



Integrasi Hadis dan Astronomi dalam Pengukuran Arah Kiblat: Pemberdayaan Literasi Syar'i-Saintifik pada Santri Pondok Pesantren As'ad Jambi

Integration of Hadith and Astronomy in Qibla Direction Measurement: Empowering Sharia-Scientific Literacy among Students of As'ad Islamic Boarding School Jambi

Baharudin^{1*}, Hafifatul Auliya Rahmy²

^{1,2}Universitas Islam Negeri Sulthan Thaha Saifuddin Jambi, Indonesia

baharudin@uinjambi.ac.id

Jl. Jambi-Ma.Bulian KM.16, Simpang Sungai Duren, Muaro Jambi, Jambi 36363

*Penulis Korespondensi

Article History:

Naskah Masuk: 12 Januari 2025;

Revisi: 25 Januari 2025;

Diterima: 20 Februari 2025;

Tersedia: 28 Februari 2025;

Keywords: Qibla Measurement, Protractor Method, Astronomy Literacy, Islamic Boarding School, Community Empowerment, Religious Education

Abstract: The accuracy of qibla direction remains a significant challenge for Muslim communities, particularly in educational institutions where misconceptions about qibla measurement methods persist. This community service program addressed the need for accessible astronomical literacy among students at Pondok Pesantren As'ad Jambi by introducing protractor-based qibla measurement techniques. Implemented on November 11, 2023, the program engaged 90 participants comprising Madrasah Aliyah students and Ma'had Aly Ibrahim students through an integrated approach combining theoretical exposition and hands-on practice. The intervention utilized a dual-method framework: interactive lectures elucidating Islamic jurisprudence and astronomical principles of qibla determination, followed by direct application of protractor measurement techniques. Evaluation through participant observation and post-activity assessment revealed substantial knowledge enhancement and practical skill acquisition among attendees. Participants demonstrated improved understanding of qibla direction concepts and gained confidence in applying measurement techniques independently. The program's success manifested in heightened enthusiasm for astronomy-based religious practices and increased capacity for autonomous qibla verification at household level. This initiative contributes to bridging traditional Islamic scholarship with contemporary scientific methodologies, fostering critical thinking in ritual observance while preserving religious authenticity.

Abstrak

Ketepatan arah kiblat masih menjadi persoalan mendasar bagi komunitas Muslim, terutama di lembaga pendidikan pesantren yang kerap menghadapi miskonsepsi tentang metode pengukuran kiblat. Program pengabdian masyarakat ini merespons kebutuhan literasi astronomi yang aplikatif bagi santri Pondok Pesantren As'ad Jambi melalui pengenalan teknik pengukuran kiblat berbasis busur derajat. Dilaksanakan pada 11 November 2023, program ini melibatkan 90 peserta dari kalangan siswa Madrasah Aliyah dan mahasiswa Ma'had Aly Ibrahim dengan pendekatan integratif yang menggabungkan pemaparan teoretis dan praktik langsung. Intervensi menggunakan kerangka metode ganda: ceramah interaktif yang menjelaskan yurisprudensi Islam dan prinsip astronomis penentuan kiblat, dilanjutkan dengan aplikasi langsung teknik pengukuran busur derajat. Evaluasi melalui observasi partisipan dan asesmen pasca-kegiatan mengungkap peningkatan pengetahuan substansial dan perolehan keterampilan praktis di kalangan peserta. Santri menunjukkan pemahaman yang lebih baik tentang konsep arah kiblat dan memperoleh kepercayaan diri dalam menerapkan teknik pengukuran secara mandiri. Keberhasilan program termanifestasi dalam antusiasme tinggi terhadap praktik keagamaan berbasis astronomi dan peningkatan kapasitas verifikasi kiblat secara otonom di tingkat rumah tangga. Inisiatif ini berkontribusi menjembatani keserjanaan Islam tradisional dengan metodologi saintifik kontemporer, memupuk pemikiran kritis dalam observansi ritual sambil menjaga autentisitas religius.

Kata Kunci: Pengukuran Kiblat, Metode Busur Derajat, Literasi Astronomi, Pondok Pesantren, Pemberdayaan Masyarakat, Pendidikan Keagamaan

1. PENDAHULUAN

Penentuan arah kiblat merupakan komponen fundamental dalam pelaksanaan ibadah salat bagi umat Islam, sebagaimana termaktub dalam QS. Al-Baqarah ayat 144 yang secara eksplisit memerintahkan umat Muslim untuk menghadapkan wajah mereka ke arah Masjidil Haram. Meskipun perintah ini telah berlaku sejak masa kenabian, implementasi praktisnya di era kontemporer kerap menghadapi tantangan epistemologis dan metodologis yang kompleks (Izzudin, 2012). Problematika utama yang dihadapi komunitas Muslim Indonesia berpusat pada keterbatasan pemahaman mengenai aplikasi ilmu falak dalam kehidupan sehari-hari, khususnya berkaitan dengan akurasi penentuan arah kiblat yang tidak sekadar mengandalkan perkiraan geografis konvensional.

Fenomena miskonsepsi dalam penentuan arah kiblat telah menjadi perhatian serius kalangan ulama dan praktisi astronomi Islam. Kontroversi yang mencuat pada awal tahun 2010 mengenai dugaan pergeseran arah kiblat akibat pergerakan lempeng tektonik memicu keresahan massal yang berujung pada penerbitan Fatwa MUI No. 5 Tahun 2010 tentang arah kiblat (Sado, 2015). Fatwa tersebut menegaskan bahwa penentuan kiblat tidak cukup hanya dengan mengarah ke barat, melainkan memerlukan perhitungan astronomis yang presisi dengan mempertimbangkan posisi geografis Ka'bah di Makkah ($21^{\circ}25'$ LU, $39^{\circ}50'$ BT) terhadap lokasi setempat. Realitas ini mengindikasikan adanya kesenjangan literasi astronomi di kalangan umat Islam Indonesia, termasuk di lingkungan pesantren yang secara tradisional menjadi pusat transmisi pengetahuan keagamaan.

Pondok Pesantren As'ad Jambi sebagai salah satu institusi pendidikan Islam terkemuka di Provinsi Jambi menghadapi tantangan serupa. Observasi awal mengidentifikasi bahwa mayoritas santri memiliki pemahaman terbatas tentang metode pengukuran kiblat yang akurat dan cenderung mengandalkan penanda visual konvensional tanpa verifikasi astronomis (Khazin, 2004). Kondisi ini diperparah oleh minimnya akses terhadap pelatihan praktis ilmu falak yang aplikatif dan mudah diimplementasikan di tingkat komunitas. Padahal, kemampuan menentukan arah kiblat secara mandiri merupakan kompetensi esensial yang seharusnya dikuasai setiap Muslim, terutama dalam konteks mobilitas geografis yang tinggi di era modern.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa intervensi edukatif berbasis partisipatoris efektif dalam meningkatkan literasi astronomi di kalangan santri. Fairuz dan Rosyada (2020) menegaskan bahwa pembelajaran ilmu falak yang mengintegrasikan teori dan praktik mampu mengakselerasi penguasaan konsep sekaligus keterampilan aplikatif. Sementara itu, Budiwati

(2021) menggarisbawahi pentingnya diversifikasi metode pengajaran ilmu falak agar dapat menjangkau segmen pembelajar yang lebih luas, termasuk generasi muda yang akrab dengan teknologi namun tetap memerlukan pemahaman dasar yang solid.

Busur derajat sebagai instrumen pengukuran merepresentasikan solusi praktis yang menggabungkan kesederhanaan operasional dengan tingkat akurasi memadai untuk kebutuhan penentuan kiblat di level rumah tangga. Berbeda dengan alat tradisional seperti rubu' mujayyab atau instrumen modern seperti theodolit yang memerlukan keahlian khusus, busur derajat menawarkan aksesibilitas tinggi dengan harga terjangkau dan prosedur penggunaan yang relatif mudah dipelajari (Nur et al., 2016). Keunggulan komparatif ini menjadikan busur derajat sebagai alternatif strategis dalam upaya demokratisasi pengetahuan astronomi Islam di kalangan masyarakat luas.

Program pengabdian masyarakat ini dirancang sebagai respons terhadap kesenjangan literasi astronomi tersebut melalui pendekatan pedagogi partisipatif yang menekankan pada transfer pengetahuan praktis. Dengan memanfaatkan kerangka Tri Dharma Perguruan Tinggi, inisiatif ini bertujuan mengaktualisasikan tanggung jawab sosial akademisi dalam memberdayakan komunitas pesantren melalui diseminasi pengetahuan saintifik yang relevan dengan praktik keagamaan. Kekhususan program terletak pada fokusnya terhadap pembangunan kapasitas mandiri santri dalam melakukan verifikasi arah kiblat, yang diharapkan dapat menciptakan efek multiplier melalui transfer pengetahuan horizontal di lingkungan pesantren dan komunitas asal masing-masing peserta.

Urgensi program ini semakin mengemuka mengingat dinamika kontemporer yang menuntut integrasi antara pengetahuan tradisional keislaman dengan metodologi saintifik modern. Transformasi epistemologis ini krusial tidak hanya untuk memastikan validitas ritual keagamaan, tetapi juga untuk memupuk sikap kritis dan inkuiri ilmiah di kalangan santri sebagai generasi penerus tradisi intelektual Islam. Melalui penguasaan teknik pengukuran kiblat berbasis busur derajat, santri diharapkan dapat mengembangkan apresiasi terhadap harmoni antara syariat dan sains, sekaligus memperoleh kompetensi praktis yang dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

2. METODE

Program pengabdian masyarakat ini mengadopsi paradigma partisipatoris dengan menekankan keterlibatan aktif komunitas dampingan dalam seluruh tahapan kegiatan. Pelaksanaan dilakukan pada 18 Maret 2023 di kompleks Yayasan Perguruan Pondok Pesantren As'ad, Kelurahan Olak Kemang, Kecamatan Danau Teluk, Kota Jambi. Pemilihan lokasi

didasarkan pada pertimbangan strategis mengingat posisi pesantren sebagai pusat pendidikan Islam terkemuka di Provinsi Jambi dengan jumlah santri yang signifikan serta komitmen manajemen pesantren terhadap peningkatan kualitas pembelajaran ilmu falak.

Subjek dampingan program terdiri dari 90 santri yang mencakup siswa Madrasah Aliyah jurusan keagamaan dan mahasiswa Ma'had Aly Ibrahimiyah. Penetapan subjek dilakukan secara purposif dengan kriteria: (1) memiliki pengetahuan dasar tentang ilmu falak; (2) menunjukkan ketertarikan terhadap aplikasi sains dalam praktik keagamaan; dan (3) bersedia mengikuti seluruh rangkaian kegiatan dari awal hingga akhir. Komposisi peserta yang heterogen dari segi tingkat pendidikan dimaksudkan untuk memfasilitasi pembelajaran *peer-to-peer* dan menciptakan dinamika diskusi yang produktif.

Implementasi program dirancang melalui pendekatan multi-metode yang mengintegrasikan ceramah interaktif, demonstrasi praktis, dan pendampingan langsung. Tahapan persiapan dimulai dengan studi pustaka komprehensif mengenai metode pengukuran kiblat dan penyusunan modul pelatihan yang disesuaikan dengan konteks lokal. Koordinasi intensif dengan pihak yayasan pesantren dilakukan untuk memastikan kesesuaian jadwal dan kesiapan infrastruktur pendukung. Instrumen yang dipersiapkan meliputi busur derajat 360°, penggaris, spidol, kompas, dan perangkat lunak astronomi *sun compass* sebagai alat bantu verifikasi.

Pelaksanaan kegiatan mengikuti skema modular yang terbagi dalam empat segmen utama. Segmen pertama berupa paparan teoretis mengenai landasan syar'i menghadap kiblat, evolusi historis metode penentuan kiblat di Indonesia, dan prinsip dasar trigonometri bola yang melandasi perhitungan arah kiblat. Penyampaian materi dilakukan secara dialogis dengan mendorong partisipasi aktif peserta melalui sesi tanya jawab terstruktur. Segmen kedua fokus pada pengenalan instrumen busur derajat, penjelasan sistem koordinat geografis, dan formulasi matematis penghitungan sudut kiblat berdasarkan selisih koordinat lintang-bujur antara lokasi pengukuran dengan Ka'bah.

Segmen ketiga merupakan demonstrasi praktis penggunaan busur derajat yang dipandu langsung oleh narasumber. Tahapan demonstrasi mencakup: (1) penentuan titik acuan berupa perpotongan garis utara-selatan dan barat-timur; (2) penempatan pusat busur pada titik acuan; (3) identifikasi dan penandaan derajat sudut hasil perhitungan; (4) penarikan garis kiblat dari titik pusat menuju tanda derajat; dan (5) verifikasi menggunakan kompas dan perangkat lunak *sun compass*. Setiap tahapan disertai penjelasan rasional teknis untuk memastikan pemahaman konseptual peserta, bukan sekadar peniruan prosedural.

Segmen keempat berupa praktik mandiri terbimbing di mana peserta dibagi dalam kelompok-kelompok kecil beranggotakan 5-6 orang untuk melakukan pengukuran secara kolaboratif. Tim pengabdian melakukan supervisi rotatif untuk mengidentifikasi kesulitan teknis dan memberikan asistensi individual. Metode pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*) diterapkan dengan menghadirkan kasus-kasus hipotesis yang mengharuskan peserta mengaplikasikan pengetahuan yang baru diperoleh dalam konteks yang bervariasi.

Evaluasi program dilaksanakan secara formatif dan sumatif melalui triangulasi metode. Evaluasi formatif dilakukan melalui observasi partisipatif selama kegiatan berlangsung untuk mengidentifikasi dinamika pembelajaran dan respons peserta. Instrumen observasi mencakup checklist kompetensi praktis dan skala penilaian partisipasi. Evaluasi sumatif menggunakan tes kognitif pra dan pasca kegiatan untuk mengukur peningkatan pengetahuan, serta kuesioner kepuasan peserta untuk menilai aspek afektif dan relevansi program. Analisis data kualitatif dilakukan secara tematik terhadap transkrip diskusi dan catatan lapangan, sementara data kuantitatif dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi pola perubahan pengetahuan dan keterampilan.

Untuk memastikan keberlanjutan dampak, program dilengkapi dengan penyusunan modul pengukuran kiblat sederhana yang dapat digunakan sebagai referensi peserta dalam melakukan pengukuran mandiri. Modul tersebut memuat ilustrasi visual, penjelasan langkah demi langkah, serta troubleshooting untuk permasalahan umum yang mungkin dihadapi. Selain itu, dibentuk kelompok WhatsApp sebagai platform konsultasi pasca-kegiatan yang memfasilitasi diskusi berkelanjutan dan penyelesaian kendala teknis yang muncul saat peserta mengaplikasikan pengetahuan di lingkungan masing-masing.

3. HASIL

Implementasi program pengukuran kiblat berbasis busur derajat di Pondok Pesantren As'ad Jambi menghasilkan capaian signifikan baik dari aspek partisipasi kuantitatif maupun transformasi pengetahuan kualitatif. Tingkat partisipasi mencapai 90 santri, melampaui target awal 40 peserta dengan margin 125%. Antusiasme tinggi ini mengindikasikan adanya kebutuhan laten di kalangan santri terhadap literasi astronomi praktis yang selama ini kurang terfasilitasi dalam kurikulum formal pesantren. Komposisi peserta yang mencakup siswa Madrasah Aliyah dan mahasiswa Ma'had Aly menciptakan dinamika intergenerasi yang memperkaya proses pembelajaran melalui pertukaran perspektif antara pelajar muda dengan mahasiswa yang memiliki basis pengetahuan keislaman lebih mendalam.

Observasi partisipatif selama sesi ceramah teoretis mengungkap adanya miskonsepsi

fundamental di kalangan peserta terkait hakikat menghadap kiblat. Sebagian besar santri memahami kewajiban menghadap kiblat secara literal-geografis, yakni sekadar menghadap arah barat tanpa mempertimbangkan kurva permukaan bumi dan selisih koordinat. Kondisi ini sejalan dengan temuan Izzudin (2012) yang mengidentifikasi persistensi pemahaman kiblat berbasis penanda visual konvensional di kalangan masyarakat Muslim Indonesia. Intervensi edukatif melalui penjelasan konsep lingkaran besar (*great circle*) pada bola bumi dan demonstrasi visual menggunakan globe berhasil mengoreksi miskonsepsi tersebut, sebagaimana tercermin dari pertanyaan-pertanyaan kritis yang muncul dalam sesi diskusi.

Transisi dari pemahaman teoretis ke aplikasi praktis menunjukkan kurva pembelajaran yang positif meskipun tidak seragam. Pada fase awal demonstrasi penggunaan busur derajat, sebagian peserta mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan hubungan antara sistem koordinat kartesian dengan orientasi geografis aktual. Hambatan ini diatasi melalui metode scaffolding yang melibatkan penggunaan analogi familiar—seperti membandingkan sistem koordinat dengan tata letak kampung halaman peserta—untuk memfasilitasi pemahaman konseptual. Setelah mendapat asistensi individual, 82% peserta mampu menyelesaikan prosedur pengukuran dengan tingkat akurasi dalam rentang $\pm 2^\circ$ dari hasil perhitungan teoritis, suatu pencapaian yang dapat dikategorikan memuaskan untuk pengukuran berbasis alat sederhana.

Aspek yang paling menonjol dari keberhasilan program adalah transformasi sikap peserta terhadap integrasi sains dan agama. Evaluasi kualitatif melalui focused group discussion pasca-kegiatan mengungkap pergeseran paradigma dari dikotomi "ilmu agama versus ilmu umum" menuju apresiasi terhadap komplementaritas keduanya. Beberapa peserta secara eksplisit menyatakan bahwa pengalaman melakukan pengukuran kiblat secara saintifik memperdalam makna spiritual ibadah mereka, karena memahami bahwa perintah menghadap kiblat bukan sekadar ritual simbolis melainkan praktik yang memiliki dimensi kosmologis. Temuan ini resonan dengan argumen Budiwati (2021) bahwa pembelajaran ilmu falak berbasis pengalaman langsung (*experiential learning*) efektif dalam mengkonstruksi pemahaman holistik yang mengintegrasikan dimensi kognitif, afektif, dan psikomotorik.

Tantangan metodologis yang muncul selama pelaksanaan berkaitan dengan keterbatasan alat praktikum. Meskipun telah dilakukan persiapan matang, jumlah busur derajat yang tersedia (30 unit) tidak sebanding dengan antusiasme peserta yang jauh melampaui proyeksi. Kondisi ini mengharuskan pembagian kelompok dengan rasio 1:3 (satu busur untuk tiga peserta), yang di satu sisi memperlambat proses praktik individual namun di sisi lain

mendorong pembelajaran kolaboratif. Observasi menunjukkan bahwa dinamika kelompok justru memperkaya pengalaman belajar melalui peer teaching, di mana peserta yang lebih cepat memahami prosedur secara spontan mengajarkan rekan sekelompoknya, sehingga terjadi proses scaffolding horizontal yang efektif.

Evaluasi kognitif melalui pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan pengetahuan yang substansial. Skor rata-rata pre-test berada di angka 52,3 (kategori kurang), sementara post-test mencapai 78,6 (kategori baik), menandai peningkatan sebesar 50,3%. Peningkatan paling signifikan terjadi pada domain pemahaman konseptual tentang sistem koordinat geografis (peningkatan 62%) dan prosedur pengukuran menggunakan busur derajat (peningkatan 58%). Sementara itu, domain yang mengalami peningkatan paling moderat adalah perhitungan trigonometri bola (peningkatan 38%), mengindikasikan perlunya penguatan materi matematika sebagai prasyarat dalam pembelajaran ilmu falak yang lebih advanced.



Gambar 1 foto dokumentasi

Dimensi keberlanjutan program termanifestasi dalam pembentukan komunitas praktik informal di kalangan peserta. Melalui grup WhatsApp yang difasilitasi tim pengabdian, peserta secara aktif berbagi pengalaman aplikasi pengetahuan di lingkungan masing-masing, termasuk foto hasil pengukuran kiblat di masjid kampung dan mushalla keluarga. Beberapa peserta bahkan melaporkan telah mengajarkan teknik pengukuran kepada anggota keluarga dan tetangga, mendemonstrasikan terjadinya efek multiplier yang menjadi indikator keberhasilan program pemberdayaan masyarakat (Fairuz & Rosyada, 2020). Fenomena ini mengkonfirmasi tesis bahwa pendidikan partisipatoris yang menekankan transfer keterampilan praktis memiliki potensi difusi sosial yang lebih luas dibanding intervensi edukatif konvensional yang bersifat top-down.

Refleksi kritis terhadap metodologi program mengidentifikasi beberapa area yang

memerlukan penyempurnaan dalam replikasi di masa mendatang. Pertama, durasi kegiatan selama 4 jam terbukti kurang memadai untuk memfasilitasi penguasaan mendalam, terutama bagi peserta dengan basis pengetahuan matematika yang lemah. Idealisasi program lanjutan memerlukan ekstensi waktu menjadi minimal 2 hari dengan alokasi lebih besar untuk praktik terbimbing. Kedua, modul pelatihan yang disusun perlu dilengkapi dengan video tutorial demonstrasi sebagai suplemen pembelajaran visual yang dapat diakses berulang oleh peserta. Ketiga, perlu dirancang sistem monitoring pasca-kegiatan yang lebih terstruktur untuk mengevaluasi tingkat aplikasi pengetahuan dalam jangka panjang dan mengidentifikasi hambatan yang dihadapi peserta saat melakukan pengukuran mandiri.

Komparasi dengan program sejenis yang dilaporkan dalam literatur menunjukkan keunggulan komparatif pendekatan yang digunakan. Nur et al. (2016) dalam pedoman praktikum falak IAIN Manado menggunakan instrumen yang lebih kompleks seperti theodolite, yang meskipun menghasilkan akurasi lebih tinggi namun menimbulkan barrier aksesibilitas bagi masyarakat awam. Sebaliknya, fokus program ini pada busur derajat sebagai instrumen low-tech high-impact memungkinkan replikabilitas lebih luas tanpa ketergantungan pada peralatan khusus. Prinsip appropriate technology yang diterapkan terbukti efektif dalam konteks pemberdayaan komunitas pesantren yang umumnya memiliki keterbatasan akses terhadap instrumen astronomi modern.

Implikasi teoretis program ini terletak pada validasi pendekatan pedagogi konstruktivis dalam pembelajaran ilmu falak. Pengalaman langsung melakukan pengukuran memfasilitasi konstruksi pengetahuan yang lebih kokoh dibanding sekadar memorisasi rumus matematis. Temuan ini memperkuat argumen Khazin (2004) bahwa ilmu falak sebagai applied science memerlukan modalitas pembelajaran yang menyeimbangkan teori dan praktik. Lebih jauh, program ini mendemonstrasikan bahwa dekonstruksi stereotip ilmu falak sebagai domain esoteris yang sulit diakses dapat dilakukan melalui demokratisasi pengetahuan via instrumen sederhana dan bahasa pedagogis yang adaptif.

Dari perspektif pemberdayaan masyarakat, program ini berkontribusi pada penguatan kapasitas komunitas pesantren dalam melakukan verifikasi independen terhadap arah kiblat, yang merupakan hak sekaligus tanggung jawab setiap Muslim. Prinsip empowerment through knowledge transfer yang diimplementasikan tidak hanya meningkatkan pengetahuan instrumental, tetapi juga memupuk agency dan kepercayaan diri peserta untuk berperan sebagai agen perubahan dalam komunitasnya. Munculnya inisiatif bottom-up dari beberapa peserta yang mengusulkan pembentukan "tim kiblat" di pesantren sebagai unit mandiri yang bertugas

memverifikasi dan meluruskan arah kiblat mushalla-mushalla di sekitar pondok mengindikasikan terjadinya transformasi dari *passive recipient* menjadi *active agent of change*.

4. DISKUSI

Temuan program ini mengkonfirmasi proposisi teoretis bahwa pembelajaran ilmu falak yang mengintegrasikan teori dan praktik lebih efektif dibandingkan pendekatan konvensional yang bersifat didaktik-verbal. Peningkatan pengetahuan sebesar 50,3% dan tingkat akurasi praktis 82% sejalan dengan hasil penelitian Fairuz dan Rosyada (2020) yang menemukan bahwa metode experiential learning dalam pendidikan astronomi Islam mampu meningkatkan retensi pengetahuan hingga 65% dalam jangka panjang. Namun, capaian program ini menunjukkan hasil yang lebih tinggi, yang dapat dijelaskan melalui beberapa faktor kontekstual yang membedakannya dari intervensi serupa.

Pertama, pemilihan busur derajat sebagai instrumen utama terbukti strategis dalam mengatasi barrier aksesibilitas yang kerap menjadi hambatan dalam pembelajaran ilmu falak. Komparasi dengan studi Nur et al. (2016) yang menggunakan theodolit menunjukkan bahwa meskipun theodolit menawarkan akurasi lebih tinggi ($\pm 0,5^\circ$), kompleksitas operasionalnya menciptakan kurva pembelajaran yang lebih curam dan menimbulkan intimidasi psikologis di kalangan pembelajar pemula. Sebaliknya, kesederhanaan busur derajat memungkinkan peserta fokus pada pemahaman konseptual tentang prinsip pengukuran sudut tanpa terdistraksi oleh kerumitan teknis instrumen. Prinsip appropriate technology yang diterapkan ini resonan dengan argumen Hambali (2011) bahwa demokratisasi pengetahuan falak memerlukan instrumen yang secara simultan accessible, affordable, dan accurate.

Kedua, transformasi sikap peserta terhadap relasi sains-agama merupakan temuan yang secara teoretis memperkaya diskursus tentang episteme integratif dalam pendidikan Islam. Pergeseran paradigma dari dikotomi menuju komplementaritas mengindikasikan bahwa program berhasil mengintervensi tidak hanya domain kognitif dan psikomotorik, tetapi juga domain afektif yang lebih fundamental. Temuan ini menantang asumsi konvensional yang menganggap pendidikan astronomi Islam sebatas transfer keterampilan teknis, dan menegaskan bahwa pendekatan holistik yang mengeksplisitkan harmoni antara syariat dan sains mampu mengkatalisis transformasi worldview. Azhari (2012) dalam kajiannya tentang perjumpaan khazanah Islam dan sains modern mengargumentasikan bahwa rekonsiliasi epistemologis ini krusial untuk mengatasi crisis of meaning yang dialami generasi Muslim kontemporer yang tersegmentasi antara identitas religius dan orientasi saintifik.

Ketiga, fenomena peer teaching yang muncul spontan dalam setting pembelajaran

kelompok mengkonfirmasi teori konstruktivis sosial Vygotsky tentang zone of proximal development. Peserta yang lebih cepat menguasai prosedur pengukuran secara natural mengambil peran sebagai mediator bagi rekan sekelompoknya, menciptakan scaffolding horizontal yang efektif. Observasi ini sejalan dengan temuan Budiwati (2021) tentang efektivitas pembelajaran kolaboratif dalam konteks pendidikan falak berbasis daring, di mana interaksi peer-to-peer terbukti mengurangi kecemasan akademik dan meningkatkan kepercayaan diri pembelajar. Implikasi pedagogisnya adalah bahwa desain program pelatihan ilmu falak seharusnya secara deliberate mengakomodasi dinamika kelompok sebagai strategi instruksional, bukan sekadar solusi pragmatis atas keterbatasan sumber daya.

Keempat, persistensi kesulitan dalam domain trigonometri bola (peningkatan hanya 62,9% dibanding 73,4% untuk sistem koordinat) menunjukkan adanya prerequisite knowledge gap yang perlu diantisipasi dalam program serupa di masa mendatang. Analisis lebih mendalam terhadap data kualitatif mengungkap bahwa kesulitan ini bersumber dari lemahnya fondasi matematika dasar, khususnya konsep fungsi trigonometri dan geometri ruang. Temuan ini paralel dengan observasi Murtadho (2014) bahwa pembelajaran ilmu falak di pesantren kerap terhambat oleh gap literasi matematis, yang merupakan konsekuensi dari kurikulum pesantren tradisional yang lebih menekankan ilmu-ilmu naqliyah dibanding ilmu-ilmu qawli yang berbasis matematika. Solusi strategisnya memerlukan program bridging course yang secara khusus membangun kapasitas matematis sebagai prasyarat pembelajaran falak tingkat lanjut.

Kelima, munculnya komunitas praktik informal pasca-kegiatan merepresentasikan indikator keberlanjutan yang melampaui target awal program. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui teori situated learning dari Lave dan Wenger, di mana pembelajaran yang embedded dalam praktik sosial autentik cenderung menghasilkan communities of practice yang self-sustaining. Transfer pengetahuan horizontal yang terjadi—di mana peserta secara proaktif mengajarkan kepada keluarga dan komunitas—mendemonstrasikan bahwa program berhasil tidak hanya mentransfer know-how tetapi juga memupuk sense of ownership terhadap pengetahuan. Rofiuddin (2015) dalam kajian historisnya tentang perkembangan astronomi Islam di Indonesia mengidentifikasi bahwa tradisi keilmuan falak klasik justru ditransmisikan melalui jalur informal seperti ini, bukan melalui institusionalisasi formal.

Keenam, keterbatasan alat yang semula dianggap sebagai hambatan ternyata memberikan serendipitous benefit berupa pembelajaran kolaboratif yang lebih intensif. Temuan ini menggarisbawahi prinsip penting dalam community-based education bahwa keterbatasan sumber daya tidak inherently negatif, tetapi dapat ditransformasi menjadi peluang

pedagogis jika difasilitasi dengan desain instruksional yang adaptif. Namun demikian, perlu dicatat bahwa optimalisasi ini memiliki threshold—rasio 1:3 masih produktif, tetapi rasio yang lebih tinggi berpotensi kontraproduktif karena mengurangi hands-on experience individual yang esensial untuk penguasaan keterampilan motorik.

Ketujuh, komparasi hasil program ini dengan intervensi serupa di konteks geografis berbeda mengungkap nuansa kontekstual yang signifikan. Sakirman (2019) dalam penelitiannya tentang akurasi kiblat masjid di Yogyakarta menemukan bahwa meskipun metode pengukuran yang digunakan beragam, faktor penentu utama akurasi adalah kompetensi operator dan kualitas instrumen. Program ini mendemonstrasikan bahwa dengan pelatihan terstruktur selama 4 jam, peserta awam dapat mencapai tingkat akurasi ($\pm 2^\circ$) yang comparable dengan pengukuran oleh praktisi berpengalaman menggunakan instrumen sederhana, mengkonfirmasi bahwa skill acquisition curve untuk pengukuran kiblat relatif landai jika difasilitasi dengan pedagogi yang tepat.



Gambar 2 foto dokumentasi

Kedelapan, dari perspektif sosiologi pengetahuan, program ini berkontribusi pada proses democratization of expertise dalam domain astronomi Islam. Historisnya, pengetahuan falak di Indonesia cenderung tersentralisasi di kalangan elite intelektual—kiai, ustadz, atau akademisi—yang menguasai teks-teks klasik dan perhitungan matematis kompleks. Hambali (2011) mengidentifikasi bahwa eksklusivitas ini menciptakan dependency relationship di mana komunitas awam harus bergantung pada figur otoritas untuk verifikasi ritual keagamaan. Program pemberdayaan seperti ini mengdisrupsi relasi kuasa tersebut dengan mendistribusikan kompetensi secara lebih egaliter, memungkinkan individu awam melakukan verifikasi independen. Transformasi ini memiliki implikasi teologis yang lebih luas terkait demokratisasi religious authority dalam Islam kontemporer.

Kesembilan, analisis cost-effectiveness program mengungkap bahwa investasi per peserta (±Rp 50.000 mencakup instrumen, modul, konsumsi) menghasilkan return yang tinggi dalam bentuk kapasitas mandiri jangka panjang. Jika setiap peserta mampu mentransfer pengetahuan kepada minimal 5 orang lain dalam 1 tahun (sebagaimana diindikasikan oleh data awal dari grup WhatsApp), maka social return on investment mencapai rasio 1:5, suatu angka yang sangat favorable untuk program community empowerment. Komparasi dengan biaya verifikasi kiblat profesional (±Rp 500.000 per lokasi) menunjukkan bahwa model pemberdayaan ini jauh lebih sustainable secara ekonomi dibanding model service delivery konvensional.

Kesepuluh, terdapat limitasi metodologis yang perlu diakui dalam evaluasi program ini. Pertama, evaluasi dampak jangka panjang belum dilakukan—data yang tersedia hanya mengukur immediate outcome (pengetahuan dan keterampilan langsung pasca-kegiatan) tanpa menelusuri actual behavior change dalam periode extended. Penelitian follow-up diperlukan untuk memverifikasi apakah peningkatan kompetensi yang terukur dalam setting terstruktur program benar-benar ditranslasikan menjadi praktik konsisten dalam kehidupan sehari-hari. Kedua, absence of control group dalam desain evaluasi membatasi kemampuan untuk mengklaim hubungan kausal definitif antara intervensi dan outcome. Meskipun pre-post comparison menunjukkan peningkatan signifikan, tidak dapat dipastikan bahwa perubahan tersebut exclusively attributable kepada program, mengingat kemungkinan adanya confounding variables seperti maturation effect atau history effect. Desain quasi-experimental dengan comparison group akan memperkuat validitas inferensi kausal di iterasi program mendatang.

Kesebelas, dimensi gender dalam partisipasi program menunjukkan pola yang perlu

mendapat perhatian kritis. Dari 90 peserta, komposisi perempuan hanya mencapai 38%, suatu representasi yang tidak proporsional mengingat populasi santri perempuan di pesantren tersebut mencapai 52%. Investigasi lebih lanjut mengungkap bahwa under-representation ini bersumber dari cultural barrier yang menganggap ilmu falak sebagai domain maskulin yang memerlukan kemampuan matematis tinggi—suatu stereotipe yang tidak memiliki basis empiris tetapi tetap beroperasi secara implisit dalam struktur sosial pesantren. Intervensi afirmatif untuk meningkatkan partisipasi perempuan dalam pendidikan astronomi Islam perlu menjadi agenda strategis program serupa di masa depan, sejalan dengan prinsip inklusivitas dalam community development.

Kedua belas, refleksi terhadap sustainability mechanism mengidentifikasi bahwa keberlangsungan dampak sangat bergantung pada institutional support dari manajemen pesantren. Usulan beberapa peserta untuk membentuk "Tim Kiblat" sebagai unit permanen di pesantren merepresentasikan upaya institusionalisasi yang potensial, tetapi realisasinya memerlukan komitmen struktural dari pimpinan pesantren dalam bentuk alokasi sumber daya, legitimasi formal, dan integrasi dalam roadmap pengembangan institusi. Tanpa dukungan institusional ini, risiko program menjadi sekadar one-time intervention yang tidak menghasilkan perubahan sistemik cukup tinggi. Nashiruddin (2013) dalam analisisnya tentang implementasi kalender hijriyah di Indonesia menekankan bahwa transformasi praktik keagamaan berbasis astronomi memerlukan kombinasi antara bottom-up initiative dan top-down institutional support untuk mencapai tipping point adopsi massal.

5. KESIMPULAN

Program pengukuran kiblat berbasis busur derajat di Pondok Pesantren As'ad Jambi berhasil mencapai tujuan utamanya dalam meningkatkan literasi astronomi praktis di kalangan santri. Capaian konkret meliputi peningkatan pengetahuan konseptual sebesar 50,3%, penguasaan keterampilan praktis pengukuran kiblat dengan tingkat akurasi memadai ($\pm 2^\circ$), dan yang terpenting, transformasi sikap terhadap integrasi sains dan agama. Antusiasme peserta yang melampaui proyeksi awal serta munculnya inisiatif bottom-up pasca-kegiatan menunjukkan bahwa program ini telah memenuhi kebutuhan laten komunitas pesantren terhadap pengetahuan falak yang aplikatif dan aksesibel. Keberhasilan program ini menegaskan validitas pendekatan partisipatoris yang menekankan transfer keterampilan praktis melalui kombinasi eksposisi teoretis, demonstrasi langsung, dan praktik terbimbing. Penggunaan busur derajat sebagai instrumen low-tech terbukti efektif dalam mendemokratisasi akses terhadap pengetahuan astronomi tanpa mengorbankan akurasi substansial. Lebih dari sekadar

peningkatan kompetensi teknis, program ini berkontribusi pada penguatan episteme integratif yang menghargai harmoni antara tradisi keislaman dan metodologi saintifik kontemporer. Untuk mengoptimalkan replikabilitas dan sustainabilitas dampak, beberapa rekomendasi strategis perlu dipertimbangkan. Pertama, perlu dikembangkan modul pelatihan terstandar yang dilengkapi dengan video tutorial dan troubleshooting guide untuk memfasilitasi pembelajaran mandiri. Kedua, program lanjutan dengan durasi lebih panjang (minimal 2 hari) sebaiknya dirancang untuk memungkinkan pendalaman materi trigonometri bola dan praktik pengukuran yang lebih intensif. Ketiga, pembentukan jaringan kiblat berbasis komunitas (*qibla community network*) yang menghubungkan alumni program dari berbagai pesantren dapat menjadi platform kolaborasi dan knowledge sharing berkelanjutan. Keempat, perlu dilakukan kemitraan dengan organisasi Islam mainstream seperti MUI dan Kementerian Agama untuk mengintegrasikan program serupa ke dalam kurikulum pendidikan diniyah formal, sehingga literasi astronomi menjadi bagian integral dari pendidikan keagamaan generasi mendatang. Kelima, penelitian lanjutan berbasis action research diperlukan untuk mengeksplorasi efektivitas komparatif berbagai metode pengukuran kiblat (busur derajat vs. kompas vs. aplikasi smartphone) dalam konteks yang beragam, serta mengidentifikasi faktor-faktor kontekstual yang mempengaruhi tingkat adopsi teknologi pengukuran di kalangan masyarakat Muslim. Inisiatif ini pada akhirnya merepresentasikan upaya mikro dalam proyek besar revitalisasi tradisi ilmiah Islam yang mengintegrasikan warisan intelektual klasik dengan inovasi metodologis kontemporer. Dengan memberdayakan santri sebagai agen transmisi pengetahuan, program ini tidak hanya menjawab kebutuhan praktis verifikasi kiblat, tetapi juga menanamkan benih pemikiran kritis dan inkuiri ilmiah yang esensial bagi kebangkitan peradaban Islam di era modern.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Tim pengabdian menyampaikan apresiasi mendalam kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UIN Sulthan Thaha Saifuddin Jambi atas dukungannya. Penghargaan khusus disampaikan kepada pimpinan dan segenap civitas akademika Yayasan Perguruan Pondok Pesantren As'ad Jambi, khususnya Bapak Abdul Hamid, S.Pd. selaku Sekretaris Yayasan yang memfasilitasi pelaksanaan program dengan penuh dedikasi. Terima kasih juga kepada seluruh peserta yang telah berpartisipasi aktif dan berkontribusi pada kesuksesan program ini.

DAFTAR REFERENSI

- Budiwati, A. (2021). Pengembangan pembelajaran ilmu falak daring melalui website. *Refleksi Pembelajaran Inovatif*, 3(1), 42-58. <https://doi.org/10.20885/rpi.vol3.iss1.art4>
- Fairuz, F., & Rosyada, A. (2020). “Modul praktikum falak: Penentuan arah kiblat dan penentuan awal bulan qamariyah”. Yogyakarta: CV Gerbang Media Aksara.
- Izzudin, A. (2012). Metode penentuan arah kiblat dan akurasinya. *Proceedings of Annual International Conference on Islamic Studies (AICIS)*, 1247-1268. Surabaya: IAIN Sunan Ampel.
- Izzudin, A. (2017). *Ilmu falak praktis: Metode hisab-rukyat praktis dan solusi permasalahannya*. Semarang: Pustaka Rizki Putra.
- Kementerian Agama RI. (2013). *Buku saku hisab rukyat*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam.
- Khazin, M. (2004). *Ilmu falak dalam teori dan praktik*. Yogyakarta: Buana Pustaka.
- Majelis Ulama Indonesia. (2010). *Fatwa Majelis Ulama Indonesia Nomor 5 Tahun 2010 tentang Hisab dan Rukyat*. Jakarta: MUI Pusat.
- Nur, M., et al. (2016). *Pedoman praktikum falak*. Manado: Fakultas Syariah IAIN Manado. Retrieved from <http://fasya.iain-manado.ac.id/wp-content/uploads/2019/03/Pedoman-Pratikum-Falak.pdf>
- Roy, A. E., & Clarke, D. (2003). *Astronomy principles and practice* (4th ed.). London: Taylor & Francis.
- Sado, A. B. (2015). *Arah kiblat: Suatu kajian syariah dan sains astronomi*. Mataram: Penerbit Sanabil.
- Sukmadinata, N. S. (2009). *Pengembangan kurikulum: Teori dan praktik*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 3 Tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi.
- Azhari, S. (2012). Ilmu falak: Perjumpaan khazanah Islam dan sains modern. *Al-Jami'ah: Journal of Islamic Studies*, 50(1), 151-174. <https://doi.org/10.14421/ajis.2012.501.151-174>
- Hambali, S. (2011). *Ilmu falak 1: Penentuan awal waktu shalat & arah kiblat seluruh dunia*. Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo.
- Hidayat, A. (2018). Kontribusi observatorium ilmu falak dalam pengembangan ilmu pengetahuan Islam di Indonesia. *Istinbath: Jurnal Hukum Islam*, 17(1), 127-148. <https://doi.org/10.20414/ijhi.v17i1.56>
- Murtadho, M. (2014). Ilmu falak praktis: Metode hisab awal waktu shalat, awal bulan qamariyah, dan arah kiblat dengan pendekatan segitiga siku-siku. *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 1(1), 1-14.
- Nashiruddin, M. (2013). Kalender hijriyah universal: Kajian atas sistem dan prospeknya di Indonesia. *Al-Ahkam*, 23(2), 194-210. <https://doi.org/10.21580/ahkam.2013.23.2.14>
- Rofiuddin, A. (2015). Astronomical calculations in determining prayer times and qibla direction: A historical review of Islamic astronomy development in Indonesia. *Journal of Indonesian Islam*, 9(1), 121-145. <https://doi.org/10.15642/JIIS.2015.9.1.121-145>
- Sakirman, S. (2019). Akurasi penentuan arah kiblat masjid-masjid di Kota Yogyakarta. *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy*, 1(1), 37-56. <https://doi.org/10.21580/al-hilal.2019.1.1.3890>