

ANALISIS ALIRAN DAYA SISTEM DISTRIBUSI RADIAL DENGAN METODE TOPOLOGY NETWORK BERBASIS GRAPHICAL USER INTERFACE (GUI) MATLAB

¹Machfudiah,²Amirullah

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya

Jalan Ahmad Yani 114 Surabaya, Jawa-Timur 60231

Email : ¹diah416@gmail.com,²amirullah@ubhara.ac.id

ABSTRACT

Load flow analysis is very important for distribution systems. Likewise for radial distribution systems. One solution to simplify analyzing radial distribution systems is to make an application that is expected to help the process of power flow analysis. The application is tested by comparing the results of the power flow analysis using Matlab GUI application with the results of power flow analysis using the ETAP application. As for several factors that influence the radial distribution system, including digital computing-based power algorithms such as Fast Decoupled method, Newton Raphson and Gauss Seidel. These methods cannot always be used for calculations in radial distribution systems because they have high R/X ratio. This paper proposes Network Topology method because it is more effectively to compute in each iteration, and give better solution and correction of numerical calculation. By using the Network Topology method, simulation will approach the real conditions as in field. This final project can be used to evaluate power flow on a radial distribution network system. The final result is the voltage and active power losses and reactive power. The results of the power flow analysis in the IEEE 33 Bus system get an error at a voltage of 0.0025224% and power losses of 202,700kW and 135,142kVAR. Because it uses a radial distribution network, so the power losses on network are calculated to be greater when compared to loop distribution system. So it is necessary to do conditioning to be able to improve the operating efficiency of the system.

Keywords: Load Flow, GUI Matlab, Radial Distribution System, Network Method Topology.

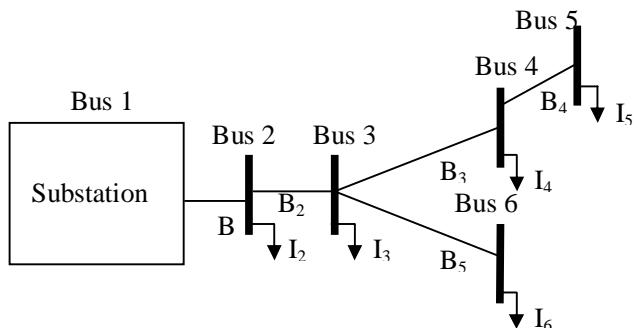
I. PENDAHULUAN

Dengan perkembangan teknologi saat ini yang mengandalkan semua pada internet atau media sosial. Maka dengan perkembangan tersebut, hampir semua kegiatan masyarakat dapat di pantau atau di kendalikan dengan mudah dan lebih praktis. Kemudahan itulah yang membuat penulis membuat simulasi atau aplikasi yang dapat digunakan untuk analisa aliran daya sistem distribusi radial dengan sangat mudah dan efisien. *Jurnal teknik pomits-ITS Vol.1,No 1,(2014)* sebagai salah satu referensi tugas akhir ini, untuk pengembangan dari sisi metode maupun penyajian analisis aliran daya.

II. DASAR TEORI

2.1 Analisis Aliran Daya *Topology Network*

Analisis aliran daya listrik mempunyai berbagai macam metode dalam menganalisis sebuah sistem tenaga listrik. *Topology network* merupakan salah satu metode analisis aliran daya listrik yang dalam penyelesaiannya menggunakan pemodelan bentuk topologi jaringan menjadi bentuk persamaan matematika, yang selanjutnya dihitung dan diiterasi sehingga diperoleh nilai arus, tegangan, rugi – rugi daya dan total daya pembangkitan yang diperlukan oleh sistem. Analisis aliran daya *topology network* sangat cocok diterapkan pada sistem tenaga dengan topologi jaringan radial [6]. Berikut diberikan contoh sistem radial yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 1 Contoh *single line diagram radial* [6]

Tahap awal yang dilakukan adalah menghitung besar arus yang mengalir pada saluran yang dimodelkan dalam bentuk matrik BIBC (*Bus Injection to Branch Current*). Besar arus saluran dapat ditulis dalam persamaan berikut :

$$I_n = \left(\frac{P_n + jQ_n}{V_n} \right)^* \quad (1)$$

Dengan menerapkan persamaan *Kirchoff Current Laws*, arus pada setiap bus dapat dimodelkan kedalam bentuk fungsi matriks. Saluran dimodelkan dengan variable $B_1 - B_5$. Persamaan injeksi arus pada setiap bus dengan menggunakan persamaan (1) dapat dimodelkan kedalam bentuk matrik. Berikut hasil pemodelannya kedalam matrik [6].

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Maka persamaan yang lebih sederhana dan sama dapat ditulis menjadi :

$$[B] = [BIBC][I] \quad (3)$$

Hubungan antara arus saluran dan tegangan dapat diperoleh melalui persamaan berikut :

$$V_2 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} \quad (4)$$

$$V_3 = V_2 - B_2 \cdot Z_{23} \quad (5)$$

$$V_4 = V_3 - B_3 \cdot Z_{34} \quad (6)$$

Dimana pada Z_{12} , Z_{23} , Z_{34} merupakan impedansi saluran dari section 1-2, 2-3 dan 3-4. Dengan mensubstitusikan persamaan (4) dan (5) kedalam persamaan (6), maka tegangan pada bus 4 dapat ditulis menjadi :

$$V_4 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} \quad (7)$$

Selanjutnya tegangan bus dapat disusun dalam sebuah fungsi matriks dari arus saluran (BIBC), sehingga diperoleh matriks BCBV (*Branch Current to Branch Voltage*) dengan cara yang sama seperti cara diatas didapatkan persamaan (8) matriks BCBV (*Branch Current to Branch Voltage*).

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Maka persamaan yang lebih sederhana dan sama dapat ditulis menjadi :

$$[\Delta V] = [BCBV][B] \quad (9)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (3) ke persamaan (9) maka pada akhir penurunan persamaan diperoleh nilai ΔV dapat ditulis dengan persamaan (9) dan disederhanakan menjadi persamaan (10) sebagai berikut :

$$[\Delta V] = [BCBV][BIBC][I] \quad (9)$$

$$[\Delta V] = [DLF][I] \quad (10)$$

dimana, $[DLF] = [BCBV][BIBC]$,

$$[\Delta V^{k+1}] = [DLF][I^k] \quad (11)$$

$$[V]^{k+1} = [V_1] - [\Delta V^{k+1}] \quad (12)$$

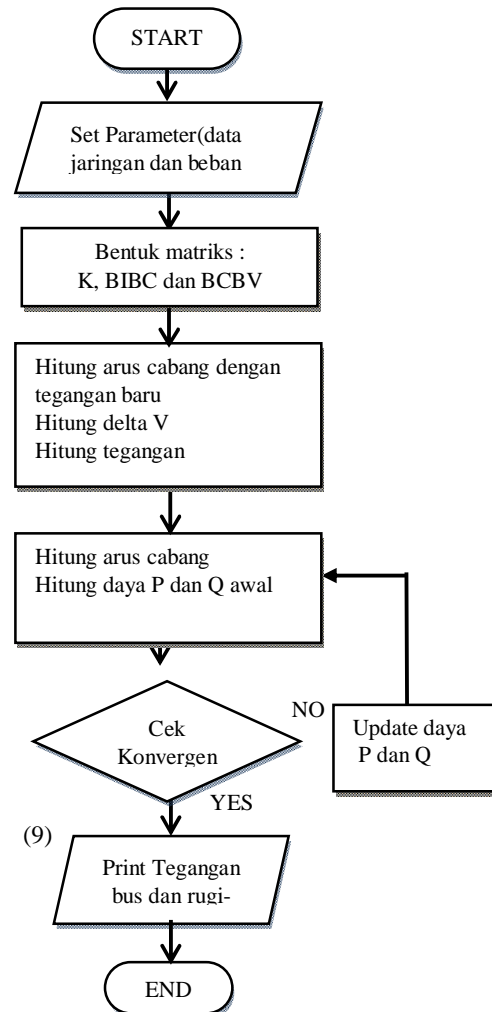
V_1 merupakan tegangan dari Swing bus, sehingga dari persamaan (11) diperoleh nilai deviasi tegangan pada setiap bus, yang selanjutnya akan diperbarui nilai dari persamaan (12) pada setiap iterasi, sehingga diperoleh tegangan yang valid setelah iterasi menjadi konvergen [6].

2.2. Input Data Beban dan Jaringan

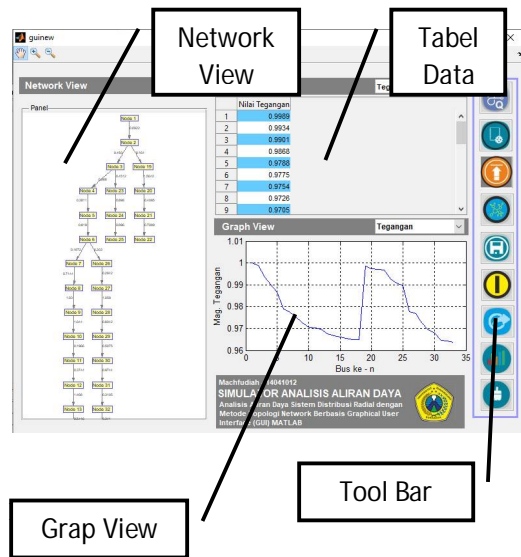
Sistem yang diusulkan terdiri dari *single line diagram* sistem IEEE 33. Sistem IEEE 33 bus merupakan *plant* yang akan digunakan sebagai obyek pembandingan dengan metode topology network lainnya dan digunakan sebagai validasi hasil metode topology network yang digunakan pada tugas akhir ini. Jika pada tahap validasi metode topology network pada tugas akhir ini telah selesai, akan di simulasikan dalam bentuk aplikasi (GUI Matlab). Sehingga proses input data, akan jauh lebih praktis, mengingat dalam sistem *utility*, mempunyai bus atau titik beban yang sangat banyak dan rumit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diagram alir Metode Topology Network diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Metode Topologi Network



Gambar 3. Tampilan Aplikasi GUI Matlab

Penjelasan Gambar 3 adalah sebagai berikut:

1. Network View adalah Display yang berguna untuk menampilkan hasil dari Analisa aliran daya
2. Tabel Data untuk menampilkan hasil Analisa aliran daya berupa angka.
3. Graph View untuk menampilkan hasil Grafik dari hasil Analisa aliran daya.
4. Tool Bar sebagai tombol-tombol yang berfungsi untuk menjalankan atau memproses Analisa aliran daya.

Dari hasil analisis yang ditunjukkan bahwa pada Sistem IEEE 33 bus dengan tegangan base 12.66 kV, Validasi hasil tegangan antara hasil aliran daya menggunakan metode Network Topology dan Modified Newton Raphson didapatkan *error* paling besar mencapai 0.0025224 % ditandai dengan warna kuning.

Tabel 1. Tegangan pada Sistem IEEE 33 Bus

| Bus | Tegangan (p.u) | | |
|-----|---------------------------|--------------------|-----------|
| | Network Topology (MATLAB) | Modified NR (ETAP) | Error (%) |
| 1 | 1 | 1 | 0 |
| 2 | 0.998867 | 0.998851 | 0.0000160 |
| 3 | 0.993357 | 0.993411 | 0.0000536 |
| 4 | 0.990078 | 0.990548 | 0.0004698 |
| 5 | 0.986770 | 0.987722 | 0.0009519 |
| 6 | 0.978773 | 0.980698 | 0.0019250 |
| 7 | 0.977492 | 0.979368 | 0.0018765 |
| 8 | 0.975394 | 0.977512 | 0.0021178 |
| 9 | 0.972605 | 0.975127 | 0.0025224 |
| 10 | 0.970513 | 0.972918 | 0.0024051 |
| 11 | 0.970204 | 0.972591 | 0.0023868 |
| 12 | 0.969680 | 0.972021 | 0.0023406 |
| 13 | 0.967491 | 0.969703 | 0.0022116 |
| 14 | 0.966685 | 0.968844 | 0.0021589 |
| 15 | 0.966051 | 0.96831 | 0.0022592 |
| 16 | 0.965634 | 0.967792 | 0.0021584 |
| 17 | 0.965058 | 0.967025 | 0.0019674 |
| 18 | 0.964915 | 0.966795 | 0.0018808 |
| 19 | 0.998657 | 0.998639 | 0.0000175 |
| 20 | 0.997231 | 0.997213 | 0.0000177 |
| 21 | 0.996950 | 0.996932 | 0.0000180 |
| 22 | 0.996696 | 0.996678 | 0.0000181 |
| 23 | 0.992448 | 0.992000 | 0.0004478 |
| 24 | 0.990844 | 0.989375 | 0.0014689 |
| 25 | 0.989539 | 0.988068 | 0.0014712 |
| 26 | 0.977809 | 0.979964 | 0.0021552 |
| 27 | 0.976838 | 0.978989 | 0.0021508 |
| 28 | 0.972512 | 0.974637 | 0.0021250 |
| 29 | 0.969415 | 0.971512 | 0.0020966 |
| 30 | 0.967964 | 0.970161 | 0.0021970 |
| 31 | 0.964635 | 0.968582 | 0.0039475 |
| 32 | 0.964184 | 0.968234 | 0.0040497 |

Tabel 2. Rugi Daya Aktif Sistem IEEE 33 Bus

| Bus | Rugi Daya Aktif pada Saluran (kW) | | |
|-------|-----------------------------------|--------------------|--------------|
| | Network Topology (MATLAB) | Modified NR (ETAP) | Error (%) |
| 1 | 12.2405300 | 12.2405324 | 0.0000196 |
| 2 | 51.7917300 | 51.7917449 | 0.0000288 |
| 3 | 0.16095430 | 0.16095420 | 0.0000607 |
| 4 | 19.9007300 | 19.9007403 | 0.0000521 |
| 5 | 3.18162800 | 3.18162964 | 0.0000517 |
| 6 | 18.6992000 | 18.6992026 | 0.0000139 |
| 7 | 38.2491600 | 38.2491680 | 0.0000210 |
| 8 | 1.91458100 | 1.91457997 | 0.0000537 |
| 9 | 2.60089500 | 2.60089833 | 0.0001283 |
| 10 | 4.85856300 | 4.85856058 | 0.0000496 |
| 11 | 4.18070600 | 4.18070528 | 0.0000171 |
| 12 | 3.56105800 | 3.56105794 | 0.0000015 |
| 13 | 0.55372420 | 0.55372428 | 0.0000158 |
| 14 | 0.88116990 | 0.88117019 | 0.0000332 |
| 15 | 2.66634300 | 2.66634411 | 0.0000418 |
| 16 | 0.72919120 | 0.72919142 | 0.0000308 |
| 17 | 0.35698860 | 0.35698855 | 0.0000118 |
| 18 | 0.28147820 | 0.28147814 | 0.0000204 |
| 19 | 0.25164450 | 0.25164439 | 0.0000438 |
| 20 | 0.05313807 | 0.05313804 | 0.0000503 |
| 21 | 0.83217720 | 0.83217671 | 0.0000586 |
| 22 | 0.10075810 | 0.10075806 | 0.0000332 |
| 22 | 0.04363452 | 0.04363449 | 0.0000558 |
| 23 | 5.14367300 | 5.14367631 | 0.0000643 |
| 24 | 1.28745200 | 1.28745253 | 0.0000417 |
| 25 | 3.32899300 | 3.32899621 | 0.0000966 |
| 26 | 11.3008500 | 11.3008644 | 0.0001278 |
| 27 | 7.83334600 | 7.83335560 | 0.0001225 |
| 28 | 3.89566900 | 3.89567152 | 0.0000647 |
| 29 | 1.59363500 | 1.59363925 | 0.0002669 |
| 30 | 0.21319520 | 0.21319535 | 0.0000719 |
| 31 | 0.01316862 | 0.01316862 | 0.0000691 |
| 32 | 12.2405300 | 12.2405324 | 0.0000196 |
| Total | 202.6999646100 | 202.7000426736 | 0.0000385119 |

Tabel 3. Rugi Daya Reaktif Sistem IEEE 33 bus

| Bus | Tegangan (p.u) | | |
|-----|----------------------------|--------------------------------|------------|
| | Network Topology (MATHLAB) | Modified Newton Raphson (ETAP) | Error (%) |
| 1 | 6.23974900 | 6.23975079 | 0.00002874 |
| 2 | 26.3791100 | 26.3791220 | 0.00004560 |
| 3 | 0.15359360 | 0.15359349 | 0.00007045 |
| 4 | 10.1352400 | 10.1352404 | 0.00000444 |
| 5 | 2.17397100 | 2.17397256 | 0.00007184 |
| 6 | 9.52378500 | 9.52378699 | 0.00002097 |

Tabel 3. Rugi Daya Reaktif Sistem IEEE 33 Bus (Lanjutan)

| Bus | Rugi Daya Reaktif pada Saluran (kVAR) | | |
|-------|---------------------------------------|--------------------|--------------|
| | Network Topology (MATLAB) | Modified NR (ETAP) | Error (%) |
| 7 | 33.0185100 | 33.0185125 | 0.00000784 |
| 8 | 6.32875500 | 6.32875045 | 0.00007176 |
| 9 | 1.32479100 | 1.32479255 | 0.00011718 |
| 10 | 1.59889200 | 1.59889080 | 0.00007448 |
| 11 | 3.00361400 | 3.00361350 | 0.00001652 |
| 12 | 2.52412200 | 2.52412153 | 0.00001857 |
| 13 | 0.18307260 | 0.18307262 | 0.00001538 |
| 14 | 0.29136970 | 0.29136984 | 0.00004967 |
| 15 | 2.09783800 | 2.09783886 | 0.00004127 |
| 16 | 0.95982350 | 0.95982379 | 0.00003063 |
| 17 | 0.31772590 | 0.31772585 | 0.00001359 |
| 18 | 0.20555490 | 0.20555485 | 0.00002235 |
| 19 | 0.33598150 | 0.33598137 | 0.00003670 |
| 20 | 0.04166838 | 0.04166835 | 0.00005687 |
| 21 | 0.74985560 | 0.74985528 | 0.00004235 |
| 22 | 0.11771110 | 0.11771101 | 0.00007554 |
| 22 | 0.05769309 | 0.05769306 | 0.00004585 |
| 23 | 4.06166800 | 4.06167135 | 0.00008247 |
| 24 | 1.00740200 | 1.00740287 | 0.00008660 |
| 25 | 1.69495200 | 1.69495338 | 0.00008185 |
| 26 | 9.96374500 | 9.96375555 | 0.00010597 |
| 27 | 6.82422600 | 6.82423394 | 0.00011636 |
| 28 | 1.98429700 | 1.98429771 | 0.00003588 |
| 29 | 1.57499100 | 1.57499446 | 0.00021968 |
| 30 | 0.24848740 | 0.24848759 | 0.00007870 |
| 31 | 0.02047508 | 0.02047509 | 0.00006981 |
| 32 | 6.23974900 | 6.23975079 | 0.00002874 |
| Total | 135.1427146769 | 135.1426703500 | 0.0000328001 |

Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa rugi daya aktif dan reaktif pada setiap saluran dengan total rugi daya mencapai 202,7000426736kW dan 135,1426703500kVAR. Pada jaringan distribusi radial, rugi daya jaringan nilainya lebih besar jika dibandingkan dengan sistem distribusi *loop*. Sehingga perlu dilakukan *conditioning* untuk dapat meningkatkan efisiensi operasi sistem. Validasi hasil rugi daya jaringan antara hasil aliran daya menggunakan Metode Network Topology dan Modified Newton Raphson didapatkan *error* paling besar mencapai 0,0002669490% dan ditandai dengan warna kuning.

IV. KESIMPULAN

Validasi dengan menggunakan sistem IEEE 33 Bus menunjukkan nilai tegangan menggunakan metode Network Topology dan Modified Newton Raphson didapatkan *error* paling besar mencapai 0,0025224 %, Validasi dengan menggunakan Sistem IEEE 33 Bus menunjukkan bahwa nilai rugi daya antara hasil aliran daya menggunakan Metode Network Topology dan Modified Newton Raphson didapatkan *error* paling besar mencapai 0,0002669%. Pada pengujian di sistem IEEE 33 Bus menunjukkan rugi daya aktif dan reaktif pada setiap saluran dengan total rugi daya mencapai 202,7000426736kW dan 135,1426703500kVAR. Validasi dengan menggunakan sistem Penyulang Basuki Rahmat Surabaya menunjukkan nilai tegangan antara menggunakan Metode Network Topology dan Modified Newton Raphson didapatkan *error* paling besar mencapai 0,00031393%. Pada pengujian sistem Penyulang Basuki Rahmat Surabaya menunjukkan rugi daya aktif dan reaktif pada setiap saluran menghasilkan total rugi daya sebesar 25,38632696kW dan 12,68457971 kVAR.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Novialifiah, Winda, Rizka, Soeprijanto, Adi, Wibowo, Seto, Rony. 2014. Algoritma Aliran Daya untuk Sistem Distribusi Radial dengan Beban Sensitif Tegangan. jurnal teknik pomits-ITS Vol.1, No.1.
- [2]. Wang, Caisheng; Nehrir, M Hashem, "Analytical Approaches for Optimal Placement of Distributed Generation Sources in Power Systems," *IEEE*, vol. 19, no. POWER SYSTEMS, p. 9, 2004.
- [3]. L. Liu, C. Sun, Q. Zhou and Q. Den, "A Novel Electrical On-Line Monitoring System Based on Geographical Information System," *IEEE*, Vols. P1-33, p. 4, 2001.
- [4]. Hadi Saadat, Power System Analysis, Milwaukee: WCB McGraw-Hill, 1999.
- [5]. Ilahi, Afdhal (2015, 17 oktober). Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Dikutip 1 Januari 2019 dari Sistem Distribusi Tenaga Listrik: <https://www.afdhililahi.com/2016/10/sistem-distribusi-tenaga-listrik.html>.
- [6]. S. Ghosh, D. Das, "Method for load-flow solution of radial distribution networks," *IEEE*, vol 146, no. P641-648, 1999.
- [7]. A. G. Bhutad, S. V. Kulkarni and S. A. Khaparde, "Three - Phase Load Flow Method for Radial Distribution Networks," *IEEE*, Vols. 0-7803-7651-X/03/S17.00, no. Power System, p. 5, 2003.

BIOGRAFI PENULIS



Machfudiah adalah anak pertama dari empat bersaudara pasangan Moch. Machfud dan Dewi Maslachah di Sidoarjo lahir pada 20 Agustus 1995. Beralamat di Desa Tambak Sawah RT 6 RW 2 Waru Sidoarjo. Penulis menempuh pendidikan di MI Nurul Ikhlas Sidoarjo, dilanjutkan di SMP Islam Parlaungan Sidoarjo dan SMK Al-Islah Surabaya. Penulis melanjutkan studi di Prodi S1 Teknik Elektro, Bidang Keahlian Teknik Sistem Tenaga di Universitas Bhayangkara Surabaya. Pada Juli 2019 penulis menyelesaikan studi dan meraih gelar sarjana pada prodi dan perguruan tinggi sama.



Amirullah lahir di Sampang Jawa-Timur, Indonesia, pada tahun 1977. Penulis meraih sarjana dan magister teknik elektro dari Universitas Brawijaya Malang dan ITS Surabaya, masing-masing pada tahun 2000 dan 2008.

Sejak 2002, penulis mengabdikan sebagai dosen di Universitas Bhayangkara Surabaya. Sejak 2014, penulis menempuh program doktor, bidang Teknik Sistem Tenaga di Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Listrik (PSSL) ITS Surabaya hingga lulus pada September 2019. Bidang penelitian penulis meliputi: pemodelan dan simulasi sistem tenaga dan distribusi, peningkatan kualitas daya, distorsi harmonisa, desain filter harmonisa/perbaikan faktor daya, dan energi terbarukan.