes (1545-1611) teringat memiliki instrumen yang dikembangkan saat berada di Lisbon untuk pertama kalinya untuk raja muda Portugal (1583-1594), Archduke Albert dari Austria (1559-1621) memiliki alat di antaranya varian dari *Quadratum Geometricum*. Dua dekade kemudian (sekitar 1620) Johann Jesuit Chrysostomus Gall (1586-1643) menyajikan varian serupa dari *Quadratum geometricum* di Lisbon kepada pendengarnya di Aula da Esfera, tempat murid-murid di universitas Yesuit juga Siswa awam diajarkan matematika dasar dalam bahasa daerah. Di institusi yang sama, sekitar tahun 1638, salah satu penerus Gall, Simmon Fallon (c. 1604-1642), mempersembahkan versi lain dari *Quadratum geometricum*.¹⁹

3. Konsep Alat *Quadratum Geometricum*

Alat *Quadratum Geometricum* seperti halnya *Astrolabe* dan *Quadrant* menggunakan dasar perhitungan trigonometri. Trigonometri berarti secara bahasa yaitu pengukuran segitiga. Sedangkan trigonometri memiliki banyak penerapan yang berdasarkan segitiga, dasar-dasar yang terdiri dari teori yang luas dari fungsi-fungsi sudut tertentu dinamakan fungsi trigonometri.

Definisi dari tiga prinsip dasar fungsi trigonometri pada suatu sudut. Berdasarkan sebuah segitiga siku-siku ABC (gambar. 1). Sudut yang berada pada ujung segitiga ditunjukkan dengan huruf A,B, sedangkan C merupakan siku-siku. Dan sisi-sisi yg berlawanan dengan sudut yaitu a,b,c. Sebagai berikut:

¹⁹ Samuel Gessner, *Images and Text Featuring The Quadratum Geometricum in Lisbon 1580-1640* dalam acara SIC 2011 sesi IVa : The Long Arch of Mathematical Instrumens pada 21 September 2011.



Gambar 1. Segitiga Siku-Siku ABC ²⁰

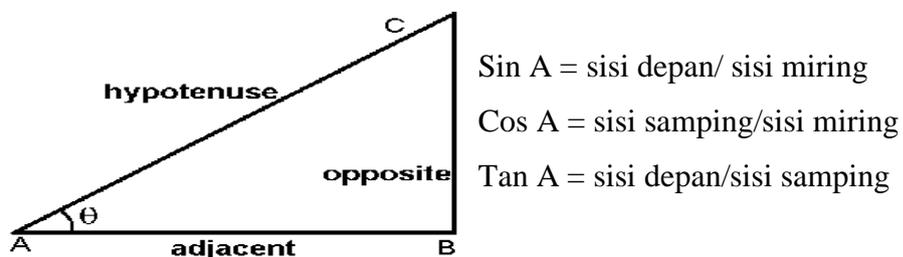
Tiga fungsi dasar trigonometri yang pertama dilihat dari sudut A dinamakan fungsi trigonometri. Tiga fungsi tersebut antara lain:

a/c disebut *sine* dari A (ditulis $\sin A$)

b/c disebut *cosine* dari A (ditulis $\cos A$)

a/b disebut *tangent* dari A (ditulis $\tan A$)

Dalam penjelasannya dari 2 sisi dari segitiga siku-siku ABC berdasarkan sudut A. Sisi a disebut *opposite side* (sisi yang berlawanan/sisi depan) dan b disebut *adjacent side* (sisi yang berdekatan/sisi samping). Sisi c disebut *hypotenuse* (sisi miring). Penjelasan di atas seperti (gambar.2) di bawah ini:



Gambar 2. Siku-Siku Segitiga ABC²¹

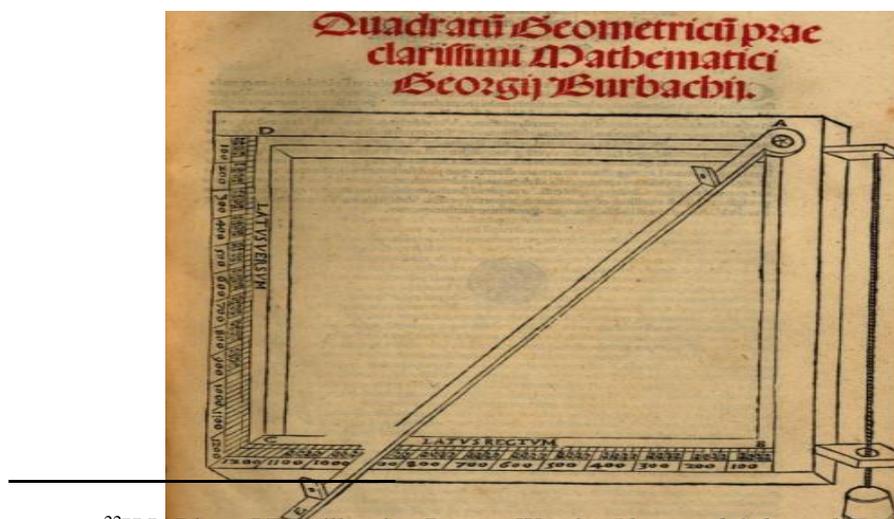
²⁰<https://id.wikipedia.org/wiki/Kotangen> diakses pada tanggal 5 Oktober 2017 pukul 14:04 WIB

²¹<http://eguruchela.com/math/Calculator/triangle-angles> diakses pada tanggal 5 Oktober 2017 pukul 14:17WIB

Terdapat 3 tambahan fungsi dasar trigonometri yaitu *Cosecant*, *Secant* dan *Cotangent*, sebagai berikut: *Cosecant* dari A (ditulis $\csc A$) = sisi miring/sisi depan = $1/\sin A$; *Secant* dari A (ditulis $\sec A$) = sisi miring/sisi depan = $1/\cos A$; *Cotangent* dari A (ditulis $\cot A$) = sisi samping/ sisi depan.²²

Seperti yang dipaparkan di atas, terdapat 3 fungsi pertama yaitu \sin , \cos dan \tan dan 3 fungsi tambahan yaitu \csc , \sec , \cot . Sedangkan, *Astrolabe* memakai fungsi \tan dan \cot juga berfungsi untuk mengukur tinggi Matahari waktu asar. Berbeda dengan Konsep yang dipakai oleh *Quadratum Geometricum* menggunakan fungsi \tan dan \cot dalam prakteknya. Berbeda dengan *Quadrant* yang menggunakan konsep aslinya \sin , \csc , \cos , \sec walaupun juga bisa mengukur sudut \tan atau \cot juga.

Alat ini terbuat dari kayu yang berbentuk persegi dengan sebuah penunjuk (alidade) yang bisa digerakkan serta terdapat 2 lubang di setiap akhir penunjuk tersebut dan juga terdapat 2 penggaris di sisi horizontal dan vertikal yang dibagi menjadi 12 bagian dengan nilai per bagian yaitu 100 sampai 1200.²³ Jadi 1 bagian bernilai 100, kemudian 100 dibagi menjadi 5 bagian dengan nilai 20 per bagian. Kemudian, nilai 20 dibagi menjadi 5 bagian. Terdapat juga bandul yang berfungsi sebagai penyeimbang. Penggaris horizontal menunjukkan nilai \tan , sedangkan penggaris vertikal menunjukkan nilai \cot . Berikut gambar alat *Quadratum Geometricum*:



²²H.L. Rietz, J.F. Reilly, dan Roscoe Woods, *Plane and Spherical Trigonometry*, (New York: The Macmillan Company, 1936), hlm. 1-3.

²³E. Zinner, E. Brown, *Regimontanus : His Life*,... hlm. 26.

Gambar 3. *Quadratum Geometricum*²⁴

Peurbach juga membuat tabel nilai tan dan cotan yang digunakan sebagai konversi hasil yang ditunjukkan penunjuk (alidade) ke sudut tan/cotan, berikut tabel-tabel nilai konversi tan/cotan Georg Von Peurbach:

Gambar 4. Tabel konversi Tan/Cotan²⁵

The image displays two pages of a historical trigonometric table. The left page contains values for angles from 0 to 90 degrees, and the right page contains values for angles from 90 to 180 degrees. Each row represents an angle, and the columns represent different units or scales, likely related to the conversion of degrees and minutes (G.M.) to tangent and cotangent values. The table is organized into two main sections, one for each page, with columns labeled '0 G.M.', '100 G.M.', '200 G.M.', '300 G.M.', '400 G.M.', and '500 G.M.'.

²⁴George Von Peurbach, *Quadratum geometricum*, (Nuremberg: per Ioannem Stuchs, 1516)

²⁵George Von Peurbach, *Quadratum*,... hlm. 5-6.

Gambar 5. Tabel konversi Tan/Cotan²⁶

Tabel tersebut memperlihatkan nilai tan dan cotan dari 101 sampai 1200. Contoh ketika kita menggunakan *Quadratum Geometricum* untuk mengukur ketinggian suatu benda, Penunjuk (alidade) menunjukan nilai sudut yang terdapat pada penggaris vertikal bernilai penunjuk tersebut bernilai 410 maka nilai sudutnya cotan $14^{\circ} 19' 4''$.²⁷

Fungsi dari alat *Quadratum Geometricum* antara lain: Mengukur ketinggian benda langit²⁸; Mengukur Jarak Benda; Mencari lintang suatu tempat; Mengetahui Kemiringan dari Ekliptik.²⁹ Kelemahan dari *Quadratum Geometricum* adalah alat tersebut hanya khusus menghitung ketinggian dan jarak. Karena memang fungsi

²⁶George Von Peurbach, *Quadratum*,... hlm. 7-8.

²⁷George Von Peurbach, *Quadratum*,... hlm. 5.

²⁸E. Zinner, E. Brown, *Regimontanus : His Life*,... hlm. 26.

²⁹S. Mohammad Mozaffari dan Georg Zotti, *The Observational Instrumens at the Maragha Observatory after AD 1300*, Jurnal Suhayl Vol. 12 2013.

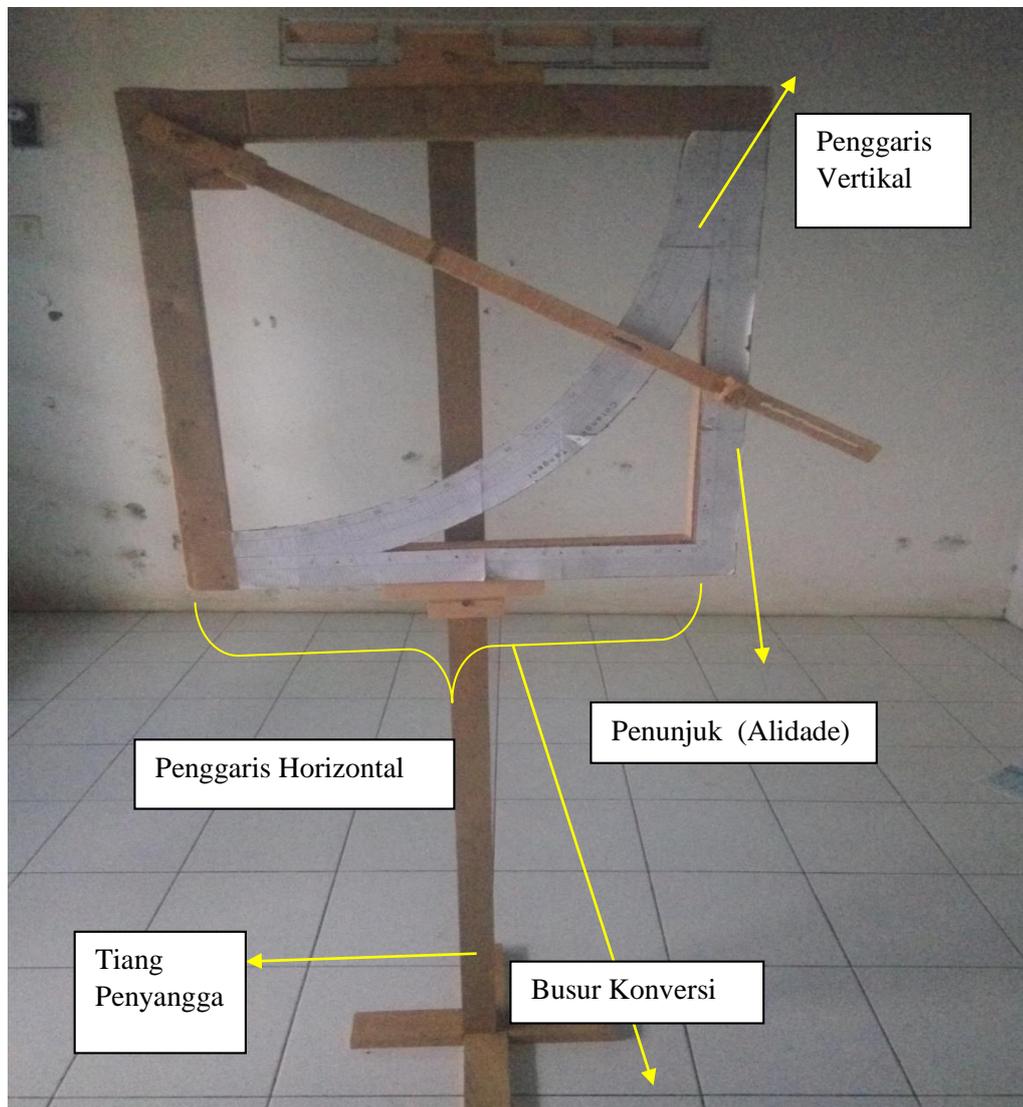
dari alat tersebut untuk ketinggian dan jarak. Tetapi masih bisa dikembangkan lagi untuk keperluan dalam praktik ibadah umat islam seperti menghitung waktu sholat sehingga membutuhkan penambahan berupa nilai sin dan cos dalam konsep alat tersebut.

Kelebihan dari *Quadratum Geometricum* adalah dalam hal akurasi sampai tingkat detik, sehingga ketika hasil nilai sudut tan hanya selisih 0,000001. Selain itu, konsep tan/cotan yang dipakai sangat membantu dalam pengukuran jarak dan ketinggian dengan menjadi lebih cepat 1 langkah dibandingkan dengan *Quadrant* yang menggunakan sin dan cos.

Konsep Neo *Quadratum Geometricum*

Penulis melakukan inovasi pada alat *Quadratum Geometricum*. Berikut bagian-bagian *Neo Quadratum Geometricum* yang penulis buat:

- Bingkai Kotak Kayu: Sebuah kotak yang terdiri dari 4 sisi yang mempunyai ukuran yang sama dan sejajar sisinya. Di nomor 2 pada bagian di pojok (antara sisi atas dan 2 sisi tegak lurus), terdapat 2 lubang bulat. Panjang kotak yaitu 65 cm dan nilainya sama tiap sisinya yang terdapat 2 ruas pada bagian sisi vertikal (Penggaris Vertikal) dan horizontal (Penggaris Horizontal) yang dibagi menjadi 12 ruas dan tiap ruas dibagi 10 bagian.
- Busur Konversi: Sebuah busur yang berfungsi sebagai nilai derajat tan/cotan yang merupakan konversi dari nilai penggaris vertikal dan horizontal. Nilainya dari 0 hingga 90 derajat.
- Penunjuk (Alidade): Sebuah penunjuk yang panjangnya bernilai sisi miring dari kotak tersebut dan juga terdapat 2 lubang yang digunakan untuk membidik yang terletak di bagian pojok atas dan bawah jarum. Terdapat 2 lubang persegi panjang ditengah-tengah alidade yang berfungsi untuk melihat nilai ruas yang didapat secara tepat di tengah dan mudah, karena lebar dali alidade sendiri sebesar 3 cm sehingga susah untuk melihat nilai yang tepat di tengah.
- Tiang penyangga: Memiliki ukuran 165 cm, yang berfungsi sebagai tumpuan dari alat *Quadratum Geometricum*.
- Bandul untuk meratakan alat



Berbeda dengan alat *Quadratum Geometricum* versi Peurbach, alat *Neo Quadratum Geometricum* garis vertikal dan horizontal nilai penggarisnya dimulai dari 1 sampai 12. Sedangkan Peurbach ruasnya dimulai dari 100 hingga 1200. Secara konsep sama yaitu memiliki 12 ruas. Selain itu, terdapat busur yang merupakan konversi dari nilai penggaris horizontal dan vertikal yang berfungsi untuk mengetahui nilai sudut tan/cotan langsung diketahui tanpa melihat tabel.

Perbandingan Konversi Tan *Quadratum Geometricum* dan *Neo Quadratum Geometricum*

Dari segi akurasi konversi nilai sudut tan/cotan alat *Quadratum Geometricum* Peurbach lebih akurat dari pada alat *Quadratum Geometricum* (Hasil Rekonstruksi). Hal itu bisa dibuktikan dengan contoh sebagai berikut:

Alat *Quadratum Geometricum* (Hasil Rekonstruksi) mendapat nilai penggaris (horizontal) yang didapat yaitu nilai 2,8 sudutnya sama dengan tan 13° pada busur konversi, sudutnya bernilai $2,8/12$ yaitu 0,2333. Nilai tan 13° dalam kalkulator yaitu 0,2308 berselisih 0,0025 lebih besar nilai alat tersebut.

Alat *Quadratum Geometricum* versi Peurbach mendapat misal nilai penggaris (horizontal) yang didapat 280 sudutnya sama dengan tan $13^\circ 8' 2''$ (melihat di tabel), sudutnya bernilai $280/1200$ yaitu 0,2333, Nilai tan $13^\circ 8' 2''$ dalam kalkulator yaitu 0,2333 sama nilainya dengan hasil di kalkulator.

Hal itu disebabkan karena alat *Quadratum Geometricum* versi Peurbach akurasi mencapai detik terlihat dari pembagian garis pada penggaris. Sedangkan alat *Neo Quadratum Geometricum* hanya mencapai menit pada pembagian garis pada penggaris. Sehingga, perlu perlu penambahan akurasi pada alat *Neo Quadratum Geometricum* hingga mencapai detik. Tetapi dalam segi penggunaan lebih praktis *Neo Quadratum Geometricum* karena tidak memerlukan tabel konversi.

4. Penentuan Ketinggian Benda Menggunakan *Neo Quadratum Geometricum*

Quadratum Geometricum digunakan untuk mengukur ketinggian benda di sekitar kita. Konsep mengukur ketinggian di atas tersebut harus mengetahui terlebih dahulu jarak alat ke benda tersebut. Hal itu harus membuat kita mengukur jarak alat ke benda sehingga menjadi kurang efektif. Dalam langkah-langkah pengukuran ketinggian benda di bawah ini, kita tidak perlu mengukur jarak alat ke benda yang akan kita ukur ketinggiannya, sebagai berikut:³⁰

³⁰Muhammad Ma'sum, *Ad-Durus Al-Falakiyyah*, terj. Yahya Arif, *Tarjamah Ad-Durus Al-Falakiyyah*, (Kudus: Maktabah Madrasah Qudiyah Menara Kudus, 1989), hlm. 29-31.

1. Pastikan alat tegak lurus dengan menggunakan bandul;
2. Bidik suatu benda menggunakan penunjuk (alidade)
3. Lihat nilai penggaris yang didapat dari pembidikan, jika penunjuk (alidade) berada pada penggaris vertikal berarti sudut cotan dan sebaliknya jika penunjuk (alidade) berada pada penggaris horizontal berarti sudut tan.
4. Lihat nilai busur konversi pada alat.
5. Tambahkan nilai pada penggaris dengan 4 (Kaidah).
6. Tandai tempat pembidikan pertama.
7. Geser penunjuk sesuai dengan hasil penjumlahan nilai penggaris dan 4.
8. Kembali ke langkah 3, jika penunjuk tadi terdapat pada penggaris vertikal maka alat digeser maju ke depan sesuai hasil penjumlahan nilai penggaris dan 4 yaitu dengan melihat ke lubang pengintai pada penunjuk sehingga terlihat benda yang kita bidik sebelumnya di tempat pembidikan pertama. Jika penunjuk terdapat pada penggaris horizontal maka berlaku sebaliknya yaitu mundur.
9. Tandai sebagai tempat kedua.
10. Ukur jarak tempat pembidikan pertama dan kedua.
11. Hasilnya dikurangi dengan tinggi dari ujung penunjuk ke tanah.

Contoh Pembidikan pada sebuah Pintu:

1. Pastikan alat tegak lurus
2. Bidik pintu
3. Mendapatkan hasil nilai ruas pada penggaris vertikal sebesar 2,3 cm (tempat pembidikan pertama)
4. Tambahkan 2,3 dengan 4 (Kaidah) dengan hasil 6,3 cm
5. Geser penunjuk ke ruas 6,3 cm
6. Geser ke depan alat sesuai nilai penunjuk 6,3 cm, dengan memperhatikan lubang pembidik untuk mendapatkan tempat pembidikan kedua.
7. Jarak tempat pembidikan pertama dan kedua yaitu 330 cm.
8. Kurangi Jarak tempat pembidikan pertama dan kedua dengan tinggi dari ujung penunjuk ke tanah.

9. Ketinggian Pintu = Jarak tempat pembidikan pertama dan kedua - tinggi dari ujung penunjuk ke tanah.

10. Ketinggian Pintu = $360 - 148,5$, hasilnya 211,5 cm

Jadi, tinggi pintu yang diukur dengan alat *Quadratum Geometricum* adalah 211,5 cm. Dengan tinggi asli pintu tersebut adalah 220 cm, sehingga mempunyai selisih 8,5 cm. Hal tersebut terjadi karena alat *Neo Quadratum Geometricum* hanya memiliki ketelitian menit.

D. Kesimpulan

Quadratum Geometricum merupakan alat yang dapat berfungsi dalam bidang survei maupun astronomi dalam pengukuran ketinggian benda. Keunikan alat ini yaitu penggunaan tan untuk skalanya, berbeda dengan *Rubu' Mujayyab* yang menggunakan sin dan cos. Inovasi *Quadratum Geometricum* yang diberi nama *Neo Quadratum Geometricum* terletak pada adanya busur konversi dari nilai penggaris horizontal dan vertikal yang berfungsi untuk mengetahui nilai sudut tan/cotan langsung diketahui tanpa melihat tabel.

Perbandingan akurasi dari *Quadratum Geometricum* dengan *Neo Quadratum Geometricum* dalam konversi nilai sudut Tan, lebih akurat *Quadratum Geometricum*. *Neo Quadratum Geometricum* selisih 0,0025 lebih besar dari kalkulator, sedangkan *Quadratum Geometricum* sama. Tetapi, dari segi efektifitas penggunaan *Neo Quadratum Geometricum* lebih praktis, karena tanpa menggunakan tabel. Sedangkan dalam pengukuran ketinggian benda, selisih 8,5 cm dari ukuran sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

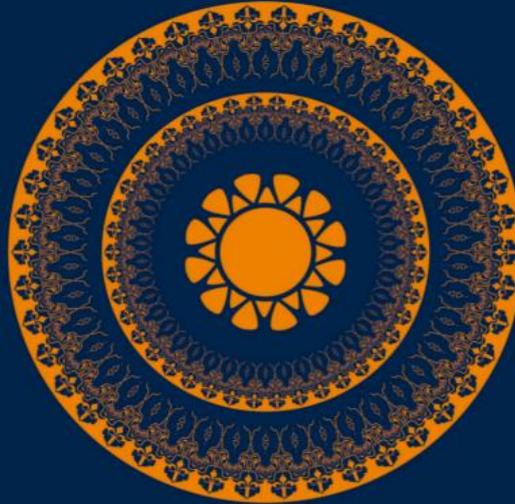
- Akker, Jan van den. "Principles and Methods of Development Research." In *Design Approaches and Tools in Education and Training*, edited by Jan van den Akker, Robert Maribe Branch, Kent Gustafson, Nienke Nieveen, and Tjeerd Plomp, 1–14. Dordrecht: Springer Netherlands, 1999. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4255-7_1.
- Britannica. "Surveying." Encyclopædia Britannica, Inc., 2023. <https://www.britannica.com/technology/surveying/The-theodolite>.
- Ellis, Timothy J., and Yair Levy. "Towards a Guide for Novice Researchers on Research Methodology: Review and Proposed Methods." *Issues in Informing Science and Information Technology* 6 (2009).
- Evans, James. *The History and Practice of Ancient Astronomy*, 401. New York: Oxford Press, 1998.
- Gessner, Samuel. *Images and Text Featuring The Quadratum Geometricum in Lisbon 1580-1640* dalam acara SIC 2011 sesi IVa : The Long Arch of Mathematical Instrumens pada 21 September 2011.
- Mozaffari, S. Mohammad dan Georg Zotti. *The Observational Instrumens at the Maragha Observatory after AD 1300*, Jurnal Suhayl Vol. 12 2013.
- Pedersen, Olaf. "Early Physics and Astronomy: A Historical Introduction", 247. Victoria: Cambridge University Press, 1993
- Rietz, H.L, J.F Reilly, dan Roscoe Woods. *Plane and Spherical Trigonometry*, 1-3. New York: The Macmilan Company, 1936.
- Peurbach, George Von, *Quadratum goemetricum*. Nuremberg: per loannem Stuchs, 1516
- Setiawan, Hasrian Rudi, Arwin Juli Rakhmadi, and Muhammad Hidayat. "Pemanfaatan Media Ribu'Al-Mujayyab Pada Pembelajaran Matematika Di Sekolah." *Idrak: Journal of Islamic Education* 2, no. 2 (2020): 227. <http://jurnal.stit-rh.ac.id/index.php/idrak/article/view/128>.
- Simonyi, Karoly. *A Cultural History of Physics*, 165, New york: CRC Press, 2012
- Valleriani, Matteo. *Mettalurgy Ballistic and Epistemic Instrumens: The Nova Scientia of Nicob Tartaglia*, 25. Berlin: Creative Commons, 2013.
- Zinner, E., E. Brown, *Regimontanus : His Life and Work* (Studies the History and Philoosfy of Mathematics), 26. Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V, 1990.
- <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Peurbach.html> diakses pada 5 Oktober 2017 pukul 1:04 WIB

JURNAL

E-ISSN 2722-8401 / P-ISSN 2549-7812
Volume 7 Nomor 2 Tahun 2023 M / 1445 H

الفلك Elfalaky

جurnal Ilmu Falak



GOOGLE MAPS: MAQASHID SYARIAH STUDY ON HOW TO
DETERMINE THE DIRECTION OF CONTEMPORARY QIBLA

Hendri, Zainul Arifin, Muhammad Ulin Nuha

RANCANG BANGUN RUBU' MUJAYYAB SEBAGAI INSTRUMEN FALAK KLASIK

Akhmad Nadirin, Edy Setyawan, Akhmad Faiz Wiguna, M. Syaqqi Nahwandi

REVITALISASI SERTA BATASAN TOLERANSI SKEWNESS
ARAH KIBLAT DALAM IBADAH MENURUT SYAFI'YAH

Khoirul Anwar

STUDI ANALISIS AL-MUROBBA' DALAM PENENTUAN AWAL WAKTU SHALAT ASHAR

Nur Fajriani, Fiqhi Ikhsan Anwari

ANALISIS KOMPARASI NILAI KONTRAS MICHELSON PADA
PENGAMATAN HILAL BERBASIS OPEN COMPUTER VISION

Adi Damanhuri

REFORMULASI ZIJ AL-KASHI PERSIA SEBAGAI HISAB AWAL BULAN KAMARIAH

Abd. Kohar

NEO QUADRATUM GEOMETRICUM:

Inovasi Instrumen Falak Klasik George Von Peurbach

'Alamul Yaqin

KALENDER ROWOT SASAK

"Akulturasi Budaya Islam, Budaya Jawa Dan Budaya Sasak"

Arino Bem Sado, Muhammad Awaludin, Muhammad Haikla Rivaldi

IMPLEMENTASI PENANGGALAN DAYAK WEHEA DALAM
KEGIATAN ADAT DI KAMPUNG DAYAK MUARA WAHAU

Nur Robaniyah, Maulidatun Nur Azizah

STRATEGI MANAJEMEN SUMBER DAYA MANUSIA BERBASIS INTELLIGENCE,
ENLIGHTENMENT, DAN ACHIEVEMENT DI ERA INDUSTRI 4.0 PADA PRODI ILMU FALAK

Fahmiah Akilah, Fathur Rahman Basir

ARAH MATA ANGIN PADA RUMAH BUGIS DAN IMPLIKASINYA
TERHADAP KURIKULUM ILMU FALAK

Sabriadi HR, Nurul Wakia, Nur Fatimah Azzahrah



PROGRAM STUDI ILMU FALAK
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR