

**UJI KOMPARASI METODE PENENTUAN TITIK BELOK DATA SKY
QUALITY METER (SQM) PADA PENELITIAN AWAL WAKTU SUBUH**

(Komparasi Metode Solver dan Polinomial)

SKRIPSI

Oleh

Tsyah Amilia

NIM. C96219068



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel

Fakultas Syariah dan Hukum

Jurusan Hukum Perdata Islam

Program Studi Ilmu Falak

Surabaya

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tsyah Amilia
NIM : C96219068
Fakultas/Prodi : Syariah dan Hukum/ Ilmu Falak
Judul : Uji Komparasi Metode Penentuan Data Sky
Quality Meter (SQM) pada Penelitian Awal Waktu
Subuh (Solver dan Polinomial)

Menyatakan bahwa skripsi ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Surabaya, 28 Juni 2023
Saya yang menyatakan,



Tsyah Amilia
NIM. C96219068

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang ditulis oleh:

Nama : Tsyah Amilia
NIM. : C96219068
Judul : Uji Komparasi Metode Penentuan Data Sky Quality
Meter (SQM) pada Penelitian Awal Waktu Subuh
(Solver dan Polinomial)

telah diberikan bimbingan, arahan dan koreksi sehingga dinyatakan layak dan
disetujui untuk diajukan kepada Fakultas guna diujikan pada sidang munaqasah.

Surabaya, 28 Juni 2023
Pembimbing,



Adi Damanhuri, M.Si.
NIP. 198611012019031010

PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh:

Nama : Tsyah Amilia

NIM. : C96219043

Telah dipertahankan di depan sidang Majelis Munaqasah Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya pada hari Selasa tanggal 13 Juli 2023 pukul 08.00 – 09.30, dan dapat diterima sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana strata satu dalam program studi Ilmu Falak.

Majelis Munaqasah Skripsi:

Penguji I

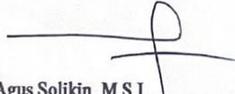


Adi Damanhuri, M.Si
NIP. 198611012019031010
Penguji III

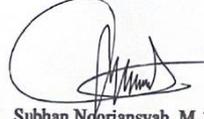
Penguji II



Dr. Muh. Sholihuddin, M.H.I.
NIP. 197707252008011009
Penguji IV



Agus Solikin, M.S.I
NIP. 198608162015031003



Subhan Nqoriansyah, M. Kom
NIP. 199012282020121010

Surabaya, 13 Juli 2023
Mengesahkan,
Fakultas Syariah dan Hukum
Universitas Islam Negeri Sunan Ampel
Dekan,



Musafa'ah, M.Ag.
NIP. 196303271999032001



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Tsyah Amilia
NIM : C96219068
Fakultas/Jurusan : Syariah dan Hukum/Ilmu Falak
E-mail address : c96219068@student.uinsby.ac.id

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 28 Juni 2023

Penulis

(Tsyah Amilia)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

Perbedaan waktu shalat masih sering kita jumpai, perbedaan waktu shalat satu dengan yang lain antara 2 atau 3 menit bahkan puluhan menit, hal tersebut sudah pasti membuat bingung dan khawatir dikalangan masyarakat. Skripsi ini akan menunjukkan waktu subuh yang sesuai dengan memanfaatkan data Sky Quality Meter untuk menentukan titik belok waktu subuh?, serta metode mana dari solver dan polinomial yang lebih efektif untuk penentuan awal waktu subuh menggunakan data *Sky Quality Meter*?

Penelitian dari judul skripsi ini adalah penelitian saintifik dengan ciri pendekatan kuantitatif. Data primer yang didapatkan dari hasil pengamatan dilapangan menggunakan data *Sky Quality Meter* LAPAN Pasuruan dengan pengamatan terstruktur, penelitian ini menggunakan sampel data (SQM) dari daerah LAPAN Pasuruan di bulan Agustus 2019 dengan banyaknya data sekitar 30 data.

Komparasi yang dilakukan pada data *Sky Quality Meter* menunjukkan bahwa metode yang paling baik antara keduanya adalah solver. Solver memiliki hasil paling baik di buktikan dari data asli dan fitting solver memiliki jarak paling sedikit. Parameter dalam menentukan ke efektifan antara solver dan polinomial menggunakan *Roots Mean Square Error* (RMSE). Hasil RMSE yang didapatkan dari data solver 0,134 dan polinomial 1.009. Dari hasil tersebut bisa disimpulkan bahwa solver memiliki hasil *Roots Mean Square Error* lebih kecil dibandingkan dengan polinomial. RMSE yang muncul makin kecil maka semakin baik dan mendekati benar pengelompokkan data tersebut.

Penelitian ini hanya dilakukan dalam periode satu bulan tepatnya di bulan Agustus 2019, untuk hasil yang lebih akurat perlu dilakukan minimal enam bulan atau satu tahun pengolahan data *Sky Quality Meter*.

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
PENGESAHAN	v
KEMENTERIAN AGAMA	Error! Bookmark not defined.
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA	Error! Bookmark not defined.
PERPUSTAKAAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TRANSLITERASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah dan Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian	6
E. Penelitian Terdahulu	7
F. Definisi Operasional	9
G. Metode Penelitian	11
H. Sistematika Pembahasan	13
BAB II TINJAUAN UMUM WAKTU SHALAT, SKY QUALITY METER, POLINOMIAL DAN SOLVER	15
A. Pengertian Waktu Shalat	15
B. Tinjauan Fajar Shadiq dan Fajar Kazib.....	18

C. Data Perhitungan Awal Waktu Shalat	21
D. Sky Quality Meter.....	22
E. Solver	30
F. Polinomial.....	30
G. Roots Mean Square Error (RMSE)	31
BAB III METODE PENENTUAN TITIK BELOK PADA DATA SKY QUALITY METER DENGAN SOLVER DAN POLINOMIAL	32
A. Penentuan Titik Belok Data Sky Quality Meter dengan Metode Solver	32
B. Penentuan Titik Belok Data Sky Quality Meter dengan Metode Polinomial	40
C. Roots Mean Square Error (RMSE) Metode Solver dan Metode Polinomial	44
BAB IV ANALISI HASIL SOLVER DAN POLINOMIAL MENGGUNAKAN ROOTS MEAN SQUARE ERROR	52
A. Solusi Titik Belok Data Sky Quality Meter.....	52
B. RMSE antara Metode Solver dan Polinomial	59
BAB VPENUTUP.....	63
A. Kesimpulan	63
B. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Shalat adalah bentuk komunikasi antara manusia kepada Allah Swt, shalat juga memiliki waktu-waktu khusus dan terbatas. Shalat sendiri tidak bisa dilakukan sesuai keinginan hati seseorang melainkan harus sesuai dengan pedoman waktu shalat umat muslim, penentuan awal waktu shalat perlu dilakukan agar ibadah yang dilakukan tepat pada waktu yang seharusnya. Hal ini karena shalat bisa tidak diterima apabila dilakukan sebelum waktunya.¹ Urgensi penelitian awal waktu subuh secara komprehensif di wilayah Indonesia maupun global, diperlukan untuk melihat gambaran yang jelas akan karakteristik perubahan parameter-parameter awal waktu subuh pencarian atau perumusan kriteria yang ideal sesuai dengan posisi matahari serta realita kecerlangan langit.

Ada banyak yang harus dilakukan untuk penentuan waktu shalat salah satunya memberikan akurasi waktu yang sesuai menurut syara' yang dibenarkan shalat dan persoalan shalat merupakan persoalan mendasar dan penting bagi umat islam. Masyarakat Indonesia bergantung pada jadwal waktu shalat dari ahli falak terutama yang dikeluarkan oleh kementerian agama Republik Indonesia. Untuk penentuan waktu shalat isya' dan subuh lebih sulit dibandingkan dengan waktu shalat dhuhur, ashar, dan magrib karena pergerakan matahari dapat diukur dengan panjang bayangan yang terlihat jelas sedangkan untuk isya' dan subuh posisi

¹ Isyvina Unai Zahroya et al., *QUALITY METER TERHADAP AKURASI WAKTU SALAT (Studi Pemikiran Prof. Thomas Djamaluddin)*, Skripsi, 2019.

matahari berada di bawah horizon. Syaikh Mamduh Bin Farhan Al-Buhairi berpendapat tentang Salah kaprah Waktu Shalat Subuh, Indonesia terlalu cepat 24 menit sebelum fajar Shadiq muncul beliau juga mengatakan bahwa terlalu cepatnya adzan subuh termasuk bid'ah yang berarti bagi siapa yang melakukan hal tersebut sudah pasti akan mendapat dosa karena melakukan shalat sebelum waktunya.²

Penulis akan membahas tentang awal waktu subuh yang beberapa waktu ini menjadi isu yang hangat hingga menjadi kajian intensif khususnya para ahli dan pegiat falak, hal ini tidak hanya berada di Indonesia tetapi juga di Malaysia dan negara-negara Timur Tengah lainnya. Waktu shalat subuh dimulai saat terbitnya fajar *shadiq* hingga sebelum matahari terbit. Saat posisi matahari berada -20° di bawah ufuk timur waktu bintang-bintang yang sudah mulai redup karena cahaya dari fajar *shadiq*. Fajar *shadiq* memiliki pengertian dalam ilmu falak sebagai awal dari fajar astronomi atau *astronomical twilight*, munculnya cahaya ini saat menjelang terbitnya matahari di ufuk timur yang posisinya sekitar 180° di bawah ufuk atau jarak zenith matahari 108° . Pendapat lain juga memiliki kriteria seperti -18° sampai -13° atau -19° dan juga -20° hal ini tidak lain karena dipengaruhi oleh faktor alam, tinggi tempat, kondisi cuaca, polusi udara, dan cahaya ataupun faktor saat pengoprasian alat dan orang ketika mengobservasi.

² Hafidz Ayatullah, "STUDI ANALISIS FAJAR KAZIB DAN FAJAR SHADIQ," 2018 2, no. 1 (2018).

Problematika yang sering menjadi kekhawatiran oleh ahli falak saat awal waktu subuh ialah berbenturannya prespektif fiqih dan prespektif astronomi.³ Konsep astronomi sendiri membagi tiga macam fajar yang semua bergantung pada posisi matahari terhadap ufuk dari pengamat yakni *Civil Twilight*, *Nautical Twilight*, dan *Astronomical Twilight*. Para ulama sendiri hanya membagi konsep fajar hanya menjadi dua bagian yakni fajar kidzib dan fajar *shadiq*. Awal waktu subuh di tandai saat datangnya fajar *shadiq* tetapi karena adanya fajar kidzib yang biasanya fajar palsu membuat kekhawatiran karena jika ada sedikit saja kesalahan dalam membedakan antara keduanya maka tidak sah shalat subuh yang dilakukan karena tidak sesuai.

Meskipun ada kesulitan dalam melihat matahari karena ada di bawah horizon, namun tetap ada perubahan pada tingkat kecerlangan langit. Perubahan yang tidak signifikan akibat dari matahari yang terus menjauh di bawah horizon membuat pengukuran tingkat kecerahan langit membutuhkan sensor yang sensitif salah satunya menggunakan sky quality meter.⁴ *Sky Quality Meter* sendiri merupakan alat buatan dari UNIHEDRON berupa fotometer untuk melihat tingkat kecerlangan langit secara obyektif serta melihat seberapa besar polusi cahaya pada suatu tempat, alat ini masuk ke dalam alat fotometer sederhana yang murah dan ringan dengan ukuran saku yang memiliki sudut pengukuran 20° ke langit dan

³ Unggul Suryo Ardi, "Problematika Awal Waktu Shubuh Antara Fiqih Dan Astronomi," *AL - AFAQ : Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi* 2, no. 2 (2020): 87–102, <https://doi.org/10.20414/afaq.v2i2.2921>.

⁴ Muhammad Fikky Burhanuddin et al., "Perbedaan Penggunaan Sky Quality Meter Terhadap Hasil Observasi Fajar," 2021.

akurasi sekitar 3%.⁵ Satuan SQM yakni MPAS (mag/arcsec^2) yang berarti menangkap perekaman setiap waktu, semakin gelap langit dan semakin banyak bintang maka nilai yang dihasilkan besar.⁶

Solver dan polinomial dalam penelitian ini sangat penting, karena metode ini yang nantinya akan digunakan oleh penulis dalam menemukan hasil terbaik dengan membandingkan dua metode dengan satu data yang sama selama tiga puluh hari dalam bulan Agustus 2019, pengambilan keputusan ini karena dua metode lain selain solver dan polinomial yakni gradien dan regresi linier sudah *tercover* atau bagian dari metode solver dan polinomial.

Berawal dari latar belakang di atas, penulis pada akhirnya tertarik untuk menguji dua metode untuk titik belok pada awal waktu shalat subuh menggunakan Sky Quality Meter untuk mencari mana metode yang paling baik untuk digunakan saat akan mengolah data dari SQM. Penulis mengangkat kajian ini dalam sebuah penelitian yang berjudul “Uji Komparasi Metode Penentuan Data Sky Quality Meter (SQM) pada Penelitian Awal Waktu Subuh (Solver dan Polinomial)”.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

⁵ Abu Yazid Raisal et al., “Pemanfaatan Metode Moving Average Dalam Menentukan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sky Quality Meter (SQM),” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 5, no. 1 (2019): 1–13, <https://doi.org/10.30596/jam.v5i1.3121>.

⁶ M. Asep Rizkiawan, Rosalina Rosalina, and Emilia Roza, “TEKNIK MENENTUKAN WAKTU HILANGNYA SYAFAQ (CAHAYA MERAH) MENGGUNAKAN SQY QUALITY METER (SQM) DENGAN METODE TITIK POTONG (CUTOFF),” *Jurnal Kumparan Fisika* 4, no. 2 (August 30, 2021): 103–111, <https://doi.org/10.33369/jkf.4.2.103-111>.

B. Identifikasi Masalah dan Batasan Masalah

1. Identifikasi Masalah

Dari penjelasan singkat di atas mengenai latar belakang dengan membandingkan atau mengkomparasi dua metode untuk menentukan titik belok data Sky Quality Meter pada penelitian Awal Waktu Subuh. Adapun masalah-masalah yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- a. Perhitungan dari data SQM sebagai perhitungan praobservasi untuk data Awal Waktu Subuh.
- b. Data SQM mentah akan diolah bentuk excel.
- c. Setelah data sudah diubah kemudian akan di olah kembali ke masing-masing metode yang akan digunakan. Saat proses pengerjaan solver data yang sudah diubah dimasukkan ke excel solver untuk dicari jarak antara hasil solver dengan data ideal apakah sudah sesuai.
- d. Kemudian untuk metode polinomial, metode ini membutuhkan data *solar elevation angle* yang ada di metode solver. Setelah data yang dibutuhkan lengkap perlu dicari turunan akar turunan kesatu untuk mengetahui titik belok pada *sun elevasi*.
- e. Hasil dari data yang paling sedikit selisihnya menjadi parameter untuk menentukan ke-efektifan dari metode solver atau polinomial.

2. Batasan Masalah

Dapat dilihat dari identifikasi masalah yang ditemukan, penulis membatasi masalah sebagai berikut.

- a. Perhitungan menggunakan solver dan polinomial untuk pengukuran Awal Waktu Subuh dari data Sky Quality Meter (SQM).
- b. Metode yang diterapkan untuk penelitian ini metode kuantitatif.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah di jelaskan bersama batasan masalahnya, ada beberapa rumusan masalah yang menjadi pembahasan penelitian ini. yaitu :

1. Bagaimana komparasi penentuan metode solver dan polinomial pada penelitian titik belok awal waktu subuh dengan menggunakan data Sky Quality Meter?
2. Metode apakah yang paling efektif untuk menentukan titik belok data Sky Quality Meter pada penelitian awal waktu subuh?

D. Tujuan Penelitian

Sebagaimana yang telah disebutkan oleh peneliti dalam rumusan masalah maka tujuan penelitian yang dimaksudkan antara lain:

- a. Mengetahui perbandingan dari metode solver dan polinomial terhadap titik belok awal waktu subuh menggunakan data Sky Quality Meter (SQM).
- b. Menganalisis hasil dari data SQM yang sudah diolah menggunakan metode solver dan polinomial. Kemudian menentukan metode mana yang lebih baik dari keduanya untuk penentuan titik belok awal waktu subuh.

E. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan dari penjelasan yang telah di sampaikan oleh penulis, bahwa penelitian ini membahas tentang bagaimana analisis yang tepat untuk mendapatkan hasil yang sesuai untuk penentuan awal waktu subuh yang baik dengan membandingkan hasil dari solver dan polinomial. Berdasarkan keterangan judul diatas maka penelitian yang berkaitan, di antaranya :

Pertama, jurnal tentang pengaruh level malam terhadap solusi titik belok pada data sky quality meter. Jurnal ini membahas tentang level malam dan solusi titik belok untuk mempresentasikan kualitas langit dengan solusi titik belok dimana di dalamnya menggunakan metode solver, hal tersebut untuk menunjukkan adanya korelasi antara level malam dan solusi titik belok bisa disimpulkan secara tidak langsung agar peneliti yang ingin melakukan pengamatan harus memilih lokasi yang memiliki kualitas atau level malam yang baik.⁷ Objek dalam penelitian pada jurnal ini fokus kepada bagaimana menemukan lokasi yang baik untuk pengamatan agar level malam yang di dapat baik atau tinggi sedangkan penulis ingin membandingkan titik belok data sky quality meter menggunakan metode solver dan polinomial untuk menemukan mana yang paling baik untuk penentuan awal waktu subuh.

Kedua, jurnal batas kualitas langit yang ideal untuk lokasi observasi awal waktu subuh. Jurnal ini menentukan batas level malam yang ideal yakni saat tidak

⁷ Adi Damanhuri, Mochammad Zidni Iman Nafiah Say'ri, and Achmad Nurfathoni Arifudin, "Pengaruh Level Malam Terhadap Solusi Titik Belok Pada Data Sky Quality Meter," *Ma'mal: Jurnal Laboratorium Syariah Dan Hukum* 2, no. 3 (February 17, 2022): 219–28, <https://doi.org/10.15642/mal.v2i3.90>.

ada korelasi antara level malam dan solusi titik belok, dengan harapan untuk ahli falak yang ingin melakukan pengamatan awal waktu subuh sebaiknya mengetahui batas level malam tertentu agar tidak berpengaruh pada hasil solusi titik belok.⁸

Jurnal ini memiliki keterkaitan dengan skripsi yang akan diambil, jika jurnal ini fokus hanya menggunakan satu metode, dalam skripsi penulis akan menggunakan dua cara sekaligus untuk dibandingkan.

Ketiga, skripsi dari Isyvina Unai Zahroya tentang uji pengaruh ketinggian tempat dengan data sky quality meter terhadap akurasi waktu shalat. Penelitian ini dilakukan untuk menjawab apakah ada pengaruh antara ketinggian tempat dengan penentuan waktu shalat khususnya subuh dan isya' menggunakan sky quality meter, permasalahan utama yang melatar belakangi penelitian ini setelah ada salah satu ilmuwan yakni Prof. Thomas Djamaluddin mengatakan bahwa tidak perlu adanya koreksi /perhitungan ketinggian pada waktu shalat di daerah tinggi hanya perlu menambahkan rumus tersebut jika berada di gedung tinggi. Dari data yang di ambil ternyata menghasilkan dua kesimpulan ketinggian tempat tidak berpengaruh pada penentuan waktu shalat setelah dihitung menggunakan rumus Prof. Thomas Djamaluddin dan hasil uji pengaruh ketinggian tempat dengan SQM menunjukkan bahwa ketinggian tempat tidak memberikan pengaruh pada waktu shalat isya' dan subuh.⁹ Penelitian ini memiliki kesamaan dalam menggunakan suatu alat untuk mengetahui kebenaran di

⁸ "Batas Kualitas Langit yang Ideal untuk Lokasi Observasi Awal Waktu Subuh," *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 8, no. 1 (June 2, 2022), <https://doi.org/10.30596/jam.v8i1.9355>.

⁹ Zahroya et al., *QUALITY METER TERHADAP AKURASI WAKTU SALAT (Studi Pemikiran Prof. Thomas Djamaluddin)*.

lapangan, namun penelitian beliau fokus pada penentuan waktu shalat isya' dan subuh pada daerah tinggi sedangkan penelitian yang akan di angkat oleh penulis akan fokus kepada mencari titik belok pada awal waktu shalat subuh menggunakan SQM.

F. Definisi Operasional

Skripsi yang berjudul “Uji Komparasi Metode Penentuan Data Sky Quality Meter (SQM) pada Penelitian Awal Waktu Subuh (Solver dan Polinomial)”, agar tidak ada salah pengertian atau penafsiran yang salah dalam memahami judul skripsi di atas, maka penulis perlu menjelaskan tentang beberapa penting dari judul penelitian:

Uji Komparasi : Percobaan untuk mengetahui mutu sesuatu (ketulenan, kecakapan, ketahanan, dan sebagainya).¹⁰ Dalam hal ini yang akan di uji adalah dua metode product moment untuk membuktikan hasil mana yang terbaik terhadap akurasi titik belok awal waktu subuh. Komparasi ialah metode yang biasanya dilakukan untuk membandingkan data-data yang akan di simpulkan dalam konklusi baru, dengan maksud mengetahui perbedaan atau menguji dua kelompok atau lebih.¹¹ Di kesempatan ini penulis ingin menunjukkan bahwa dua metode dengan subjek yang sama bisa dibandingkan untuk menemukan suatu variabel (objek penelitian) dengan harapan antara kedua metode ini bisa memecahkan masalah melalui analisis tentang hubungan sebab akibat dengan mengemukakan perbedaan atau persamaan di dalam masalah tersebut.

¹⁰ <https://kbbi.kemdikbud.go.id/> diakses pada tanggal 05/03/2023.

¹¹ <http://e-journal.uajy.ac.id/8883/3/2MTS02204.pdf> diakses pada tanggal 05/03/2023.

Titik belok : titik belok dalam kalkulus disebutkan sebuah kurva berubah tanda dari positif ke negatif atau sebaliknya. Biasanya kurva juga digunakan juga dalam statistik, ekonomi, teknik.¹² Titik belok dalam skripsi ini untuk menunjukkan sebuah perubahan dalam sebuah grafik yang dihasilkan oleh data.

Sky Quality Meter (SQM): Program yang dibuat oleh Knightware khusus untuk membaca/merekam data kecerlangan langit. SQM fokus untuk mengukur tingkat kegelapan atau dark sky, nilai kecerlangan langit yang dalam satuan mag/arcsec² akan diperoleh ketika langit sudah mulai menunjukan tanda keredupannya.¹³

Metode Solver : solver biasa digunakan pada analisis yang berhubungan dengan nilai optimal maksimum atau minimum untuk menyesuaikan nilai variabel.¹⁴

Metode Polinomial : bentuk polinomial sederhana sendiri sering digunakan saat menghitung jarak atau kecepatan benda yang jatuh dari ketinggian tertentu, menyajikan pola cuaca pada daerah tertentu, lengkungan jalan atau bentuk lintasan roller coaster.¹⁵ Untuk menentukan semua itu perlu menggunakan matematika yakni suku banyak, suku banyak adalah bentuk matematika penjumlahan atau pengurangan dari satu suku atau lebih dengan pangkat

¹² <https://id.wikihow.com/Mencari-Titik-Belok> diakses 05/03/2023.

¹³ Pengaruh Kecerlangan, Langit Terhadap, and Visibilitas Hilal, “Pengaruh Kecerlangan Langit Terhadap Visibilitas Hilal,” *Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang*, 2018.

¹⁴ <https://support.microsoft.com/id-id/office/menetapkan-dan-menyelesaikan-masalah-dengan-menggunakan-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040#:~:text=Solver%20adalah%20program%20tambahan%20Microsoft,rumus%20lain%20pada%20lembar%20kerja> diakses 15/03/2023.

¹⁵ <https://sumberbelajar.seamolec.org/product.php?id=NWFjYzU3MDQ4NjVIYW2YzA1MzIxY2Ez> diakses 28/04/2023.

variabelnya harus bilangan bulat dan tidak negatif. Suku banyak sering disebut juga polinomial.¹⁶

G. Metode Penelitian

a. Jenis Penelitian

Jenis penelitian dari judul skripsi ini adalah penelitian saintifik dengan ciri pendekatan kuantitatif. Penelitian saintifik biasa juga disebut penelitian ilmiah, penelitian ini diharapkan bisa mengoptimalkan penalaran induktif dan deduktif untuk mencari tahu tentang suatu hal.¹⁷ Pendekatan kuantitatif dapat diartikan sebagai metode pendekatan yang berlandaskan pada filsafat positivisme yang digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian dan analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan menguji hipotesis yang telah ditetapkan.¹⁸ Metode pengambilan kesimpulan dimulai dari pemahaman terhadap kasus-kasus khusus ke dalam bentuk kesimpulan umum. Permasalahan yang timbul adalah bentuk kekhawatiran dari hasil keputusan yang sudah dibuat dan di yakini terhadap awal waktu subuh bahwa hasil tersebut benar adanya.

¹⁶ <https://www.ruangguru.com/blog/konsep-dan-nilai-suku-banyak> diakses 28/04/2023.

¹⁷ Musfiqon HM, et al., *Pendekatan Pembelajaran Saintifik*, (Sidoarjo: Nizami Learning Center, 2015) 53.

¹⁸ Winarni Endang, *Teori dan Praktik Penelitian Kuantitatif, Kuantitatif, PTK, R & D*, (Jakarta: Bumi Aksara, 2018) 24.

b. Data

Data merupakan keterangan yang benar dan nyata. Didalamnya memuat dokumen pustaka, barang atau keadaan. Data terbagi menjadi dua yakni data sekunder dan data primer:

1) Data primer

Data primer yang didapatkan dari hasil pengamatan dilapangan. Penulis menggunakan data Sky Quality Meter LAPAN Pasuruan dengan pengamatan terstruktur.

2) Data sekunder

Data sekunder dari penelitian ini berdasarkan dari buku, jurnal atau terkait dokumen pendukung untuk penelitian ini. Untuk lebih menunjang penulis juga memasukan beberapa informasi berdasarkan internet dan juga data yang memiliki hubungan langsung awal waktu subuh

c. Teknik Pengumpulan Data

Penulis juga melakukan metode atau teknik pengumpulan data untuk mendapatkan hasil yang baik dan benar, pengumpulan data yang digunakan adalah dokumentasi. Dokumentasi yang dilakukan saat penelitian merupakan sumber informasi, pada penelitian mendokumentasi semua hasil kerja baik berupa data, informasi dan pengetahuan dalam suatu sistem dokumentasi yang benar.¹⁹ Dari sana akan terwujud suatu kumpul informasi sebagai modal

¹⁹ Blasius Sudarsono, "Dokumentasi, Informasi, Dan Demokratisasi," *Baca: Jurnal Dokumentasi Dan Informasi* 27, no. 1 (2003), <http://dx.doi.org/10.14203/j.baca.v27i1.67>.

dasar pusat informasi, yang nantinya akan dijadikan riset mendalam untuk penulis mempertajam penelitian.

d. Teknik Analisis Data

Semua data yang sudah diperoleh kemudian akan dianalisis menggunakan deskriptif analitik yakni metode penelitian yang akan meneliti dan menemukan informasi semaksimal mungkin yang dihasilkan oleh *Sky Quality Meter*. Semua hasil yang didapat akan diolah dalam dalam dua metode solver dan polinomial.

H. Sistematika Pembahasan

Sistematis penelitian agar lebih mudah di pahami pembahasannya, penulis akan membuat struktur dari sistematika penelitian sebagai berikut.

Bab I Pendahuluan, memuat sistematika pembahasan yang meliputi: Latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, kajian pustaka, tujuan penelitian, kegunaan hasil penelitian, definisi operasional, metodologi penelitian dan sistematika pembahasan.

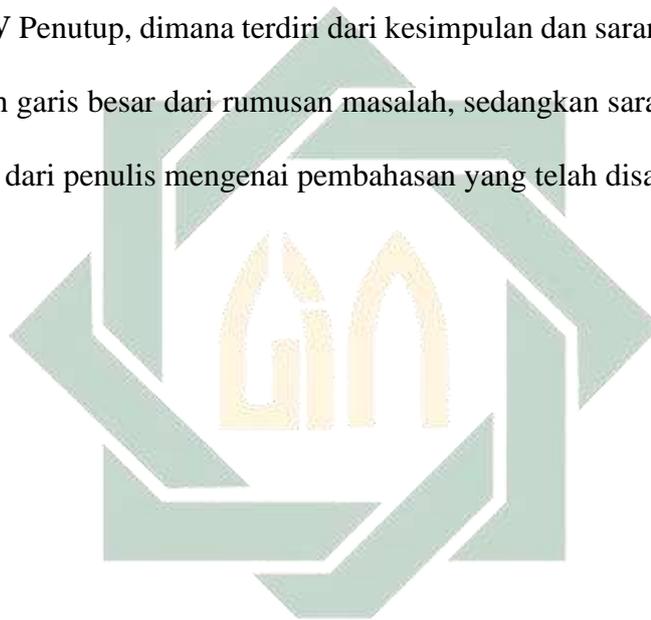
Bab II Kerangka Konseptual yang didalamnya memuat definisi titik belok untuk awal waktu subuh menggunakan solver serta polinomial berdasarkan kriteria yang tepat sesuai ketetapan Al-Qur'an dan juga Hadist, yang kemudian dijelaskan lebih dalam secara sistematis dari data penelitian yang sudah di dapat.

Bab III Data Penelitian, pembahasan yang terkandung di dalamnya menyangkut data Sky Quality Meter (SQM) dari daerah LAPAN Pasuruan,

menampilkan data yang di dapat dari SQM selama satu bulan, di bulan Agustus 2019 dengan banyaknya data sekitar 30 data.

Bab IV Analisis Data, memuat hasil penelitian dan menganalisis. Berisi hasil dari perhitungan dari solver maupun polinomial, yang kemudian membandingkan data perhitungan dengan hasil yang didapat (dengan SQM) mana dari kedua nya yang paling baik untuk digunakan untuk awal waktu shubuh.

Bab V Penutup, dimana terdiri dari kesimpulan dan saran. Kesimpulan sendiri adalah garis besar dari rumusan masalah, sedangkan saran berisi kritik dan masukan dari penulis mengenai pembahasan yang telah disampaikan.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

TINJAUAN UMUM WAKTU SHALAT, SKY QUALITY METER, POLINOMIAL DAN SOLVER

A. Pengertian Waktu Shalat

Shalat menjadi ibadah yang paling penting bagi umat islam karena berkaitan dengan hal dasar keimanan yang berhubungan langsung dengan Allah SWT, shalat tidak bisa dilakukan berdasarkan keinginan seseorang karena ada pedoman tersendiri untuk melakukan ibadah tersebut. Perlu dilakukan penentuan awal waktu shalat sebagai bentuk ijtihad dalam menemukan waktu yang tepat terkait ibadah dengan berpegang pada Al-Qur'an maupun hadist, penentuan awal waktu shalat salah satunya membutuhkan ketepatan waktu sesuai syara' yang dibenarkan.¹

Perbedaan waktu shalat masih sering kita jumpai, beberapa dari waktu tersebut memiliki sumber yang jelas dan yang lain tidak menyebutkan sumbernya. Perbedaan waktu shalat satu dengan yang lain antara 2 atau 3 menit bahkan puluhan menit, hal tersebut sudah pasti membuat bingung dan khawatir dikalangan masyarakat apakah shalat yang dikerjakan sudah sesuai dengan masuknya awal waktu shalat atau belum.² Syarat sah shalat agar diterima ketika seseorang melaksanakan ibadah tersebut ialah sesuai dengan masuknya awal

¹ Zahroya et al., *QUALITY METER TERHADAP AKURASI WAKTU SALAT (Studi Pemikiran Prof . Thomas Djamaluddin)*.

² Nurul Badriyah, "ANALISIS AWAL WAKTU SUBUH DALAM KALENDER FAZILET TERHADAP PELAKSANAAN IBADAH SALAT DAN PUASA DI PP. AL HIKMAH SULAIMANIYAH YOGYAKARTA," n.d.

waktu shalat yang akan dikerjakan, waktu shalat ditentukan dengan menghitung posisi matahari di suatu tempat. Menghitung waktu shalat sama halnya mengukur posisi matahari berdasarkan kriteria yang sudah disepakati oleh beberapa ahli falak.

Waktu Zuhur ditandai saat matahari tergelincir, momen ini terjadi sesudah setengah hari. Setengah hari bisa di artikan dengan antara waktu terbit dan terbenam matahari, posisi matahari saat shalat Zuhur ketika matahari melewati titik zenith (jarak sepanjang lingkaran vertikal mulai dari ufuk sampai ke titik pusat benda langit). Dalam ketentuan syara' masuknya awal waktu zuhur saat panjang bayang-bayang sepanjang dirinya, selain dari waktu tersebut shalat tidak dianggap sah.³

Waktu Asar ditetapkan ketika bayang-bayang benda yang telah ada pada saat *istiwa'* (tengah hari) sudah bertambah dengan sepanjang bendanya atau dengan kata lain bayangan dua kali lebih panjang daripada panjang bendanya sendiri, hal ini terjadi ketika matahari berkulminasi (benda langit mencapai titik tertinggi). Shalat yang dikerjakan lebih dari waktu yang seharusnya bisa mengakibatkan tidak sahnya shalat.⁴

Waktu Magrib terjadi saat matahari masuk pada saat matahari terbenam, matahari dikatakan terbenam apabila seluruh piringannya berada dibawah ufuk/horizon. Dengan kata lain matahari sudah bersinggungan dengan horizon

³ Abd Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis*, (Surabaya: Imtiyaz, 2016), 73.

⁴ Badriyah, "ANALISIS AWAL WAKTU SUBUH DALAM KALENDER FAZILET TERHADAP PELAKSANAAN IBADAH SALAT DAN PUASA DI PP. AL HIKMAH SULAIMANIYAH YOGYAKARTA."

sebelah barat, waktu shalat magrib biasanya diberikan koreksi atau tambahan waktu 2 menit karena ada larangan tidak boleh melakukan shalat tepat saat matahari terbenam atau terbit. Selain penjelasan waktu tersebut dan koreksi waktu diberikan shalat tidak boleh dilakukan karena bisa berpengaruh pada sahnya shalat.⁵

Waktu Isya' terjadi ketika *syafaq* atau mega sudah menghilang. Selepas terbenam, matahari terus turun menjauhi ufuk. Efek terang membentuk citra hamparan mega terus turun mengalami penurunan reduksi hingga akhirnya posisi matahari berada pada 18 derajat dibawah horizon dan langit seutuhnya menjadi gelap. Shalat harus benar-benar dilakukan sesuai waktu yang seharusnya tidak boleh lebih atau kurang dari waktu yang sudah ditetapkan untuk umat muslim dan hal itu harus disadari betul agar shalat yang dikerjakan diterima.⁶

Waktu Subuh dimulai saat munculnya fajar terakhir, fajar *shadiq* muncul lebih dulu dibanding fajar *kazib*. Jadi bisa ditarik kesimpulan bahwa shalat subuh ada di antara *fajar kazib* dan *fajar shadiq*, dengan ketinggian matahari 20 derajat di bawah horizon saat bintang-bintang sudah mulai meremang akibat dari redupnya cahaya *fajar shadiq*. Shalat wajib dilakukan sesuai waktu yang sudah ditetapkan tidak bisa dilakukan melebihi batas waktu tersebut karena berakibat shalat yang dilakukan tidak sah.⁷

⁵ Nailur Rahmi, "PENYATUAN ZONA WAKTU DAN PENGARUHNYA TERHADAP PENETAPAN AWAL WAKTU SHALAT," n.d.

⁶ Zahroya et al., *QUALITY METER TERHADAP AKURASI WAKTU SALAT (Studi Pemikiran Prof. Thomas Djamaluddin)*.

⁷ Ibid.

B. Tinjauan Fajar Shadiq dan Fajar Kazib

Fajar *kazib* (*False Dawn*) juga sering digambarkan bentuk ekor serigala (tegak vertikal) diidentifikasi sebagai fenomena hamburan sinar matahari oleh debu-debu antar planet yang tersebar oleh ekliptika, yaitu bidang tempuh jarak gerak semu tahunan matahari. Fajar *Kazib* juga sering kali disebut sebagai fajar ‘bohong’ akibat dari pantulan cahaya matahari yang sampai ke horizon menghilang hingga langit menjadi gelap kembali.⁸ Fajar *shadiq* (*True Dawn*), di jelaskan bentuk fenomena hamburan sinar matahari oleh atmosfer di langit ufuk timur yang menjadi tempat terbitnya matahari.⁹ Fajar shadiq biasa disebut *the true dawn* yang memiliki arti ‘yang benar atau nyata’ Al Qurthubiy juga menjelaskan tujuan yang ingin didapatkan yaitu tabayyun (kejelasan sesuatu hingga jelas dan benar dengan keadaan sesungguhnya) dengan jelas, terang dan tampak, awal waktu subuh harus dalam keadaan cahaya matahari yang nyata dan terlihat jelas di ufuk timur.¹⁰

Penjelasan sebelumnya sudah memuat tentang posisi matahari yang berperan penting terhadap masuknya awal waktu shalat. Waktu shalat ada lima yaitu zuhur, asar, magrib, isya’ dan subuh. Awal waktu subuh lebih sulit dibandingkan oleh waktu shalat lain, waktu subuh memiliki tanda paling samar hal ini juga dipengaruhi oleh kondisi langit akibat dari bangunan tinggi,

⁸ Muhammad Fikky Burhanuddin, “PERBEDAAN PENGGUNAAN SKY QUALITY METER TERHADAP HASIL OBSERVASI FAJAR SHODIQ KE ARAH UFUK TIMUR DAN ZENITH SKRIPSI,” June 2021.

⁹ Abd Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis*, (Surabaya: Imtiyaz, 2016), 81.

¹⁰ Sudarmadi Putra, “FAJAR SHADIQ DALAM PRESPEKTIF ASTRONOMI,” n.d.

penerangan buatan, banyaknya polusi udara dan asap dari pabrik. Fajar dalam ilmu astronomi terbagi menjadi 3 macam yaitu fajar astronomi (*astronomical twilight*) ketinggian matahari 18 derajat sampai 12 derajat dibawah horizon, fajar ini ada ketika keadaan langit masih gelap dan sulit untuk melihat keadaan sekitar kecuali mata sudah cukup lama beradaptasi di tempat tersebut. Kedua ada fajar nautikal (*nautical astronomi*) ketinggian matahari saat fajar ini ada diketinggian 12 derajat sampai 6 derajat dibawah horizon, di ketinggian tersebut keadaan langit masih terlihat gelap tetapi tidak segelap fajar astromi jadi kita masih bisa melihat benda-benda sekitar tanpa perlu adaptasi meskipun batas horizon antara awan dan pantai tidak terlihat jelas. Ketiga ada fajar sipil (*civil twilight*) keadaan sekitar setelah fajar ini muncul di ketinggian matahari 6 derajat dibawah horizon bisa terlihat jelas karena matahari sudah terpancar dengan hamburan cahaya yang cukup terang sehingga bisa melihat benda-benda disekitar tanpa perlu bantuan cahaya lain seperti lampu.¹¹

Penjelasan shalat subuh juga ada dalam Al-Qur'an dalam al-isra' ayat 78 dan thaha ayat 130. Dalam ayat tersebut menjelaskan ketentuan berupa waktu shalat, dalam surat tersebut juga menegaskan bahwa ibadah shalat sudah ditentukan dengan jelas.

أَقِمِ الصَّلَاةَ لِذُلُوكِ الشَّمْسِ إِلَى عَسَقِ اللَّيْلِ وَقُرْءَانَ الْفَجْرِ إِنَّ قُرْءَانَ الْفَجْرِ كَانَ مَشْهُودًا (٧٨)

“Dirikanlah shalat dari sesudah matahari tergelincir sampai gelap malam dan (dirikanlah pula shalat) subuh. Sesungguhnya shalat subuh itu disaksikan (oleh

¹¹ Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara and Hariyadi Putraga, “Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Kamera DSLR dan Metode Moving Average,” *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika* 6, no. 2 (August 8, 2022): 114–22, <https://doi.org/10.24198/jiif.v6i2.38995>.

malaikat).” (QS. Al-Isra’ : 78)¹²

فَأَصْبِرْ عَلَىٰ مَا يَقُولُونَ وَسَبِّحْ بِحَمْدِ رَبِّكَ قَبْلَ طُلُوعِ الشَّمْسِ وَقَبْلَ غُرُوبِهَا وَمِنْ آنَاءِ اللَّيْلِ فَسَبِّحْ

وَأَطْرَافَ النَّهَارِ لَعَلَّكَ تَرْضَىٰ (١٣٠)

“Maka sabarlah kamu atas apa yang mereka katakan, dan bertasbihlah dengan memuji Tuhanmu, sebelum terbit matahari dan sebelum terbenamnya dan bertasbih pulalah pada waktu-waktu di malam hari dan pada waktu-waktu di siang hari, supaya kamu merasa senang.” (QS. Thaha :130)¹³

Masalah yang sering timbul karena adanya perbedaan dalam dalam mengartikan prespektif fiqih dan astronomi menjadi salah satu sumber masalahnya, fajar kazib yang disebut fajar palsu sering mengecoh saat fajar *shadiq* muncul sebagai penanda awal waktu shalat subuh.¹⁴ Pemahaman yang bisa disimpulkan dari penjelasan keduanya bahwa sebenarnya secara astronomi fajar *shadiq* adalah *astronomical twilight* (fajar astronomi) dengan kesamaan penjelasan antara kedudukan matahari perkiraan ada pada 20 atau 18 derajat dibawah horizon dan munculnya cahaya di ufuk timur.¹⁵

Indonesia disebut terlalu lambat masuk awal waktu subuh, ini terjadi karena tidak seragamnya posisi matahari yang diambil saat pengamatan ataupun dalam menghitung. Ada yang menggunakan 20, 18 hingga 15 derajat. Mereka yang memakai 18 derajat sudah dianggap terlambat masuk awal waktu subuhnya

¹² Lajnah Pentasihan Mushaf Al-Qur’an Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI, *Al-Qur’an dan terjemahannya*, (Jakarta: Departemen Agama RI, 2019). <https://quran.kemenag.go.id/> diakses 24/06/2023.

¹³ ibid

¹⁴ Taufiqurrahman Kurniawan and Fuad Riyadi, “PENDEKATAN BAYANI, BURHANI, DAN IRFANI DALAM MENENTUKAN AWAL WAKTU SUBUH DI INDONESIA,” *Juni 2021* Volume 12, Nomor 1 (n.d.).

¹⁵ Nailur Rahmi, “PENYATUAN ZONA WAKTU DAN PENGARUHNYA TERHADAP PENETAPAN AWAL WAKTU SHALAT,” n.d.

terlebih ada yang memakai konsep 15 derajat.¹⁶ Pendapat lain beranggapan bahwa waktu subuh yang terjadi selama ini terlalu dini hingga 24 menit lebih dulu dari waktu yang seharusnya, ini berakibat pada keabsasahan ibadah seseorang dan sah tidaknya shalat yang dilakukan seseorang.¹⁷

C. Data Perhitungan Awal Waktu Shalat

1. Lintang Tempat (ϕ)

Lintang tempat merupakan lintang kota dimana kita berada atau tempat mana yang akan kita hitung, dihitung dari jarak khatulistiwa/*equator* di hitung sepanjang garis bujur yang melintang hingga ke titik semula. Kita dapat menemukan data lintang di buku falak atau software komputer, bumi memiliki garis pusat yakni garis khatulistiwa/garis khayal. Garis lintang akan memiliki nilai positif apabila ada dibagian utara belahan bumi dan akan bernilai negatif jika berada di belahan selatan bumi.¹⁸

2. Bujur tempat (\wedge)

Garis bujur suatu tempat merupakan jarak garis bujur yang melewati kota Greenwich, yang berada di London sebelah selatan. Penentuan titik bujur pada belahan bumi ditentukan dari titik 0 sampai 180 derajat dari kota Greenwich, garis bujur berada di timur (BT) atau barat (BB).¹⁹

¹⁶ Putra, "FAJAR SHADIQ DALAM PRESPEKTIF ASTRONOMI."

¹⁷ Muhammad Fikky Burhanuddin, "PERBEDAAN PENGGUNAAN SKY QUALITY METER TERHADAP HASIL OBSERVASI FAJAR SHODIQ KE ARAH UFUK TIMUR DAN ZENITH SKRIPSI."

¹⁸ Zahroya et al., *QUALITY METER TERHADAP AKURASI WAKTU SALAT (Studi Pemikiran Prof. Thomas Djamaluddin)*.

¹⁹ Ibid.

3. Deklinasi Matahari (δ_0)

Deklinasi merupakan lingkaran deklinasi yang dihitung dari khatulistiwa hingga matahari.²⁰

4. Perata Waktu/*Equation of Time* (e)

Equation of Time merupakan selisih waktu matahari hakiki yang tidak teratur dengan matahari pertengahan (waktu rata-rata matahari) yang jalannya teratur.²¹

5. Ketinggian Tempat

Ketinggian tempat merupakan jarak yang diukur pengamat dihitung dari permukaan laut. Ketinggian tempat perlu menambah rumus awal waktu shalat jika posisi matahari ada di bawah ufuk.

6. Kerendahan Ufuk

Kerendahan Ufuk atau Dip dipengaruhi oleh ketinggian tempat karena posisi sudut peninjauan dari permukaan laut. Koreksi refraksi diperlukan untuk memperoleh informasi tentang posisi matahari yang sebenarnya, koreksi kerendahan ufuk (DIP/D') dibutuhkan untuk menunjukkan bahwa ufuk yang terlihat itu bukan ufuk yang berjarak 90 derajat dari titik zenith.²²

D. Sky Quality Meter

Sulitnya melihat pergerakan matahari yang menjadi penentu waktu shalat umat muslim karena perbuahan kecerlangan langit yang tidak bisa dilihat dengan

²⁰ ibid

²¹ Akh. Mukarram, *Ilmu Falak*, (Surabaya, Grafika Media, 2012)73.

²² Ibid, 58.

signifikan dan membutuhkan alat lain untuk mendeteksi sensitifitas cahaya sebagai sensor. *Sky Quality Meter* (SQM) bagian dari instrumen citra maupun instrumen *non* citra yang bisa bekerja secara manual ataupun dengan sistem otomatis, alat ini juga sering digunakan saat pengamatan untuk waktu shalat yang sulit dilakukan karena matahari ada di bawah horizon dan biasanya digunakan saat pengamatan waktu shalat isya' dan waktu subuh. Keterbatasan manusia yang memiliki kemampuan yang relatif berbeda, fungsi dari alat ini memudahkan dalam melakukan pengamatan untuk menyelaraskan proses yang sama agar menemukan kesimpulan terbaik.²³

Sky Quality Meter sendiri merupakan alat buatan UNIHEDRON berupa fotometer untuk melihat tingkat kecerahan langit secara objektif dan melihat seberapa besar polusi cahaya di suatu tempat di langit dengan akurasi sekitar 3%. SQM melakukan pengukuran kecerlangan langit malam dengan bentuk magnitudo per detik busur persegi (MPSAS) atau ditulis mag/arcsec² dalam matematika.²⁴ *Sky Quality Meter* memiliki banyak jenis-jenisnya yaitu:

1. Sky Quality Meter-LU (USB)

SQM LU ini membutuhkan USB untuk terhubung dalam mengukur kecerlangan langit, setelah menggunakan SQM ini perlu USB untuk disambungkan ke komputer dan melihat hasil pengamatan yang sudah terekam. Spesifikasi dari SQM LU yakni membutuhkan koneksi USB

²³ Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara and Putraga, "Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Kamera DSLR dan Metode Moving Average."

²⁴ Raisal et al., "Pemanfaatan Metode Moving Average Dalam Menentukan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sky Quality Meter (SQM)."

dengan ukuran 92 x 67 x 28 mm serta maksimal waktu pengambilan sampel ada di 80 detik dan minimum pengampilan sampel di 1 detik.²⁵ SQM ini hanya bisa mengamati tempat yang terbatas karena ada lensa yang terfokus ke satu bidang yang diamati tanpa ada cahaya lain yang mengganggu dalam proses perekaman yang sedang terjadi, fitur yang ada di antaranya : SQM LU memiliki baterai 9V dengan ukuran 92 x 67x 28 mm dan berat SQM ini 0,14 kg serta maksimal waktu pengambilan data ada di 80 detik.

- a. Kecerlangan langit yang di dapat dalam bentuk magnitudo visual per-detik busur persegi
- b. Filter pemblokiran inframerah membatasi pengukuran ke bandpass visual.
- c. Suhu sensor, nomor model, dan nomor seri disediakan.
- d. Pembacaan presisi bahkan di situs tergelap.
- e. Firmware yang dapat di upgrade di lapangan.
- f. *Open protocol*.

Gambar 1 SQM-LU



Sumber: <http://unihedron.com/projects/sqm-lu/>

²⁵ <http://unihedron.com/projects/sqm-lu/> diakses pada 25/06/2023.

2. Sky Quality Meter -LU-DL (Lens USB-Data Longger)

Kecerlangan langit yang diukur dengan SQM ini tidak hanya mengandalkan USB tetapi juga menggunakan Data Longger sebagai alat koneksi otomatis melakukan perekaman data dengan baterai sebagai bantuan tanpa perlu terkoneksi komputer saat melakukan pengamatan. Spesifikasi dari SQM-LU-DL membutuhkan USB sebagai koneksi, ukuran 92 x 67 x 28 mm, sama halnya dengan SQM LU pengambilan sampel maksimum ada di 80 detik dan minimum ada di 1 detik, spesifik lain baterai eksternal yang mendukung untuk *logging* data lapangan menggunakan UDM atau USB yang memiliki daya 5V untuk mendata, kapasitas memori dalam merekam total 1048576 rekaman. Fitur-fitur yang terdapat di SQM-LU-DL adalah :

- a. Mengukur kecerahan langit malam selama pengamatan lapangan secara jarak jauh.²⁶
- b. Dapat membandingkan dan mencari tahu mana kecerlangan langit yang paling bagus di lokasi tertentu secara kuantitatif.
- c. Dokumentasi evolusi polusi cahaya di area pengamatan.
- d. Dapat mengatur iluminasi kubah planetarium untuk meniru langit yang mungkin dialami di kota lain.
- e. Kecerlangan langit dapat dipantau pengamatan dari malam ke malam atau tahun ke tahun.

²⁶ <http://unihedron.com/projects/sqm-lu-dl/> diakses 25/06/2023.

- f. Kecerlangan langit dapat berkorelasi antara siklus matahari dan aktivitas bintik matahari dari bulan ke bulan.

Gambar 2 SQM-LU-DL



Sumber : <http://unihedron.com/projects/sqm-lu-dl/>

3. Sky Quality Meter-LR (Lens RS232)

SQM-LR mengukur kegelapan langit malam untuk merekam data magnitudo perbusur persegi melalui koneksi RS232.²⁷ Spesifikasi SQM-LR yaitu terkoneksi RS232, memiliki ukuran 92 x 67 x 28 mm, maksimum sampel data yang di ambil 80 detik dan minumum data yang di ambil 1 detik. SQM-LR terhubung melalui perangkat port serial standar, perintah dikirim ke SQM-LR menggunakan emulator terminal serial ke port yang terhubung dengan perangkat. Fitur yang ada dalam SQM-LR diantaranya :²⁸

- a. Kecerlangan langit yang diambil dalam bentuk magnitudo visual per detik busur persegi.
- b. Filter pemblokiran inframerah membatasi pengukuran ke bandpass visual.

²⁷https://agenaastro.com/media/documents/unihedron-sqm-lr_users_manual.pdf/diakses 25/06/2023.

²⁸ <http://unihedron.com/projects/sqm-lu-dl/> diakses 25/06/2023.

- c. Suhu sensor, nomor seri disediakan.
- d. Dapat melakukan membaca hasil perekaman secara presisi bahkan saat keadaan paling gelap.
- e. Firmware dapat diupgrade di lapangan.
- f. Buka dokumen protokol.

Gambar 3 SQM-LU-DL



Sumber : <http://unihedron.com/projects/sqm-lu-dl/>

4. Sky Quality Meter-LE (Lens Ethernet)

SQM-LE adalah instrumen yang untuk mengukur kecerlangan langit saat malam hari untuk dengan data yang dihasilkan magnitudo per detik busur persegi dan terkoneksi melalui ethernet. Spesifikasi dari SQM-LE adalah terkoneksi ethernet, sudah termasuk dari adaptor 5-6VDC, memiliki ukuran 92 x 67 x 28 mm, maksimum sampel data yang di ambil 80 detik dan minimum data yang di ambil 1 detik.²⁹ Sensor cahaya (TSL237) memberi mikrokontroler tingkat cahaya dan merekam sensor suhu yang digunakan untuk mengomprensasi pembacaan sensor cahaya untuk berbagai suhu operasi. Perintah yang dikirim dari komputer melalu kabel ethernet ke antarmuka ethernet diteruskan ke mikrokontroler, mikrokontroler merespon

²⁹ <http://unihedron.com/projects/sqm-le/> diakses 25/06/2023.

perintah dengan mengirim string data ke antarmuka ethernet yang akan diteruskan ke komputer. Dan memiliki beberapa fitur diantaranya :³⁰

- a. Kecerlangan langit yang diambil dalam bentuk magnitudo visual per detik busur persegi.
- b. Filter pemblokiran inframerah membatasi pengukuran ke bandpass visual.
- c. Suhu sensor, nomor seri disediakan.
- d. Dapat membaca hasil perekaman secara presisi bahkan saat keadaan paling gelap.
- e. Firmware dapat diupgrade di lapangan.

Gambar 4 SQM-LU-DL



Sumber : <http://unihedron.com/projects/sqm-le/>

5. Sky Quality Menter-L (*Lens*)

Kecerlangan langit di ukur menggunakan SQM salah satu instrumen yang memiliki lensa yang terbatas hanya bisa mengamati pada satu bidang pengamatan dan tidak akan ada cahaya yang bisa mengganggu pengamatan

³⁰https://wiki.lbto.org/pub/Instrumentation/SkyQualityMonitor/SQM-LE_Users_manual.pdf
diakses 25/06/2023.

yang sedang berjalan pada SQM hingga menimbulkan data yang tidak tepat. Spesifikasi dalam SQM-L ialah memiliki baterai dengan daya 9V, berukuran 92 x 67 x 28 mm, berat 0,14 dan waktu sampel maksimum di 80 detik. Dengan fitur yang berada dalam SQM ini ialah :

- a. Sinyal terdengar saat pengukuran berlangsung.
- b. Kecerlangan langit ditampilkan dalam bentuk magnitudo visual per detik busur persegi.
- c. Filter pemblokiran inframerah membatasi pengukuran ke bandpass visual.
- d. Suhu dalam Celcius dan Fahrenheit serta model dan nomor seri ditampilkan dengan urutan tombol yang berbeda.
- e. Fitur hemat daya dirancang untuk masa pakai baterai maksimal.
- f. Perlindungan baterai terbalik.
- g. Dapat membaca hasil perekaman secara presisi bahkan saat keadaan paling gelap.

Gambar 5 SQM-LU-DL

UIN SUNAN AMPEL
S U A Y A



Sumber : <http://unihedron.com/projects/sqm-l/>

E. Solver

Solver adalah salah satu fitur yang ada di Microsoft Excel yang membantu menyelesaikan pemrograman linier, kegunaan ini juga dimaksudkan untuk mempersingkat waktu karena menyelesaikan perhitungan secara manual akan banyak membuang waktu dan kurang bisa menganalisis secara mendalam. Pemrograman linier sebagai bentuk usaha dalam memecahkan masalah kuantitatif. Windows memiliki software berupa program excel yang biasanya berfungsi untuk menyelesaikan masalah berbentuk linier dengan menemukan nilai maksimum dan minimum dalam suatu masalah yang semuanya dalam bentuk linier.³¹

F. Polinomial

Polinomial juga sering disebut sebagai suku banyak yang masuk dalam operasi aljabar. Fungsi aljabar biasanya erat kaitannya dengan pengurang, penambahan, perkalian, dan pembagian.³² Polinomial juga sering dipakai untuk mengukur jarak, ketinggian, bahkan cuaca, lengkungan jalan. polinomial didalamnya antara satu variabel dengan variabel lain berpangkat positif dan bulat.³³

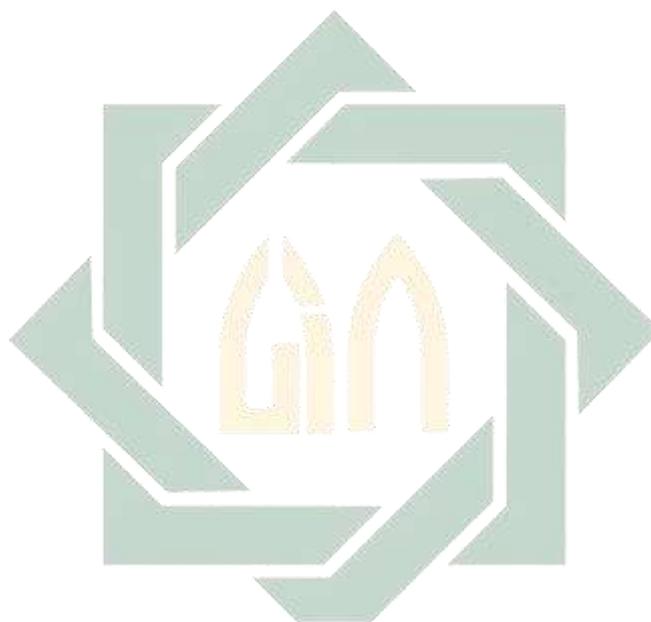
³¹ Himmawati Puji Lestari, "PEMANFAATAN EXCEL SOLVER DALAM PEMBELAJARAN PEMROGRAMAN LINEAR," 14 Mei, 2011.

³² Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, *Penerapan Polinomial dalam Pengembangan Ilmu dan Teknologi Sehari-hari*, (Jakarta: Direktorat Pendidikan, 2017), 1.

³³ Fitri Ayuningsih et al., "Pembelajaran Matematika Polinomial Berbasis STEAM PjBL Menumbuhkan Kreativitas Peserta Didik," *Jurnal Basicedu* 6, no. 5 (June 25, 2022): 8175–87, <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i5.3660>.

G. Roots Mean Square Error (RMSE)

Roots Mean Square Error umumnya digunakan dalam mengukur parameter dalam mengavaluasi hasil dari perhitungan terhadap kesalahan dari prediksi data yang bersifat kuantitatif.³⁴ RMSE yang muncul makin kecil maka semakin baik dan mendekati benar pengelompokkan data tersebut.³⁵



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

³⁴ Adhitio Satyo Bayangkari Karno, "Prediksi Data Time Series Saham Bank BRI Dengan Mesin Belajar LSTM (Long ShortTerm Memory)," *Journal of Informatic and Information Security* 1, no. 1 (May 29, 2020), <https://doi.org/10.31599/jiforty.v1i1.133>.

³⁵ Fitria Febrianti, Moh. Hafiyusholeh, and Ahmad Hanif Asyhar, "PERBANDINGAN PENGKLUSTERAN DATA IRIS MENGGUNAKAN METODE K-MEANS DAN FUZZY C-MEANS," *Jurnal Matematika "MANTIK"* 2, no. 1 (October 30, 2016): 7, <https://doi.org/10.15642/mantik.2016.2.1.7-13>.

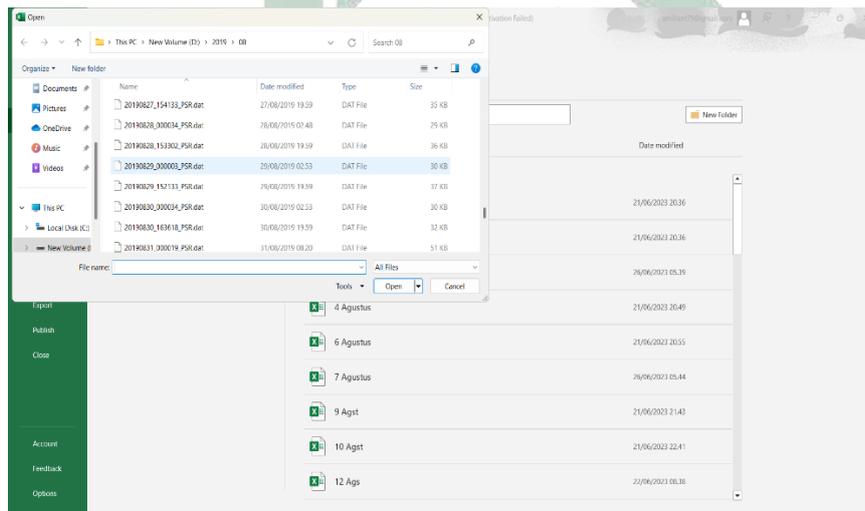
BAB III

METODE PENENTUAN TITIK BELOK PADA DATA SKY QUALITY METER DENGAN SOLVER DAN POLINOMIAL

A. Penentuan Titik Belok Data Sky Quality Meter dengan Metode Solver

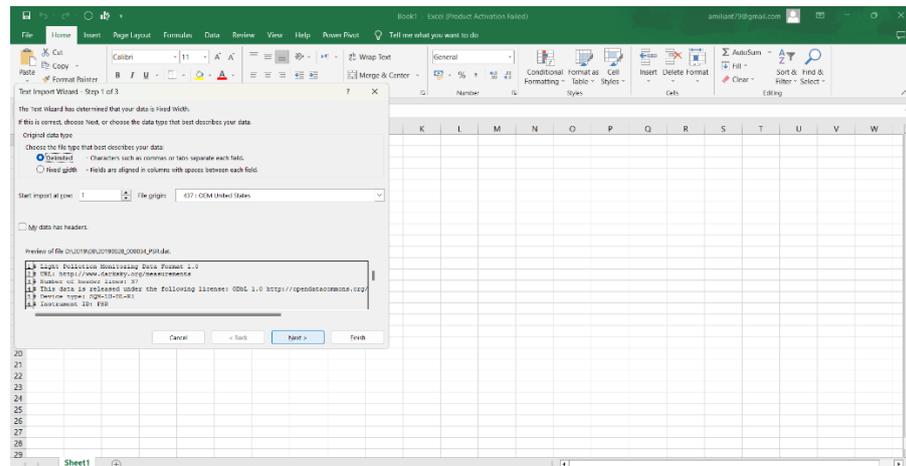
Sebagai contoh menggunakan data mentah/belum di olah pada tanggal 28 Agustus 2019. Pilih data mentah yang belum di olah dari Sky Quality Meter, kemudian ambil di tanggal 28 Agustus 2019 sebagai contoh data yang akan di olah dan diambil di jam 02.48 karena kita akan mengolah data untuk waktu subuh. Langkah-langkah mengolah data waktu subuh:

Gambar 6 Memilih Data Excel



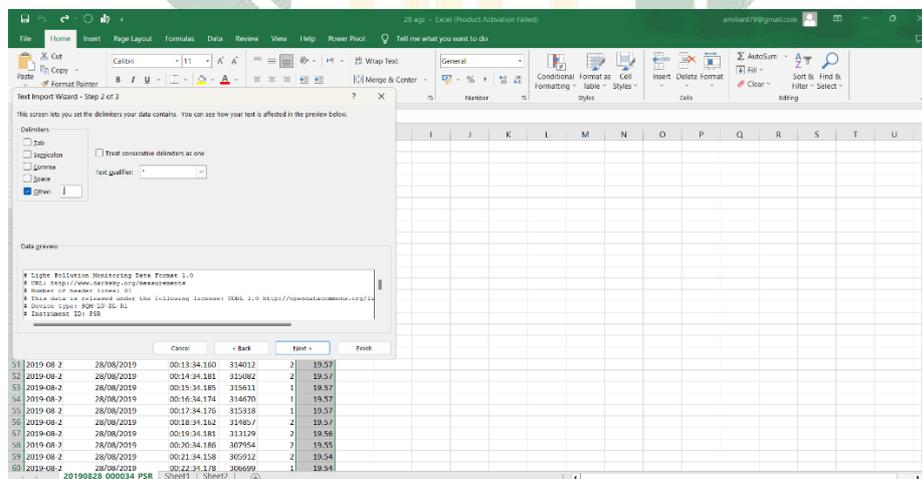
Data mentah dari SQM perlu di olah terlebih dulu sebelum digunakan dan data yang akan digunakan harus dilihat terlebih dengan melihat *size* atau ukurannya karena ada beberapa data yang ukurannya 0 itu sudah bisa dipastikan data tersebut rusak dan tidak bisa di olah.

Gambar 7 Pengelolaan Awal Data



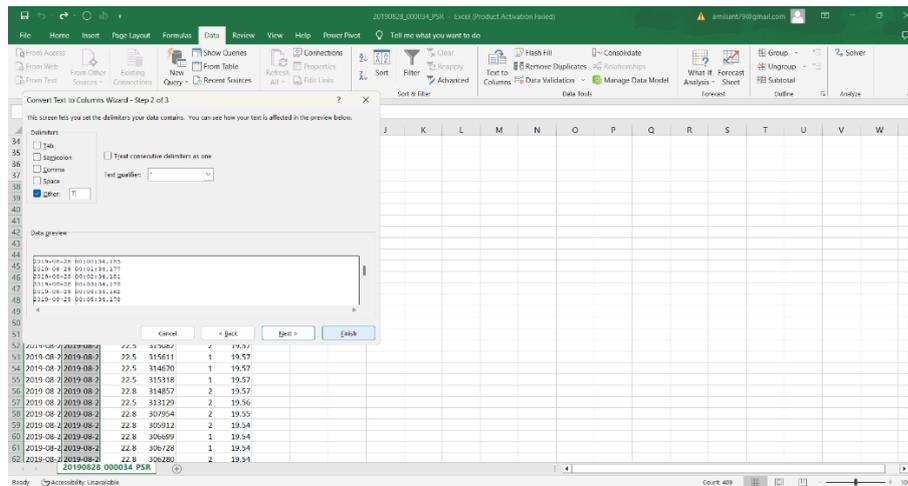
Setelah di buka akan muncul *Text Import Wizard* pilih *Delimited* dan tekan *Finish*. *Delimited* dalam fungsi excel berguna untuk memisah beberapa bagian menjadi bentuk kolom supaya lebih mudah saat mengolah data.

Gambar 8 Memisahkan Kolom Tanggal



Setelah itu pilih *next* dan akan muncul tampilan *Text Import Wizard* seperti ini, bagian centang di *Tab* di klik agar tidak tercentang dan klik di bagian *Other* dan berikan tanda (;) untuk memisahkan antar kolom dan klik *Finish*.

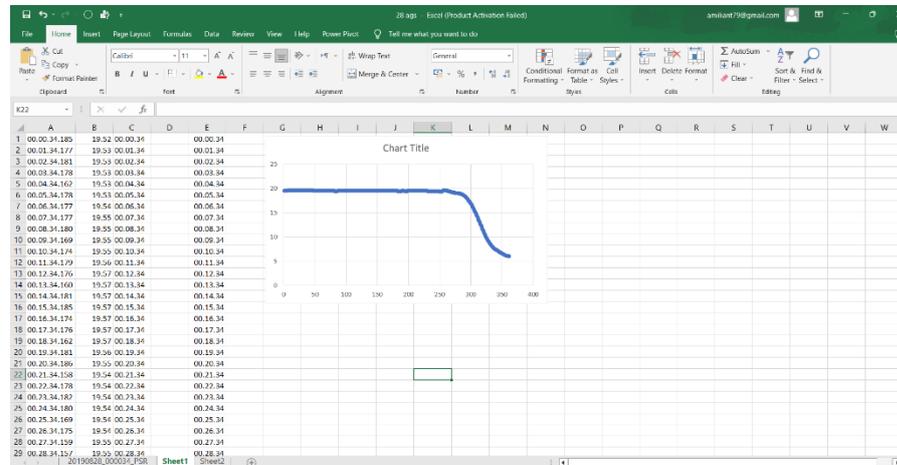
Gambar 9 Memisahkan Kolom Waktu dan MPASS



Kolom kedua berisi tanggal dan jam yang tergabung, untuk memisahkan keduanya perlu membuka *Text to Coloumb* kemudian pilih *Other* dan masukan simbol (T) untuk memisahkan tanggal dan jam. Setelah terlihat sudah terpisah klik *Finish*, setelah langkah tersebut sudah dilakukan jangan lupa untuk mengganti nama file dan disimpan.

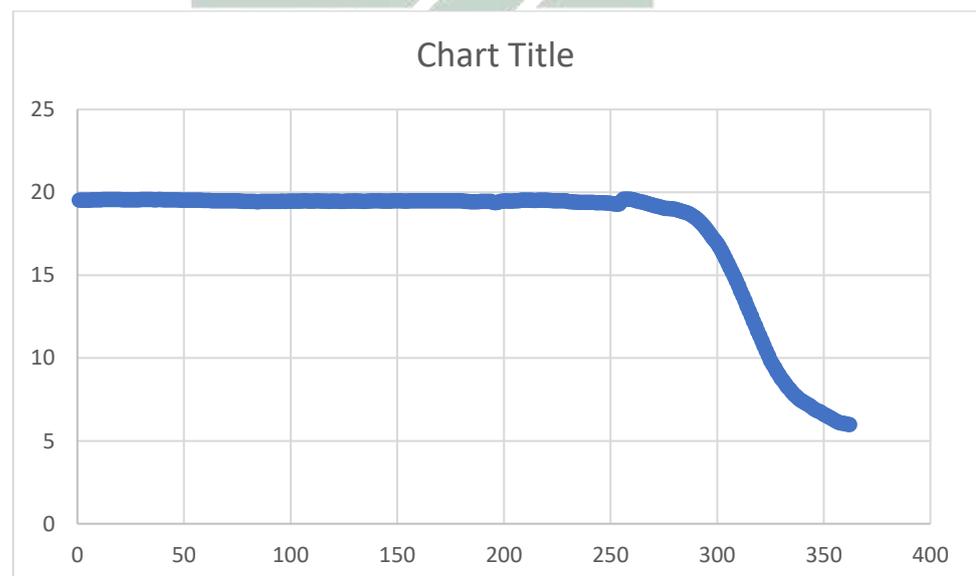
File tersebut harus disimpan dahulu untuk di ubah menjadi data excel. Dalam memberikan *file name* sesuai dengan data yang dikerjakan, setelah itu di *save as type* jangan lupa untuk mengganti tipe dari file tersebut menjadi *excel workbook* supaya berkas tersebut bisa menjadi excel dan bisa tersimpan atau terbaca dalam data excel. jika tidak melakukan langkah ini maka ketika keluar dari data yang di olah file tersebut akan hilang dan memulai kembali dari langkah pertama

Gambar 10 Membuat Grafik

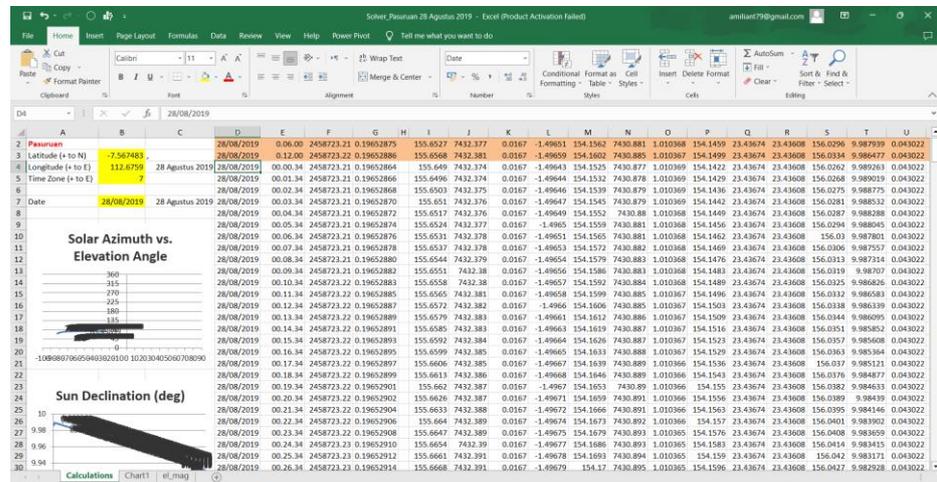


Beralih ke *sheet* lain dan ambil data seperti jam dan MPSAS. Pilih jam dan MPSAS yang ada untuk melihat grafik dari data tersebut, grafik yang bagus dilihat dari tidak ada *noise* yang terekam dalam proses pengamatan dan grafik yang terlihat sangat halus. Data yang bagus terlihat dari grafik yang muncul seperti gambar di bawah ini.

Gambar 11 Grafik Data Mentah



Gambar 12 Pengolahan Data Solver Awal



Buka program excel lain untuk mengolah data solver. Di dalam data solver ini perlu memasukan lintang dan bujur dari daerah yang diamati, data yang diambil dari LAPAN Pasuruan. Mengerjakann solver dalam excel ini perlu mengganti tanggal di kolom 'D' dan kolom 'E' di isi dengan jam yang terdapat pada excel 28 Agustus 2019, jangan lupa untuk menyimpan file sesuai tanggal yang dikerjakan. Excel solver ini akan otomatis memberikan hasil *Solar Elevation Angel* atau ketinggian matahari untuk setelahnya digunakan dalam *sheet* lain dalam mengukur titik belok di data 28 Agustus 2019.

Gambar 13 Data Sun Elevation Angel

Solar Noon Time (LSI)	Sunrise	Sunset	Sunlight Duration (min:sec)	True Solar Time	Hour Angle (deg)	Solar Zenith Angle (deg)	Solar Elevation Angle (deg)	Approximate Solar Elevation Angle (deg)
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10161	35.1485	-171.213	170.9806	-80.9856	0.00092 -80.9817 / 3.78108 original NOAA
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10318	41.1497	-166.713	169.9303	-79.9503	0.00108 -79.9503 / 75.86558 original NOAA
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10045	30.71428	-172.321	172.6351	82.0351	0.00081 82.0343 / 71.74125
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10071	31.73448	-172.071	171.7094	81.7094	0.00083 81.7086 / 72.24948
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10098	32.72168	-171.821	171.2631	81.2631	0.00086 81.2622 / 72.72821
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10124	33.71688	-171.571	171.2062	81.2062	0.00088 81.2053 / 73.17989
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.1015	34.71508	-171.321	171.6887	81.6887	0.0009 81.6878 / 73.63065
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10176	35.71528	-171.071	170.8507	80.8507	0.00093 80.8498 / 74.00999
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10202	36.71548	-170.821	170.1123	80.1123	0.00095 80.1115 / 74.50207
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10228	37.71568	-170.571	170.3739	80.3739	0.00098 80.3721 / 74.75429
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10255	38.71588	-170.321	170.1341	80.1341	0.001 80.1331 / 75.08805
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10281	39.71608	-170.071	169.8944	79.8944	0.00103 79.8934 / 75.42465
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10307	40.71628	-169.821	169.6546	79.6546	0.00105 79.6534 / 75.75225
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10333	41.71648	-169.571	169.4141	79.4141	0.00108 79.413 / 76.03092
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10359	42.71668	-169.321	169.1733	79.1733	0.0011 79.1729 / 76.31283
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10386	43.71688	-169.071	168.9325	78.9325	0.00113 78.9316 / 76.58127
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10412	44.71708	-168.821	168.6914	78.6914	0.00115 78.6903 / 76.83767
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10438	45.71728	-168.571	168.4499	78.4499	0.00118 78.4487 / 77.08259
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.10464	46.71749	-168.321	168.2083	78.2083	0.0012 78.2071 / 77.31567
11.30.51	5.32.48	17.28.54	716.1049	47.71769	-168.071	167.9666	77.9666	0.00123 77.9651 / 77.54087

Salin *Solar Elevation Angel* (ketinggian matahari) di salin ke *sheet el_mag*.

Melihat hasil dari titik belok data 28 Agustus perlu memasukan *Solar Elevation Angel*. Komponen utama dalam mengerjakan data solver adalah data ketinggian matahari dan data magnitudo yang akan membentuk grafik, grafik tersebut untuk melihat titik beloknya.

Gambar 14 Microsoft Excel

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
-82.27002876	19.52	19.47572794			const Level	19.47572794												
-82.03508505	19.53	19.47572794			normalization	167.408311												
-81.79911847	19.53	19.47572794			mean	0.84628909												
-81.56309885	19.53	19.47572794			stdev	5.651917210												
-81.32817955	19.53	19.47572794			skew	0												
-81.08870877	19.53	19.47572794			mean-3*stdev	-16.10661364												
-80.85072927	19.54	19.47572794			mag	19.21												
-80.61217951	19.55	19.47572794																
-80.3733957	19.55	19.47572794			LEVEL MALAM	19.48647059												
-80.13410822	19.55	19.47572794																
-79.89491666	19.55	19.47572794																
-79.65464364	19.56	19.47572794																
-79.41431016	19.57	19.47572794																
-79.17396411	19.57	19.47572794																
-78.93258459	19.57	19.47572794																
-78.69135825	19.57	19.47572794																
-78.4492268	19.57	19.47572794																
-78.2082865	19.57	19.47572794																
-77.96657363	19.57	19.47572794																
-77.72428306	19.56	19.47572794																
-77.48193888	19.55	19.47572794																
-77.2395322	19.54	19.47572794																
-76.99681334	19.54	19.47572794																
-76.75401184	19.54	19.47572794																
-76.5111166	19.54	19.47572794																
-76.26833587	19.54	19.47572794																
-76.02479734	19.54	19.47572794																
-75.78042019	19.55	19.47572794																
-75.5329351	19.55	19.47572794																

Sheet el_mag ini perlu memasukan *Solar Elevation Angel* dan juga magnitudo data 28 Agustus 2019. Magnitudo di ambil dari file excel 28 Agustus,

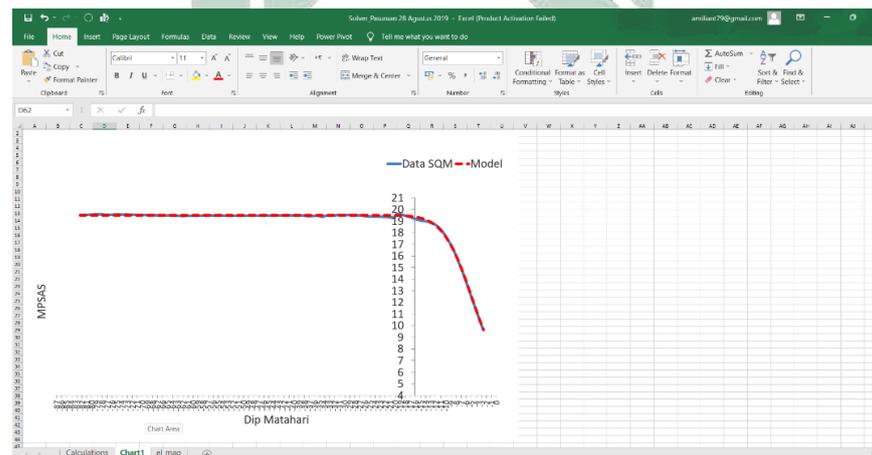
dari gambar di atas hasil yang didapat untuk metode solver adalah -16.10664364.

Berikut adalah hasil lengkap yang ditampilkan oleh data Solver:

Tabel 1 Hasil dari Solver

const. Level	19.47572794
normalization	167.406314
mean	0.84829809
stdev	5.651647243
chi ²	1.312625483
mean-3*stdev	-16.10664364
mag	19.21
LEVEL MALAM	19.48647059

Gambar 15 Grafik Data Solver



Hasil yang didapatkan pada tanggal 28 Agustus 2019 titik belok dalam metode solver adalah -16,10664364. Garis yang berwarna biru merupakan data asli dari SQM dan yang garis yang berwarna merah adalah *fitting* dari solver, grafik di atas menunjukkan bahwa data yang di dapatkan sangat baik karena antara data asli dan *fitting* jaraknya sangat tipis.

Data yang baik sangat berpengaruh dalam menentukan hasil setiap titik belok. Tetapi dalam metode solver jika data SQM yang di dapat tidak bagus,

solver tetap bisa mengolah data tersebut tanpa pengecualian. Ini salah satu keunggulan dari metode solver yang bisa digunakan baik data yang didapat bagus atau tidak solver tetap bekerja seperti seharusnya tanpa ada kendala. Solver juga akan menunjukkan grafik yang didapat secara jelas antara *fitting* dan data asli sekalipun data tersebut tidak bagus. Berikut adalah data hasil pengolahan SQM pada bulan Agustus 2019 menggunakan metode solver.

Tabel 2 Data Solver

No	Tanggal	Solver
1	01/08/2019	-14.685
2	02/08/2019	-15.353
3	03/08/2019	-15.158
4	04/08/2019	-15.038
5	06/08/2019	-15.21
6	07/08/2019	-15.26
7	09/08/2019	-14.193
8	10/08/2019	-13.834
9	12/08/2019	-14.44
10	13/08/2019	-14.173
11	14/08/2019	-12.875
12	18/08/2019	-10.353
13	19/08/2019	-10.646
14	24/08/2019	-15.839
15	26/08/2019	-14.383
16	27/08/2019	-15.135
17	28/08/2019	-16.106
18	30/08/2019	-15.308

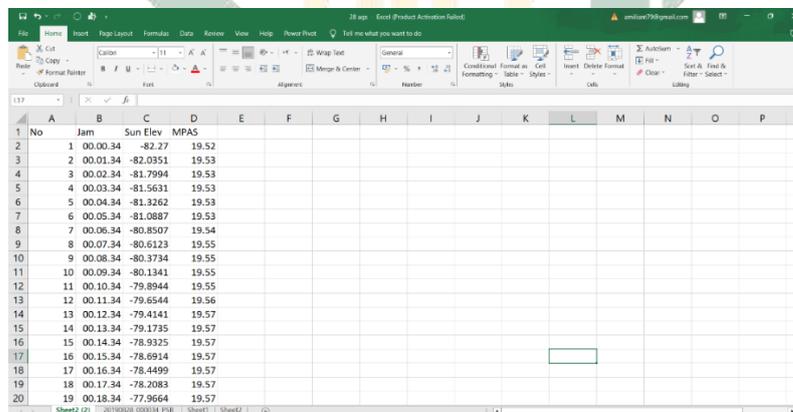
Data Sky Quality Meter (SQM) di atas menunjukkan hasil dari pengolahan menggunakan metode solver pada bulan Agustus 2019 titik belok yang terjadi di bawah 20 derajat. Data yang dihasilkan dari 30 hari yang bisa di olah hanya 18 data dan sisa dari data lain tidak bisa digunakan karena ada hari yang tidak terekam atau *noise* yang ada terlalu buruk sekalipun dalam metode solver tetap di

olah. *Noise* (gangguan) yang ada biasanya terjadi disebabkan adanya benda langit yang lewat contohnya komet yang sedang lewat, gangguan cahaya lain juga berpengaruh apabila ada petir dan hal lainnya.¹

B. Penentuan Titik Belok Data Sky Quality Meter dengan Metode Polinomial

Dalam pembahasan ini akan dijelaskan langkah-langkah apa yang harus dilakukan dalam melakukan pengolahan data Sky Quality Meter menggunakan metode polinomial sebagai bentuk upaya dalam menemukan titik belok waktu subuh dengan menggunakan data LAPAN Pasuruan. Sebagai contoh menggunakan data mentah/belum di olah pada tanggal 28 Agustus 2019. Langkah-langkah yang dilakukan dalam mengolah penentuan awal waktu subuh menggunakan *Sky Quality Meter* adalah sebagai berikut :

Gambar 16 Pengolahan Awal Data Polinomial

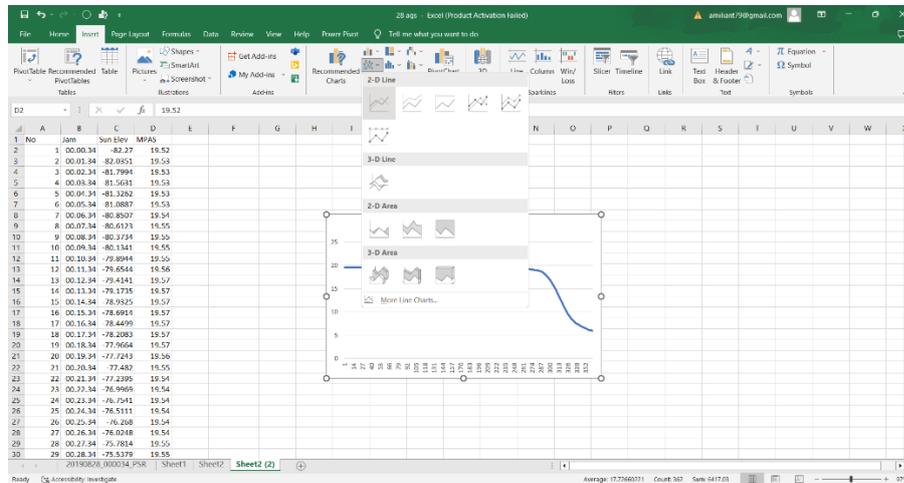


No	Jam	Sun Elev	MPAS
1	00.00.34	-82.27	19.52
2	00.01.34	-82.0351	19.53
3	00.02.34	-81.7994	19.53
4	00.03.34	-81.5631	19.53
5	00.04.34	-81.3262	19.53
6	00.05.34	-81.0887	19.53
7	00.06.34	-80.8507	19.54
8	00.07.34	-80.6123	19.55
9	00.08.34	-80.3734	19.55
10	00.09.34	-80.1341	19.55
11	00.10.34	-79.8944	19.55
12	00.11.34	-79.6544	19.56
13	00.12.34	-79.4141	19.57
14	00.13.34	-79.1735	19.57
15	00.14.34	-78.9325	19.57
16	00.15.34	-78.6914	19.57
17	00.16.34	-78.4499	19.57
18	00.17.34	-78.2083	19.57
19	00.18.34	-77.9664	19.57

Pertama yang harus dilakukan saat mengerjakan polinomial adalah dengan menyalin beberapa data seperti jam, *sun elevation* (data diambil dari excel solver), MPAS.

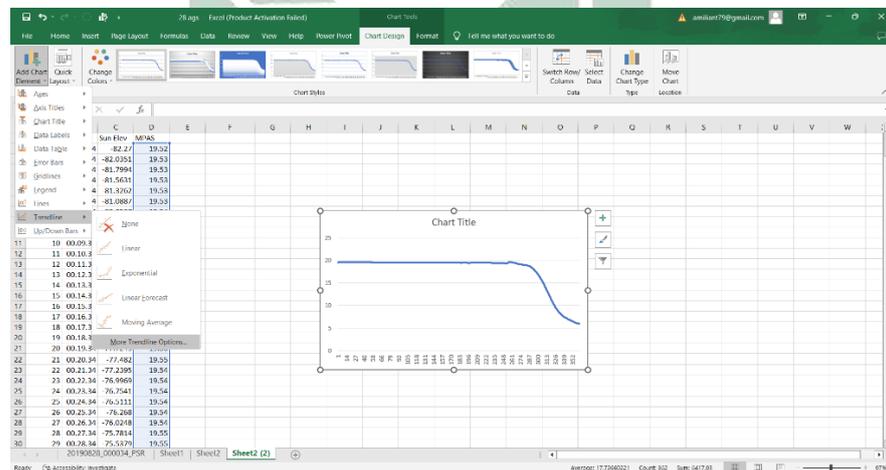
¹ Hariyadi Putraga et al., "PENENTUAN WAKTU MALAM MENGGUNAKAN SKY QUALITY METER DENGAN PENDEKATAN MOVING AVERAGE," *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika* 8, no. 2 (November 12, 2022): 313, <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i2.11363>.

Gambar 17 Pemilihan Bentuk Grafik

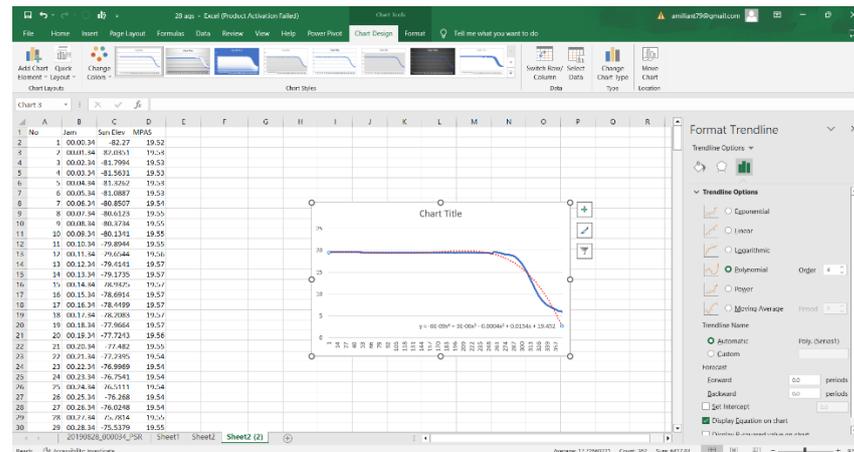


Pilih bagian MPSAS kemudian pilih *insert* dan klik gambar seperti digambar untuk membuat grafik polinomial. Grafik ini nantinya akan digunakan dalam menemukan variabel y yang kemudian akan di olah untuk menemukan titik belok yang pas dalam metode polinomial.

Gambar 18 Proses Pemilihan Garis Untuk Grafik

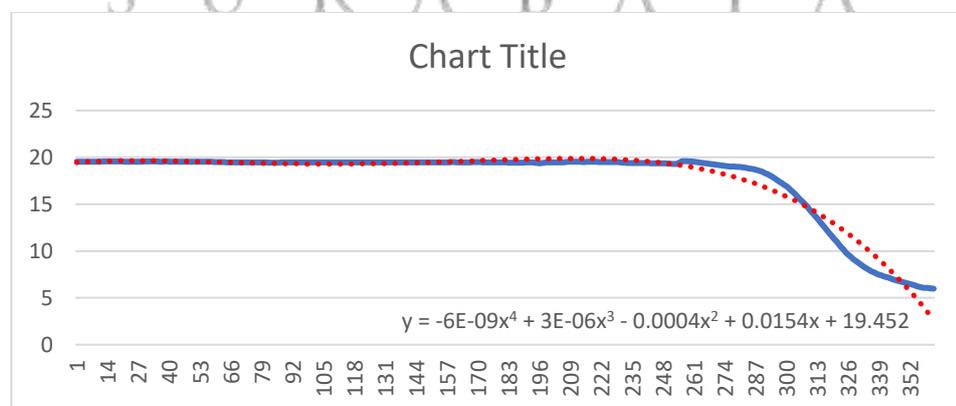


Setelah grafik sudah muncul pilih *Add Chart Element* kemudian ada Trendline klik dan pilih *More Trendline Options*.

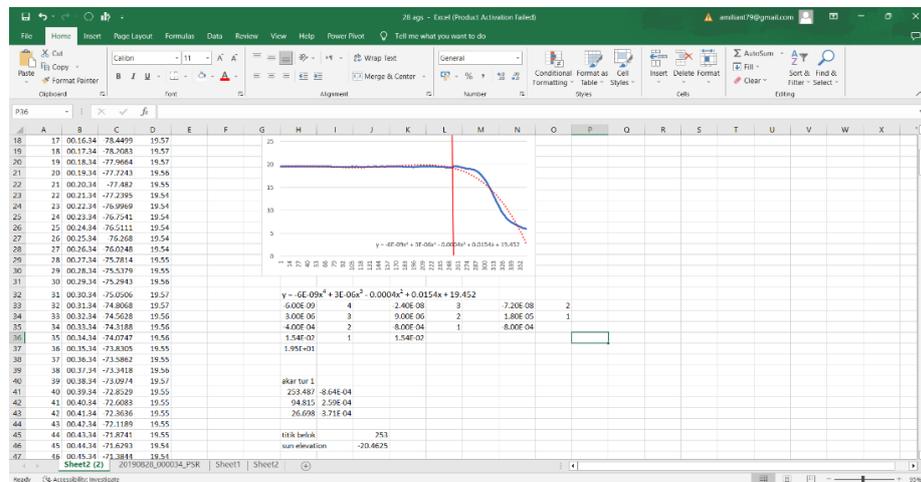
Gambar 19 Pemilihan *Trendline Options*

Grafik yang sudah muncul akan menampilkan *Format Trendline* di sebelah kanan, pilih opsi *Polynomial* kemudian pilih Order yang sesuai. Untuk tanggal 28 Agustus 2019 polinomial 4 paling pas untuk metode ini, jangan lupa centang *Display Equation on chart* untuk menampilkan polinomial 4 di dalam grafik. Polinomial yang ada di dalam gambar grafik yang akan di olah ke turunan satu dan turunan dua, turunan satu dimasukkan ke dalam aplikasi GNU Octave untuk menemukan akar turunan 1. Akar 1 ini yang akan menghasilkan nilai dari titik belok serta sun elevation dalam data SQM yang di olah dengan metode polinomial.

Gambar 20 Bentuk Grafik dari Polinomial



Gambar 21 Mencari Fungsi Polinomial



Pada metode polinomial, saat mengerjakan dan mencari beberapa polinomial yang pas untuk tanggal 28 Agustus 2019 adalah polinomial 4, Pada polinomial 4 *Display Equation on chart* menampilkan $y = -6E-09x^4 + 3E-06x^3 + 0.0004x^2 + 0.0154x + 19.452$. Hasil yang didapatkan pada tanggal 28 Agustus 2019 titik belok dalam metode polinomial berada pada -20,4525. Garis yang berwarna biru merupakan data asli dari SQM dan yang garis yang berwarna merah adalah *fitting* dari polinomial, grafik di atas menunjukkan bahwa data yang di dapatkan cukup baik walaupun tidak sebaik data yang dihasilkan menggunakan metode solver. Data asli dan *fitting* berjarak dan bisa terlihat data yang didapatkan pada grafik yang muncul sangat berbeda dengan garfik dari solver.

Berikut adalah hasil dari titik belok dengan menggunakan metode polinomial :

Tabel 3. Hasil dari Polinomial

No	Tanggal	Polinomial
1	01/08/2019	-14.685
2	02/08/2019	-15.353
3	03/08/2019	-15.158
4	04/08/2019	-15.038
5	06/08/2019	-15.21
6	07/08/2019	-15.26
7	09/08/2019	-14.193
8	10/08/2019	-13.834
9	12/08/2019	-14.44
10	13/08/2019	-14.173
11	14/08/2019	-12.875
12	18/08/2019	-10.353
13	19/08/2019	-10.646
14	24/08/2019	-15.839
15	26/08/2019	-14.383
16	27/08/2019	-15.135
17	28/08/2019	-16.106
18	30/08/2019	-15.308

C. Roots Mean Square Error (RMSE) Metode Solver dan Metode Polinomial

Perhitungan yang digunakan dalam RMSE = $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y} - y)^2}{n}}$

\hat{y} = nilai prediksi

y = nilai aktual

n = jumlah data

Roots Mean Square Error (RMSE) salahsatu upaya untuk menemukan parameter dalam mengevaluasi pengukuran dengan menilai jika RMSE makin kecil maka akan di kategorikan kedalam data yang semakin kecil maka mendekati benar. *Roots Mean Square Error* memang sering digunakan dalam permasalahan yang berkaitan dengan perhitungan untuk menemukan jawaban apakah nilai

prediksi dan nilai asli memiliki jarak yang dekat untuk menilai ke akuratanya.

Berikut akan di jelaskan langkah-langkah dalam mengerjakan RMSE :

1. RMSE Solver

Data yang digunakan untuk *Roots Mean Square Error* (RMSE) adalah tanggal 28 Agustus 2019 sebagai contoh :

Gambar 22 Excel Solver yang Berisi Data Simulasi

	A	B	C	D
1	-82.27003876	19.52	19.47572794	
2	-82.03508505	19.53	19.47572794	
3	-81.79941847	19.53	19.47572794	
4	-81.56309885	19.53	19.47572794	
5	-81.32617965	19.53	19.47572794	
6	-81.08870877	19.53	19.47572794	
7	-80.85022827	19.54	19.47572794	
8	-80.61127991	19.55	19.47572794	
9	-80.37339587	19.55	19.47572794	
10	-80.13410832	19.55	19.47572794	
11	-79.89444465	19.55	19.47572794	
12	-79.65443634	19.56	19.47572794	
13	-79.41410164	19.57	19.47572794	
14	-79.17346411	19.57	19.47572794	
15	-78.93254359	19.57	19.47572794	
16	-78.69135835	19.57	19.47572794	
17	-78.44993048	19.57	19.47572794	
18	-78.20825855	19.57	19.47572794	
19	-77.96633368	19.57	19.47572794	
20	-77.72428886	19.56	19.47572794	
21	-77.48219868	19.55	19.47572794	
22	-77.23992422	19.54	19.47572794	
23	-76.99989394	19.54	19.47572794	
24	-76.75918164	19.54	19.47572794	
25	-76.5111346	19.54	19.47572794	
26	-76.26603887	19.54	19.47572794	
27	-76.02119124	19.54	19.47572794	
28	-75.78148859	19.55	19.47572794	
29	-75.53789351	19.55	19.47572794	

Data solver pada kolom 'A' merupakan *Solar Elevation Angel*, kolom 'B' magnitudo dengan satuan mag/sec dan kolom 'C' adalah simulasi. Berikut akan ditampilkan sebagai gambaran jelas terkait penjelasan kolom A, B dan C yang berisi data *Sun Elevation Angel*, MPSAS, data Simulasi.

Tabel 4. Data A, B, dan C

A	B	C
-82.27003876	19.52	19.47572794
-82.03508505	19.53	19.47572794
-81.79941847	19.53	19.47572794
-81.56309885	19.53	19.47572794
-81.32617965	19.53	19.47572794

Gambar 23 Data D yang Berisi Selisih

A	B	C	D
-82.27003876	19.52	19.47572794	0.001960016
-82.03508505	19.53	19.47572794	0.002945457
-81.79941847	19.53	19.47572794	0.002945457
-81.56309885	19.53	19.47572794	0.002945457
-81.32617965	19.53	19.47572794	0.002945457
-81.08810877	19.53	19.47572794	0.002945457
-80.85079257	19.54	19.47572794	0.004130898
-80.61227991	19.55	19.47572794	0.005516339
-80.373997	19.56	19.47572794	0.007120181
-80.13508152	19.55	19.47572794	0.005516339
-79.89444655	19.55	19.47572794	0.005516339
-79.65413634	19.56	19.47572794	0.007120181
-79.41410164	19.57	19.47572794	0.008887222
-79.17346411	19.57	19.47572794	0.008887222
-78.93254359	19.57	19.47572794	0.008887222
-78.69158255	19.57	19.47572794	0.008887222
-78.4499248	19.57	19.47572794	0.008887222
-78.20828055	19.57	19.47572794	0.008887222
-77.96637363	19.57	19.47572794	0.008887222
-77.72428306	19.56	19.47572794	0.007120181
-77.48199888	19.56	19.47572794	0.007120181
-77.23951272	19.54	19.47572794	0.004130898
-76.99680334	19.54	19.47572794	0.004130898
-76.75491891	19.54	19.47572794	0.004130898
-76.51313066	19.54	19.47572794	0.004130898
-76.26883587	19.54	19.47572794	0.004130898
-76.02619734	19.54	19.47572794	0.004130898
-75.78416209	19.55	19.47572794	0.005516339
-75.5379351	19.56	19.47572794	0.007120181

Data magnitudo *Sky Quality Meter* (SQM) akan di uji dengan data simulasi untuk menemukan selisih dalam menemukan RMSE pada tanggal 28 Agustus 2019. Bagian D adalah selisih antara data asli dan data simulasi. Berikut adalah tabel untuk menunjukkan beberapa dari kolom A, B, C, dan D.

Tabel 5 Berisi data A, B, C dan D

A	B	C	D
-82.27003876	19.52	19.47572794	0.001960016
-82.03508505	19.53	19.47572794	0.002945457
-81.79941847	19.53	19.47572794	0.002945457
-81.56309885	19.53	19.47572794	0.002945457
-81.32617965	19.53	19.47572794	0.002945457

Gambar 24. Hasil RMSE di Tanggal 28 Agustus

RMSE tanggal 28 Agustus 2019 didapatkan dengan menjumlah semua selisih yang didapatkan dari pengurangan data asli magnitudo SQM dengan simulasi yang dibuat, RMSE adalah 0.006. Data yang di dapat dalam dalam bulan Agustus 2019 sekitar 18 data, berikut data tersebut :

Tabel 6 Hasil RMSE Solver

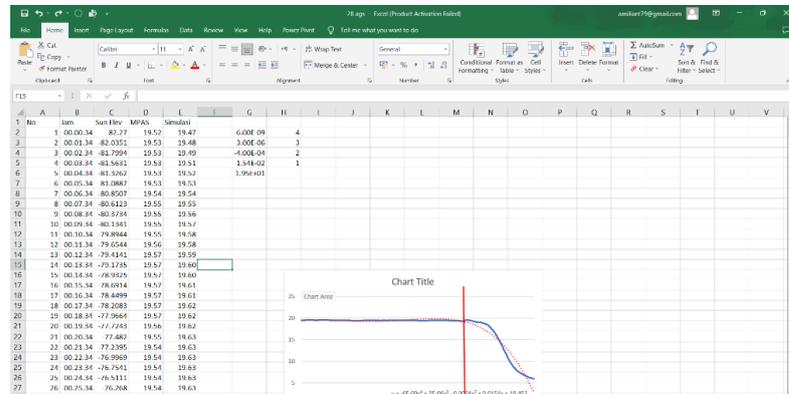
No	Tanggal	RMSE
1	01/08/2019	0.117
2	02/08/2019	0.158
3	03/08/2019	0.07
4	04/08/2019	0.088
5	06/08/2019	0.074
6	07/08/2019	0.079
7	09/08/2019	0.238
8	10/08/2019	0.384
9	12/08/2019	0.323
10	13/08/2019	0.576
11	14/08/2019	0.938
12	18/08/2019	1.012
13	19/08/2019	0.833
14	24/08/2019	0.213
15	26/08/2019	0.372
16	27/08/2019	0.189
17	28/08/2019	0.062
18	30/08/2019	0.115

RMSE yang dihasilkan oleh solver memiliki ukuran yang relatif kecil karena jarak antara data simulasi dan data magnitudo memiliki jarak yang rentan kecil ini alasan mengapa RMSE yang ada di solver memiliki ukuran yang kecil.

1. RMSE Polinomial

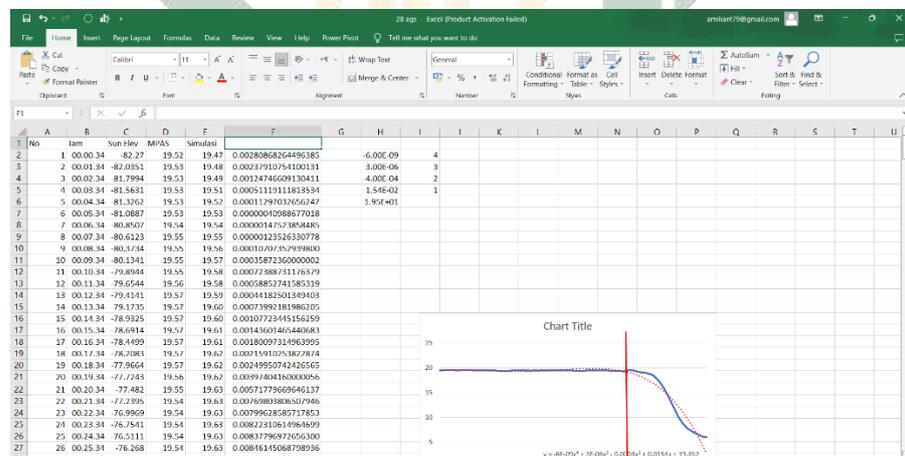
Roots Mean Square Error yang ada didalam polinomial juga tidak jauh berbeda dalam pengerjaannya seperti halnya solver, metode polinomial terlihat memiliki jarak dari data *fitting* dari data asli polinomial yang terdapat di SQM. Dalam hal ini bisa juga nanti data *Roots Mean Square Error* yang dihasilkan memiliki jarak akumulatif yang cukup jauh dibanding *Roots Mean Square Error* dari solver. *Roots Mean Square Error* merupakan upaya dalam menyelesaikan dan menentukan keputusan dalam sebuah masalah, dalam hal ini mengetahui apakah *Roots Mean Square Error* polinomial jauh lebih baik atau lebih buruk dalam penentuan awal waktu subuh menggunakan data *Sky Quality Meter*. Berikut adalah langkah-langkah untuk menghitung RMSE polinomial:

Gambar 25 Terdapat Data Untuk Simulasi Polinomial



Dalam gambar di atas magnitudo dan juga data simulasi yang digunakan untuk membandingkan selisih antara keduanya yang nanti digunakan dalam menentukan RMSE.

Gambar 26 Proses Mencari Selisih Data 28 Agustus 2019



Setelah itu hal yang harus dilakukan adalah mengurangi MPAS dan simulasi (fungsi polinomial) untuk menemukan selisih dari data tersebut. Langkah ini dilakukan untuk upaya menemukan selisih dari data asli dan

data simulasi, hasil yang didapatkan dari langkah ini selanjutnya akan di jumlahkan dan di bagi dengan banyaknya data yang ada.

Gambar 27 Hasil RMSE Agustus 2019

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
352	351	05.50.34	3.52184	6.53	14.24	59.39375810235610000															
353	352	05.51.34	3.77216	6.47	14.04	57.31423727888380000															
354	353	05.52.34	4.01248	6.41	13.84	55.22445103039910000															
355	354	05.53.34	4.25958	6.33	13.64	53.40968293742040000															
356	355	05.54.34	4.50325	6.24	13.43	51.72229289195150000															
357	356	05.55.34	4.74688	6.17	13.22	49.73022198286400000															
358	357	05.56.34	4.98949	6.12	13.01	47.45223954786050000															
359	358	05.57.34	5.23408	6.08	12.79	45.04652256506460000															
360	359	05.58.34	5.47763	6.06	12.57	42.39525707765500000															
361	360	05.59.34	5.72115	6.03	12.35	39.90494436180000000															
362	361	06.00.34	6	6	12.12	37.44540117954680000															
363	362	06.01.34		5.98	11.89	34.90215263960970000															
364						RMSE	3.31173339198541000														
365																					
366																					
367																					
368																					
369																					
370																					
371																					
372																					
373																					
374																					
375																					
376																					
377																					
378																					
379																					

RMSE tanggal 28 Agustus 2019 didapatkan dengan menjumlah semua selisih yang didapatkan dari pengurangan data asli magnitudo SQM dengan simulasi yang dibuat, RMSE adalah 3,311.

Hasil dari data *Roots Mean Square Error* yang sudah dilakukan untuk metode polinomial ditemukan bahwa hasil nya 3,311. Jika di lihat untuk sementara nilai ini jauh lebih besar dari *Roots Mean Square Error* yang dikerjakan dalam metode solver, hal ini karena dari awal pengerjaannya polinomial cukup jauh antara data asli dan *fitting* yang dilakukan oleh metode polinomial.

Hasil dari RMSE polinomial pada 28 Agustus 2019 adalah sebagai berikut :

Tabel 7 Hasil RMSE Polinomial

No	Tanggal	RMSE
1	01/08/2019	1.28
2	02/08/2019	4.056
3	03/08/2019	3.084
4	04/08/2019	3.865
5	06/08/2019	10.475
6	07/08/2019	155.715
7	09/08/2019	7.26
8	10/08/2019	30.426
9	12/08/2019	2.396
10	13/08/2019	2.705
11	14/08/2019	0.405
12	18/08/2019	1.935
13	19/08/2019	9.147
14	24/08/2019	3.901
15	26/08/2019	8.779
16	27/08/2019	16.947
17	28/08/2019	3.311
18	30/08/2019	64.432

Sangat jarang data asli dan *fitting* yang dihasilkan memiliki jarak yang dekat, dan dalam metode ini seringkali ditemukan misal dari grafik polinomial yang dilihat dari data asli dan *fitting* jaraknya dekat ternyata saat dilakukan olah data di GNU tidak ditemukan hasilnya yang berarti data yang keluar *imaginer* atau sekalipun ditemukan ternyata data tersebut yang dihasilkan GNU jika dilihat dalam grafik posisi data yang dihasilkan GNU tersebut masih ada di nilai yang positif. Dan waktu subuh tidak mungkin bernilai positif dan harus nilainya negatif.

BAB IV

ANALISI HASIL SOLVER DAN POLINOMIAL MENGGUNAKAN ROOTS MEAN SQUARE ERROR

A. Solusi Titik Belok Data Sky Quality Meter

Seperti yang sudah dilihat dari hasil perhitungan menggunakan solver dan polinomial selama bulan Agustus 2019, bahwa data pengamatan di LAPAN Pasuruan menghasilkan data yang berbeda-beda. Dari banyaknya data yang ada, beberapa data yang didapat rusak dan tidak bisa dipakai karena gangguan yang terjadi dalam pengambilan data pengamatan dan faktor lain. Definisi Titik Belok (Ekstrim), bisa disebut titik belok jika terjadi perubahan kecekungan, terjadi garis singgung pada grafik.

Dalam menganalisis awal waktu subuh, penulis akan membandingkan data bulan Agustus karena pada bulan sudah masuk musim kemarau, dipilihnya bulan ini dengan harapan data yang diambil memiliki data yang paling baik untuk di olah dalam metode solver dan polinomial. Penulis menganggap metode ini cukup mudah untuk digunakan dalam penelitian, selain itu metode tersebut juga bisa dilihat secara jelas untuk menentukan titik belok yang terjadi dalam awal waktu subuh.

Titik belok yang dicari melalui solver dan polinomial memiliki hasil yang cukup jauh perbedaannya pada untuk beberapa data. Contoh di data 1 Agustus 2019, titik belok yang ada di solver -14,685 sedangkan pada polinomial -26,616. Itu juga terjadi sebaliknya di polinomial pada tanggal 6 Agustus 2019 data solver

lebih besar dibandingkan polinomial, pada polinomial -10,415 sedangkan solver -15,120.

Saat proses mengerjakan data *Sky Quality Meter* menggunakan metode solver, metode ini lebih mudah dibandingkan polinomial, tidak hanya itu solver juga mempunyai keunggulan lain yakni dapat mengolah data yang terburuk sekalipun, proses saat mengerjakan data SQM lebih mudah, hasil yang ditampilkan jauh lebih bagus dan bisa dilihat dari grafik yang berisi *fitting*.

Ada beberapa alasan yang mendasari penulis dalam memilih membandingkan data menggunakan dua metode untuk titik belok di waktu subuh. Ada perasaan khawatir jika ibadah shalat subuh yang selama ini dikerjakan ternyata melewati waktu yang seharusnya karena ini berhubungan langsung dengan Allah SWT, ibadah shalat merupakan ibadah wajib yang sangat penting dan masuk ke dalam rukun islam kedua. Setiap manusia yang beragama islam tidak boleh sekalipun meninggalkan shalat.

Jika tidak bisa berhalangan untuk melakukan shalat, harus mengganti shalat tersebut atau juga bisa menggabungkan shalat jika terpaksa. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya shalat bagi umat islam. Di kesempatan ini penulis mengambil judul skripsi uji komparasi metode penentuan titik belok data *Sky Quality Meter* pada penelitian awal waktu subuh dengan harapan bisa membantu menemukan solusi untuk masuknya awal waktu subuh. Penggunaan *Meter Sky Quality* pada penelitian.

Jadi pada penelitian ini dengan mengandalkan data di bulan Agustus untuk di olah. Kendala yang terjadi berupa data yang tidak utuh selama 30 hari karena ada beberapa data yang rusak atau tidak terekam dengan baik, hal sudah biasa terjadi karena kondisi langit ataupun faktor lingkungan. Penulis memilih mengambil data yang bagus dengan melihat grafik satu per satu data yang ada. Berikut ditampilkan data titik belok pada bulan Agustus 2019 :

Tabel 8 Hasil Titik Belok Solver dan Polinomial

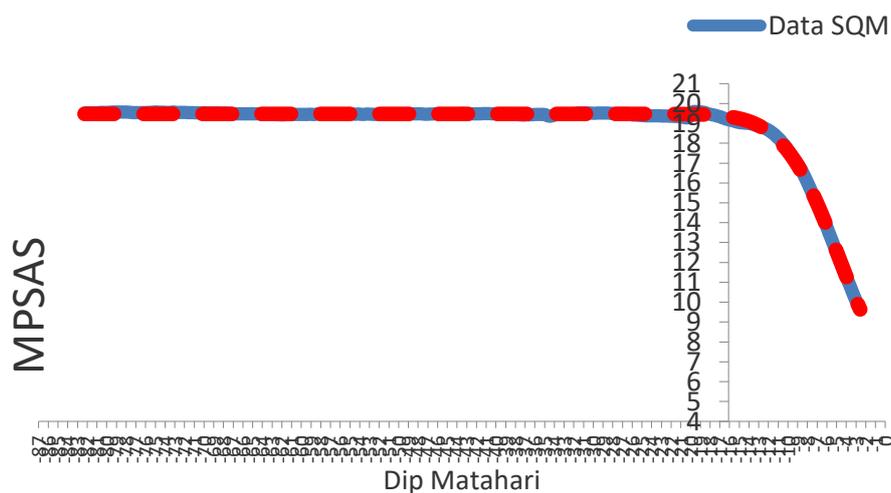
No	Tanggal	Titik Belok	
		Solver	Polinomial
1	01/08/2019	-14.685	-26.616
2	02/08/2019	-15.353	-18.136
3	03/08/2019	-15.158	-24.207
4	04/08/2019	-15.038	-17.639
5	06/08/2019	-15.21	-10.415
6	07/08/2019	-15.26	-12.857
7	09/08/2019	-14.193	-10.373
8	10/08/2019	-13.834	-18.854
9	12/08/2019	-14.44	-17.652
10	13/08/2019	-14.173	-20.552
11	14/08/2019	-12.875	-15.518
12	18/08/2019	-10.353	-16.796
13	19/08/2019	-10.646	-19.848
14	24/08/2019	-15.839	-19.448
15	26/08/2019	-14.383	-10.28
16	27/08/2019	-15.135	-17.697
17	28/08/2019	-16.106	-20.462
18	30/08/2019	-15.308	-14.114

Pada tabel di atas bisa dilihat bahwa hasil penelitian pada bulan Agustus dia dua metode ini memiliki hasil yang berbeda satu sama lain. Data cenderung data yang dihasilkan oleh polinomial titik beloknya besar, titik belok waktu subuh pada tanggal 1 Agustus yang paling besar dari yang lain. Titik belok data tersebut

di atas 20 derajat, jika hanya mengamati satu hari saja kekeliruan seperti bisa menjadi masalah yang fatal dan merugikan umat muslim. Sedangkan data dari solver relatif kecil, meskipun ada di hari-hari tertentu angka yang dihasilkan solver lebih besar dari polinomial. Tetapi titik belok solver tidak pernah lebih dari 20 derajat.

Dalam solver setelah memasukkan nilai *solar elevation angel* dan memasukkan data MPSAS, maka grafik di *Chart 1* akan otomatis berubah. Data dalam solver lebih mudah dan cepat. Menggunakan solver lebih mempersingkat waktu dan hasil yang didapat lebih akurat. Dan hasil yang dipatkan juga tidak melebihi nilai dari waktu subuh yakni 20 derajat dibawah ufuk, jarak yang dihasilkan antara data asli dan data fitting lebih kecil. Hal itu yang membuat solver jauh lebih unggul dibandingkan polinomial yang masih perlu melakukan langkah-langkah lainnya.

Gambar 28 Hasil Grafik Metode Solver



Gambar grafik ini menjadi bukti dari salah satu ke unggulan dibandingkan penyelesaian polinomial yang seringkali data asli dan data *fitting* yang dihasilkan terlalu jauh jaraknya.

Dari penelitian yang didapat polinomial cenderung memiliki nilai yang besar, dan juga saat proses mengerjakan data dalam polinomial lebih sering di temukan hasil *imajiner* dalam menemukan akar pangkat satu dari turunan pertama yang dihasilkan oleh GNU Octave. Perlu mencari polinomial mana yang cocok untuk satu tanggal dimulai dari polinomial 1 sampai polinomial 5, dengan mengambil turunan satu dari tanggal tersebut untuk dimasukan satu demi satu untuk menemukan hasil yang tidak *imajiner*. Tahap yang digunakan saat mengerjakan polinomial cenderung terlalu banyak, sulit menemukan hasil yang di inginkan.

Polinomial sangat memakan waktu yang lumayan panjang hingga menemukan hasil yang cocok, di beberapa data yang sudah dikerjakan oleh penulis jika hasil yang diperoleh lewat GNU Octave sudah tidak *imajiner* maka data tersebut akan dipindahkan kedalam file excel untuk di olah dan melihat pada urutan keberapa titik belok terjadi ternyata hasil yang di dapat terlalu jauh dan masih bernilai positif maka perlu dilakukan perhitungan ulang dengan mencari polinomial yang cocok.

Gambar 29 GNU Octav

```

GNU Octave, version 8.1.0
Copyright (C) 1993-2023 The Octave Project Developers.
This is free software; see the source code for copying conditions.
There is ABSOLUTELY NO WARRANTY; not even for MERCHANTABILITY or
FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. For details, type 'warranty'.

Octave was configured for "x86_64-w64-mingw32".

Additional information about Octave is available at https://www.octave.org.

Please contribute if you find this software useful.
For more information, visit https://www.octave.org/get-involved.html

Read https://www.octave.org/bugs.html to learn how to submit bug reports.
For information about changes from previous versions, type 'news'.

>> A=[-8.09e-06, 1.40e-03, -7.15e-02];
>> roots(A)
ans =

  157.530
   75.505

>> B=[1.50e-10, -1.20e-07, 3.00e-05, -3.00e-03, 7.39e-02];
>> roots(B)
ans =

  447.371 + 0i
  159.530 + 76.393i
  159.530 - 76.393i
   35.559 + 0i

>> C=[-2.40E-08, 9.00E-06, -8.00E-04, 1.54E-02];
>> roots(C)
ans =

  253.487
   94.815
   26.698

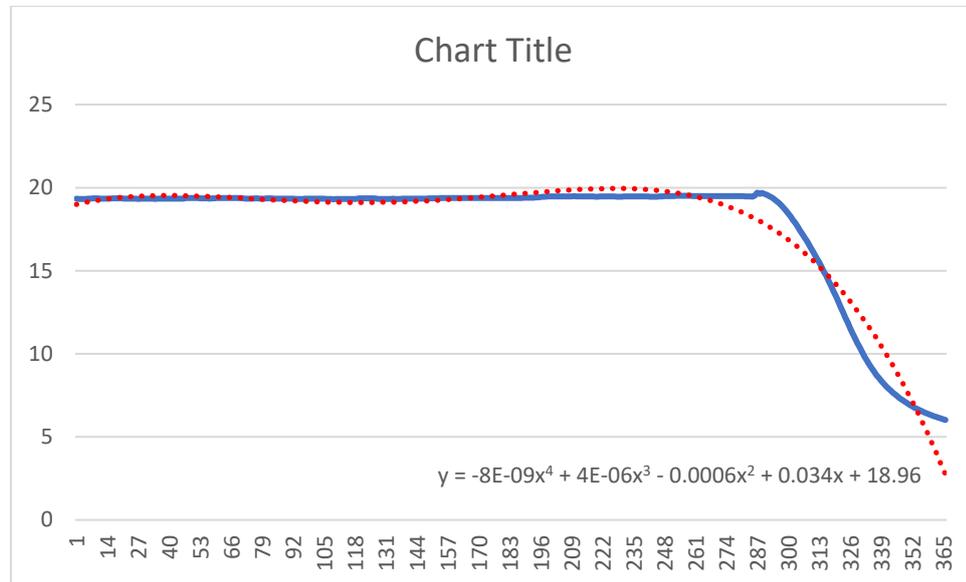
>> |

```

Seperti gambar di atas pada tanggal 28 Agustus 2019 merupakan hasil turunan satu yang ada di excel, didapatkan turunan kesatu dari melakukan perkalian antara nilai polinomial dengan urutan polinomialnya. Data 'A' yang dilakukan tidak *imaginer* tetapi saat salin kedalam excel hasil yang ada dan dilihat di grafik posisinya masih ada di bagian atas dan benilai positif bagian tersebut, polinomial yang digunakan adalah polinomial 3. Kemudian pada bagian 'B' polinomial yang digunakan adalah polinomial 5 dan hasil yang keluar dari data GNU Octave adalah *imaginer*, data *imaginer* tidak bisa di olah maka perlu dilakukan perhitungan ulang di GNU Octave. Dan dari semua polinomial yang dicoba pada akhirnya polinomial yang cocok adalah polinomial 4 dengan hasil 235.487, 94.815, 26.698. Dari data tersebut bisa di bayangkan bahwa urutan yang bisa digunakan adalah 253.487, karena sudah terjadi pembelokan di titik tersebut.

titik belok yang terjadi di anggap cocok karena pembelokan sudah masuk ke nilai negatif bukan positif.

Gambar 30 Hasil Grafik Polinomial



Grafik di atas sebagai contoh dari 28 Agustus 2019, pembelokan yang terjadi sekitar di urutan 253. Penulis memberikan garis merah sebagai tanda jika titik belok yang terjadi ada di posisi tersebut dengan nilai polinomial 4 di variabel $y = -6E-09x^4 + 3E-06x^3 - 0.0004x^2 + 0.0154x + 19.452$. variabel y yang terjadi sudah bernilai negatif, dan ini sesuai dengan waktu subuh yang seharusnya bernilai negatif. Data y ini akan di olah dalam polinomial 2 sampai 6, akan di coba satu per satu dari polinomial tersebut mana yang akan menghasilkan akar turunan 1. Hal ini dilakukan untuk menemukan titik belok dari data polinomial

Akar turunan satu yang didapatkan dari GNU Octave dihitung kembali dan ditemukan hasil $-8.64E-04$ dari 253.487, hasil kedua $2.59E-04$, dan hasil ketiga $2-3.71E-04$ dari $-3.71E-04$. Karena ini perhitungan subuh data yang bisa

diambil hanya dibagian yang bernilai negatif saja, dari data tersebut yang bisa digunakan hanya di dat 253.487 yang mungkin di gunakan dalam penentuan titik belok awal waktu subuh. Titik belok terjadi di urutan 253 dengan hasil MPAS 20.465 derajat di bawah ufuk.

Metode yang dilakukan dalam menemukan upaya mencari titik belok dalam awal waktu subuh dengan membandingkan dua metode solver dan polinomial pada data yang sama di LAPAN Pasuruan pada bulan Agustus 2019 untuk menemukan hasil yang paling baik sebagai parameter untuk titik belok data *Sky Quality Meter* pada penelitian awal waktu subuh. Setelah melihat data titik belok dari solver dan polinomial, penulis merasa bahwa metode solver lebih bisa digunakan dalam penelitian awal waktu subuh dengan berbagai pertimbangan karena solver lebih menunjukkan ke akuratan dari hasil baca data *Sky Quality Meter*. Jadi penulis menyarankan untuk memilih solver dalam pengamatan atau penelitian yang berhubungan dengan waktu subuh menggunakan metode solver sebagai upaya menemukan masuknya awal waktu subuh.

B. RMSE antara Metode Solver dan Polinomial

Roots Mean Square Error merupakan ialah akar kuadrat dari kuadrat kesalahan rata-rata yang dilakukan dalam sebuah metode. RMSE berguna untuk membandingkan nilai prediksi dengan nilai asli sebuah pengamatan. Pengertian lain dari RMSE adalah untuk mengetahui kesesuaian data aktual dan data asli yang biasanya digunakan dalam regresi. RMSE yang memiliki nilai paling kecil di anggap mendekati benar, hal ini terjadi apabila data asli dan data prediksi

memiliki jarak yang paling kecil. Data yang dihasilkan dari nilai RMSE solver dan polinomial adalah data dari *Sky Quality Meter* (SQM) bulan Agustus 2019.

Kemudian RMSE solver dan polinomial dibawah ini akan dirata-rata dengan menjumlahkan semua bilangan setelah itu di bagi banyaknya data yang ada, hasil perhitungan tersebut yang akan dijadikan parameter untuk menemukan ke efektifan mana di antara solver dan polinomial. Parameter ini dijadikan acuan terakhir dalam penelitian uji komparasi penentuan titik belok data *Sky Quality Meter* pada penelitian awal waktu subuh. Berikut data RMSE dari solver dan polinomial:

Tabel 9 Hasil RMSE Solver dan Polinomial

No	Tanggal	RMSE	
		Solver	Polinomial
1	01/08/2019	0.117	1.28
2	02/08/2019	0.158	4.056
3	03/08/2019	0.07	3.084
4	04/08/2019	0.088	3.865
5	06/08/2019	0.074	10.475
6	07/08/2019	0.079	155.715
7	09/08/2019	0.238	7.26
8	10/08/2019	0.384	30.426
9	12/08/2019	0.323	2.396
10	13/08/2019	0.576	2.705
11	14/08/2019	0.938	0.405
12	18/08/2019	1.012	1.935
13	19/08/2019	0.833	9.147
14	24/08/2019	0.213	3.901
15	26/08/2019	0.372	8.779
16	27/08/2019	0.189	16.947
17	28/08/2019	0.062	3.311
18	30/08/2019	0.115	64.432

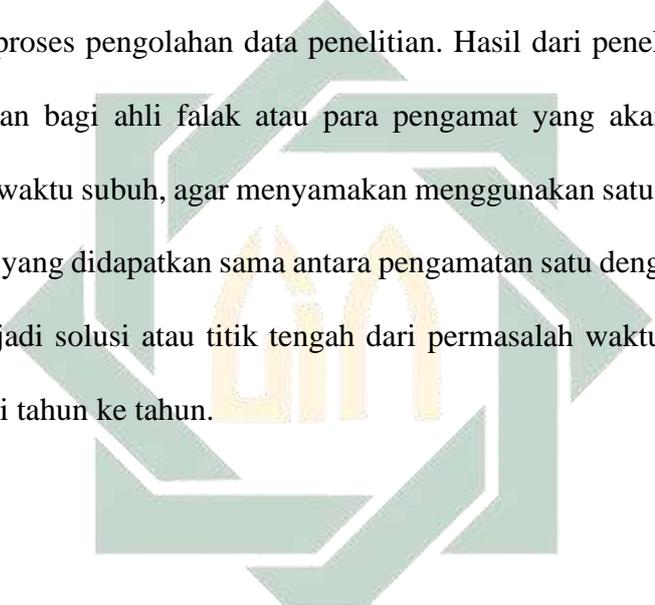
Tabel diatas adalah lanjutan dari tabel sebelumnya, dimana menunjukkan perbandingan hasil RMSE dari solver dan Polinomial. Rumusan masalah kedua dalam penelitian ini adalah mencari keefektifan dari metode solver dan polinomial untuk awal waktu subuh. Nilai efektif ini peneliti menggunakan *Roots Mean Square Error* sebagai parameter, *Roots Mean Square Error* memiliki peran penting dalam memutuskan metode mana yang paling baik untuk digunakan untuk waktu subuh. Dalam tabel *Roots Mean Square Error* solver memiliki nilai paling kecil untuk bulan Agustus dibandingkan dengan polinomial yang memiliki nilai 0 sampai 155. *Roots Mean Square Error* solver paling tinggi di 1.012 berbanding terbalik dari polinomial yang memiliki hasil paling tinggi di 155.

Pada analisis pertama, berdasarkan hasil data yang di olah peneliti menyarankan solver sebagai metode untuk menemukan titik belok pada awal waktu subuh, hal ini berdasarkan data yang sudah di olah dan mendapatkan titik belok dari kedua metode tersebut. bahwa hasil titik belok di solver lebih baik dibandingkan polinomial melihat dari grafik yang dihasilkan keduanya jarak fitting dari solver lebih kecil daripada polinomial.

Hasil RMSE yang didapatkan dari data solver 0,134 dan polinomial 1.009. Dari hasil tersebut bisa disimpulkan bahwa solver memiliki hasil *Roots Mean Square Error* lebih kecil dibandingkan dengan polinomial. Dari banyaknya data yang sudah dikerjakan menggunakan metode solver dan polinomial bahwa solver lebih unggul, hal ini bisa dilihat dari semua data yang sudah di olah oleh penulis. Polinomial memiliki kekurangan yang cukup banyak dalam penentuan waktu subuh dari data khususnya data LAPAN Pasuruan yang di ambil oleh

penulis, tidak praktis dalam mengolah data dan perlu aplikasi lain untuk mengolah turunan dari turunan satu dari variabel yang ada di *Display Equation on chart*.

Penulis menyarankan solver untuk pengamatan waktu shalat khususnya waktu subuh, karena metode ini lebih praktis dalam menemukan hasil dari pengamatan yang akan di teliti. Menurut penulis metode solver lebih efektif untuk digunakan dalam mengolah data *Sky Quality Meter*, pengerjaan data ini tidak butuh waktu lama dan praktis dalam menemukan hasil dari data yang akan di lakukan selama proses pengolahan data penelitian. Hasil dari penelitian ini bisa dijadikan masukan bagi ahli falak atau para pengamat yang akan melakukan penelitian untuk waktu subuh, agar menyamakan menggunakan satu metode yang sama. Agar hasil yang didapatkan sama antara pengamatan satu dengan yang lain, hal ini bisa menjadi solusi atau titik tengah dari permasalahan waktu subuh yang berlarut-larut dari tahun ke tahun.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

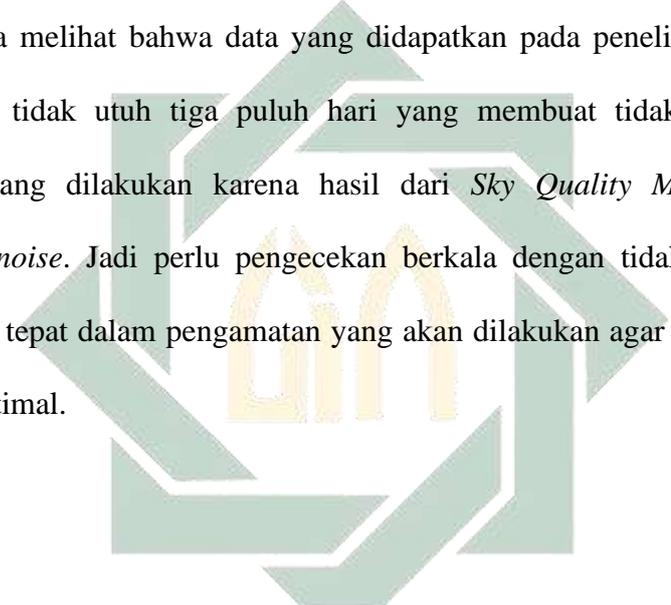
Dari pemaparan di atas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Komparasi yang dilakukan pada data *Sky Quality Meter* menunjukkan bahwa metode yang paling baik antara keduanya adalah solver. Solver memiliki hasil paling baik di buktikan dari data asli dan fitting solver memiliki jarak paling sedikit, lain hal nya jika dibandingkan dengan polinomial yang memiliki jarak yang jauh dari fitting yang dilakukan oleh metode polinomial. Titik belok yang dihasilkan dari solver lebih baik dibandingkan titik belok dari polinomial.
2. Hasil dari membandingkan metode solver dan polinomial memanfaatkan RMSE sebagai parameter dengan melihat angka yang paling kecil dari membandingkan data prediksi dan data asli, hasil yang di dapatkan dari RMSE untuk solver dan polinomial dalam menentukan awal waktu subuh menunjukkan solver memiliki ukuran paling kecil dari pada polinomial. Dalam hall ini metode solver menunjukkan lebih efektif dibandingkan polinomial.

B. Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari penkelasan di atas bahwa:

1. Setelah melakukan penelitian pada uji komparasi penentuan titik belok data *Sky Quality Meter* pada penelitian awal waktu subuh, penulis menyarankan data yang di olah setidaknya enam bulan atau satu tahun agar mendapatkan hasil yang akurat hingga penarikan kesimpulan yang akurat dan yakin bahwa metode solver lebih efektif.
2. Penulis juga melihat bahwa data yang didapatkan pada penelitian di bulan Agustus ini tidak utuh tiga puluh hari yang membuat tidak optimalnya penelitian yang dilakukan karena hasil dari *Sky Quality Meter* banyak mengalami *noise*. Jadi perlu pengecekan berkala dengan tidak melupakan tempat yang tepat dalam pengamatan yang akan dilakukan agar hasil yang di dapatkan optimal.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Ardi, Unggul Suryo. "Problematika Awal Waktu Shubuh Antara Fiqih Dan Astronomi." *AL - AFAQ: Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi* 2, no. 2 (2020): 87–102. <https://doi.org/10.20414/afaq.v2i2.2921>.
- Ayatullah, Hafidz. "STUDI ANALISIS FAJAR KAZIB DAN FAJAR SHADIQ." *2018* 2, no. 1 (2018).
- Ayuningsih, Fitri, Siti Malikhah, Muh Rifki Nugroho, Winarti Winarti, Budi Murtiyasa, and Sumardi Sumardi. "Pembelajaran Matematika Polinomial Berbasis STEAM PjBL Menumbuhkan Kreativitas Peserta Didik." *Jurnal Basicedu* 6, no. 5 (June 25, 2022): 8175–87. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i5.3660>.
- Badriyah, Nurul. "ANALISIS AWAL WAKTU SUBUH DALAM KALENDER FAZILET TERHADAP PELAKSANAAN IBADAH SALAT DAN PUASA DI PP. AL HIKMAH SULAIMANIYAH YOGYAKARTA," n.d.
- "Batas Kualitas Langit yang Ideal untuk Lokasi Observasi Awal Waktu Subuh." *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 8, no. 1 (June 2, 2022). <https://doi.org/10.30596/jam.v8i1.9355>.
- Blasius Sudarsono. "Dokumentasi, Informasi, Dan Demokratisasi." *Baca: Jurnal Dokumentasi Dan Informasi* 27, no. 1 (2003). <http://dx.doi.org/10.14203/j.baca.v27i1.67>.
- Burhanuddin, Muhammad Fikky, Program Studi, Ilmu Falak, Universitas Islam, and Negeri Walisongo. "Perbedaan Penggunaan Sky Quality Meter Terhadap Hasil Observasi Fajar," 2021.
- Damanhuri, Adi, Mochammad Zidni Ilman Nafiah Say'ri, and Achmad Nurfathoni Arifudin. "Pengaruh Level Malam Terhadap Solusi Titik Belok Pada Data Sky Quality Meter." *Ma'mal: Jurnal Laboratorium Syariah Dan Hukum* 2, no. 3 (February 17, 2022): 219–28. <https://doi.org/10.15642/mal.v2i3.90>.
- Febrianti, Fitria, Moh. Hafiyusholeh, and Ahmad Hanif Asyhar. "PERBANDINGAN PENGKLUSTERAN DATA IRIS MENGGUNAKAN METODE K-MEANS DAN FUZZY C-MEANS." *Jurnal Matematika "MANTIK"* 2, no. 1 (October 30, 2016): 7. <https://doi.org/10.15642/mantik.2016.2.1.7-13>.
- Karno, Adhitio Satyo Bayangkari. "Prediksi Data Time Series Saham Bank BRI Dengan Mesin Belajar LSTM (Long ShortTerm Memory)." *Journal of Informatic and Information Security* 1, no. 1 (May 29, 2020). <https://doi.org/10.31599/jiforty.v1i1.133>.
- Kecerlangan, Pengaruh, Langit Terhadap, and Visibilitas Hilal. "Pengaruh Kecerlangan Langit Terhadap Visibilitas Hilal." *Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang*, 2018.

- Kurniawan, Taufiqurrahman, and Fuad Riyadi. "PENDEKATAN BAYANI, BURHANI, DAN IRFANI DALAM MENENTUKAN AWAL WAKTU SUBUH DI INDONESIA." *Juni 2021* Volume 12, Nomor 1 (n.d.).
- Lestari, Himmawati Puji. "PEMANFAATAN EXCEL SOLVER DALAM PEMBELAJARAN PEMROGRAMAN LINEAR." *14 Mei*, 2011.
- Muhammad Fikky Burhanuddin. "PERBEDAAN PENGGUNAAN SKY QUALITY METER TERHADAP HASIL OBSERVASI FAJAR SHODIQ KE ARAH UFUK TIMUR DAN ZENITH SKRIPSI," June 2021.
- Putra, Sudarmadi. "FAJAR SHADIQ DALAM PRESPEKTIF ASTRONOMI," n.d.
- Putraga, Hariyadi, Arwin Juli Rakhmadi, Muhammad Hidayat, and Muhammad Dimas Firdaus. "PENENTUAN WAKTU MALAM MENGGUNAKAN SKY QUALITY METER DENGAN PENDEKATAN MOVING AVERAGE." *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika* 8, no. 2 (November 12, 2022): 313. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i2.11363>.
- Rahmi, Nailur. "PENYATUAN ZONA WAKTU DAN PENGARUHNYA TERHADAP PENETAPAN AWAL WAKTU SHALAT," n.d.
- . "PENYATUAN ZONA WAKTU DAN PENGARUHNYA TERHADAP PENETAPAN AWAL WAKTU SHALAT," n.d.
- Raisal, Abu Yazid, Yudhiakto Pramudya, Okimustava Okimustava, and Muchlas Muchlas. "Pemanfaatan Metode Moving Average Dalam Menentukan Awal Waktu Salat Subuh Menggunakan Sky Quality Meter (SQM)." *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 5, no. 1 (2019): 1–13. <https://doi.org/10.30596/jam.v5i1.3121>.
- Rizkiawan, M. Asep, Rosalina Rosalina, and Emilia Roza. "TEKNIK MENENTUKAN WAKTU HILANGNYA SYAFAQ (CAHAYA MERAH) MENGGUNAKAN SQY QUALITY METER (SQM) DENGAN METODE TITIK POTONG (CUTOFF)." *Jurnal Kumparan Fisika* 4, no. 2 (August 30, 2021): 103–111. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.2.103-111>.
- Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, and Hariyadi Putraga. "Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Kamera DSLR dan Metode Moving Average." *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika* 6, no. 2 (August 8, 2022): 114–22. <https://doi.org/10.24198/jiif.v6i2.38995>.
- Zahroya, Isyvina Unai, Universitas Islam, Negeri Sunan, Jurusan Hukum, Perdata Islam, Program Studi, and Ilmu Falak. *QUALITY METER TERHADAP AKURASI WAKTU SALAT (Studi Pemikiran Prof . Thomas Djamaluddin)*. Skripsi, 2019.

<http://e-journal.uajy.ac.id/8883/3/2MTS02204.pdf>

<https://id.wikihow.com/Mencari-Titik-Belok>

<https://support.microsoft.com/id-id/office/menetapkan-dan-menyelesaikan-masalah-dengan-menggunakan-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040#:~:text=Solver%20adalah%20program%20tambahan%20Microsoft,rumus%20lain%20pada%20lembar%20kerja>

<https://sumberbelajar.seamolec.org/product.php?id=NWFjYzU3MDQ4NjVIYW2YzA1MzIxY2Ez>

<https://www.ruangguru.com/blog/konsep-dan-nilai-suku-banyak>

Winarni Endang, Teori dan Praktik Penelitian Kuantitatif Kualitatif PTK R&D, (Jakarta: Bumi Aksara, 2018).

HM Musfiqon , et al., Pendekatan Pembelajaran Saintifik, (Sidoarjo: Nizami Learning Center, 2015).

Nawawi Abd Salam, Ilmu Falak Praktis, (Surabaya: Imtiyaz, 2016).

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, *Penerapan Polinomial dalam Pengembangan Ilmu dan Teknologi Sehari-hari*, (Jakarta: Direktorat Pendidikan, 2017).

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A