

Perancangan Pengembangan Sistem Kontrol Berbasis IoT pada Tungku Pemanas Anti Nyamuk Elektrik untuk Efisiensi Energi

Sita Kurniaty*, Abby Yazid Bustommy

Fakultas Teknik, Teknik Industri, Universitas Tangerang Raya, Tangerang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 15 Mei 2026
Revisi Akhir: 08 Juni 2026
Diterbitkan Online: 17 Juli 2026

KATA KUNCI

Tungku Anti Nyamuk
Internet of Things
Efisiensi Energi
Quality Function Deployment
Smart Home

KORESPONDENSI (*)

E-mail: sitak@untara.ac.id

A B S T R A K

Penelitian ini bertujuan merancang sistem kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT) pada tungku pemanas anti nyamuk elektrik untuk meningkatkan efisiensi energi, keamanan, dan kenyamanan pengguna. Perangkat konvensional saat ini masih bersifat manual, rentan *overheating* serta boros energi. Penelitian menggunakan pendekatan mixed-methods melalui observasi, wawancara, kuesioner, dan metode *Quality Function Deployment* (QFD) dengan *House of Quality* (HoQ). Hasil analisis menunjukkan bahwa keamanan produk dan kontrol jarak jauh melalui smartphone menjadi prioritas utama dengan Importance Rating tertinggi. Rekomendasi teknis meliputi penggunaan mikrokontroler ESP32, sensor suhu DHT22, relay proteksi serta aplikasi mobile untuk monitoring *real-time* serta timer otomatis. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan prototipe tungku pemanas anti nyamuk yang lebih aman, efisien serta sesuai dengan kebutuhan masyarakat di era smart home.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki dua musim yaitu kemarau dan hujan. Hal ini yang menyebabkan Indonesia memiliki tingkat curah hujan dan kelembapan yang relatif tinggi. Kondisi lingkungan tersebut menjadi habitat yang ideal bagi perkembangan nyamuk sebagai vektor penyakit. Di sisi lain dengan adanya tingkat kepadatan penduduk yang tinggi di berbagai wilayah turut meningkatkan risiko penularan penyakit yang disebabkan oleh nyamuk seperti demam berdarah yang hampir setiap masyarakat di Indonesia mengalaminya. Kombinasi antara faktor lingkungan dan kepadatan penduduk ini menyebabkan penyebaran penyakit dapat berlangsung lebih cepat dan luas terutama pada musim hujan ketika populasi nyamuk meningkat secara signifikan [1]. Salah satu daerah yang terkena wabah penyebaran penyakit ini yaitu wilayah Kabupaten Tangerang dengan beberapa jumlah kasus tertinggi di Kabupaten Tangerang ini kemungkinan dipengaruhi oleh kepadatan penduduk yang tinggi sehingga mempercepat penularan. Selain itu, kondisi lingkungan seperti genangan air dan sanitasi juga dapat menjadi tempat berkembang biaknya nyamuk.

Tabel 1. Penyebaran Kasus Demam Berdarah

No	Wilayah	Jumlah Kasus
1	Kabupaten Tangerang	1.250
2	Kota Tangerang	930
3	Kabupaten Lebak	602
4	Kabupaten Serang	480

5	Kabupaten Pandeglang	216
6	Kota Tangerang Selatan	493
7	Kota Cilegon	234
8	Kota Serang	166
Total		4.371

Masyarakat Indonesia mengatasi permasalahan tersebut pada umumnya menggunakan berbagai jenis pengusir nyamuk, seperti obat nyamuk bakar, cair, semprot maupun elektrik yang bekerja melalui proses pemanasan bahan aktif. Pengusir nyamuk elektrik menjadi salah satu pilihan yang praktis karena penggunaannya yang mudah dan relatif aman dibandingkan metode konvensional. Namun demikian sebagian besar tungku pemanas anti nyamuk elektrik yang beredar di pasaran masih bersifat konvensional dengan sistem pengoperasian manual tanpa dilengkapi fitur pengaturan otomatis, pemantauan kondisi serta sistem keamanan yang memadai.

Keadaan yang seperti ini bisa menyebabkan berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan salah satunya seperti risiko *overheating* yang dapat menyebabkan kerusakan komponen bahkan memicu kebakaran akibat tidak adanya sistem pengaman suhu. Selain itu, penggunaan perangkat secara terus-menerus tanpa mekanisme pengendalian menyebabkan konsumsi energi menjadi tidak efisien dan berpotensi meningkatkan biaya listrik bagi pengguna [2]. Keterbatasan sistem kontrol yang masih bersifat manual juga mengurangi fleksibilitas dalam pengoperasian terutama ketika pengguna tidak berada di lokasi yang sama dengan perangkat. Kondisi ini tidak hanya berdampak pada aspek efisiensi dan kenyamanan tetapi juga pada aspek keselamatan penggunaan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mengontrol operasional perangkat secara lebih cerdas, adaptif serta juga terintegrasi guna meminimalkan risiko serta mengoptimalkan penggunaan energi.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan suatu pendekatan yang mampu meningkatkan kinerja dan keamanan perangkat secara menyeluruh melalui penerapan teknologi yang lebih cerdas. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah integrasi sistem kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT) pada tungku pemanas anti nyamuk elektrik. Seiring dengan perkembangan teknologi, *Internet of Things* (IoT) menawarkan peluang besar dalam meningkatkan fungsionalitas perangkat rumah tangga melalui kemampuan kontrol jarak jauh, monitoring *real-time*, serta sistem notifikasi otomatis sehingga perangkat bisa juga atau dapat dikendalikan secara jarak jauh bahkan juga mampu diatur waktu operasinya secara otomatis sehingga penggunaan energi menjadi lebih efisien. Selain itu sistem ini memungkinkan adanya pengawasan kondisi perangkat secara *real-time* dan penerapan mekanisme pengamanan operasional untuk mencegah terjadinya *overheating*. Pada kenyataan saat ini penerapan teknologi IoT pada alat pengusir nyamuk elektrik di Indonesia masih tergolong terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada pengembangan bahan aktif anti nyamuk dan desain fisik alat tanpa mengintegrasikan sistem cerdas berbasis mikrokontroler dan konektivitas nirkabel. Oleh karena itu terdapat kesenjangan antara kebutuhan masyarakat akan perangkat pengusir nyamuk yang aman, efisien serta praktis dengan ketersediaan teknologi yang ada [3].

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang besar untuk menciptakan perangkat rumah tangga yang lebih cerdas (*smart home*). Melalui integrasi IoT, perangkat dapat dikendalikan secara jarak jauh, memantau kondisi secara *real-time*, serta memberikan notifikasi otomatis. Beberapa penelitian terbaru telah menunjukkan keberhasilan penerapan IoT pada sistem pengendalian nyamuk, seperti *IoT-based smart mosquito trap* dengan *computer vision* dan *intelligent mosquito spray dispenser* [4]. Namun, penerapan teknologi IoT pada tungku pemanas anti nyamuk elektrik berbasis bahan alami (seperti lavender magic sand) masih sangat terbatas, khususnya di Indonesia. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol berbasis IoT pada tungku pemanas anti nyamuk elektrik guna meningkatkan efisiensi energi, keamanan penggunaan melalui pengendalian operasi perangkat, serta kenyamanan pengguna melalui fitur kontrol dan monitoring jarak jauh. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan perangkat rumah tangga cerdas (*smart home*), khususnya pada bidang kesehatan lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan perangkat untuk terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet, sehingga memungkinkan kontrol jarak jauh, monitoring *real-time*, dan notifikasi otomatis. Dalam konteks perangkat rumah tangga atau kesehatan, IoT digunakan untuk meningkatkan fungsionalitas perangkat melalui integrasi sensor, mikrokontroler serta konektivitas nirkabel [3].

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang berperan sebagai modul akuisisi data vital dalam menciptakan lingkungan pintar (smart environment), khususnya pada sistem pemantauan kesehatan. IoT memungkinkan pengumpulan data secara real-time dari berbagai sensor dan perangkat wearable, kemudian mentransmisikan data tersebut untuk diproses lebih lanjut [5].

Sistem Kontrol (Control System)

Sistem kendali cerdas (*Smart Control System*) merupakan penggabungan sistem pengendalian otomatis dengan kecerdasan buatan. Komponen utamanya adalah sensor, *control valve* serta *computer control* (DCS — *Distributed Control System*) yang dipergunakan untuk mengurangi *error* secara otomatis [6].

Sistem Kendali Kontrol adalah sistem yang dirancang untuk mengatur dan mengendalikan suatu proses atau perangkat secara otomatis tanpa intervensi manual yang terus-menerus. Sistem ini menggunakan umpan balik (*feedback*) dari sensor untuk membandingkan kondisi aktual dengan nilai yang diinginkan (*set point*), kemudian melakukan koreksi secara otomatis [7].

Efisiensi Energi (Energy Efficiency in IoT)

Efisiensi energi dalam IoT mengacu pada strategi dan teknologi yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi dan memperpanjang masa pakai jaringan IoT sambil mempertahankan fungsionalitas dan kinerjanya. Ini termasuk teknik pemanenan energi, protokol penghematan energi serta manajemen sumber daya yang dioptimalkan untuk meminimalkan penggunaan daya dalam penginderaan, pemrosesan serta komunikasi [8].

Efisiensi energi dalam IOT merupakan upaya untuk menggunakan energi secara lebih efektif dan tepat guna sehingga dapat mengurangi pemborosan energi. Dengan menerapkan teknologi IoT, sistem dapat memberikan informasi yang akurat tentang kebutuhan energi di berbagai lokasi dan kondisi, sehingga memungkinkan penghematan energi yang signifikan [9].

Perancangan

Perancangan (*design*) adalah kemampuan untuk menciptakan berbagai alternatif solusi dalam menyelesaikan masalah berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan isu. Dalam proses perancangan diperlukan informasi sebagai dasar pengolahan data untuk menghasilkan solusi yang tepat. Perancangan juga dapat dipahami sebagai proses sistematis dalam merencanakan dan mengembangkan alat atau sistem kerja dengan mempertimbangkan kebutuhan pengguna, kondisi kerja serta tujuan operasional perusahaan. Proses ini dimulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data kebutuhan pekerja, analisis ergonomi sampai tahapan pemilihan alternatif desain yang paling sesuai [10].

Quality Function Deployment (QFD) merupakan metode yang digunakan untuk memahami apa yang diinginkan oleh konsumen. Metode ini membantu mengubah keinginan konsumen menjadi rencana produksi (Khodijah & Fitriani, Metode QFD sangat cocok untuk mengeliminasi semua aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah dan mengetahui tingkat sigma dalam menganalisis jenis cacat pada proses pencampuran [11].

Quality Function Deployment (QFD) adalah *Quality Function Deployment (QFD)* merupakan metode perencanaan dan pengembangan produk yang digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan dan keinginan pelanggan (*Voice of Customer/VoC*) ke dalam karakteristik teknis produk. Metode ini membantu perancang menentukan prioritas pengembangan berdasarkan tingkat kepentingan kebutuhan pelanggan sehingga produk yang dihasilkan lebih sesuai

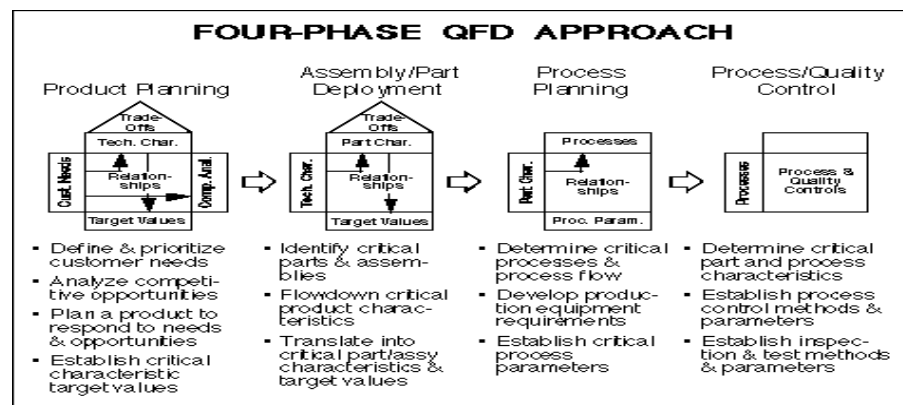
dengan harapan pengguna [12]. *Quality Function Deployment* (QFD) sangat erat terkait dengan para konsumen yaitu diantaranya:

1. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen yang dikenal dalam *Quality Function Deployment* (QFD) yang diterjemahkan melalui *Voice of Customer* (VoC).
2. Mengidentifikasi atribut produk yang paling memuaskan *Voice of Customer* (VoC).
3. Menetapkan pengembangan produk dan menguji target dan prioritas yang akan menghasilkan produk atau layanan yang memenuhi *Voice of Customer* (VoC).

Four-Phase QFD (Quality Function Deployment)

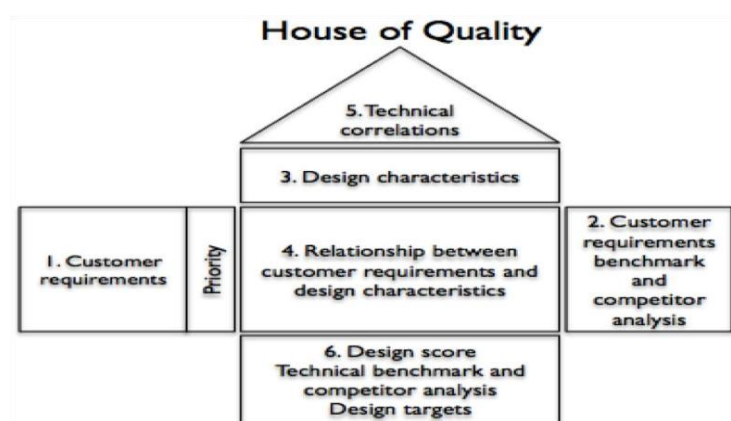
Approach Four-phase QFD adalah metode yang digunakan dalam QFD untuk mengintegrasikan kebutuhan dan keinginan pelanggan dengan proses desain produk atau layanan. Metode ini terdiri dari empat fase utama yang saling terkait dan setiap fase memiliki tujuan dan kegiatan spesifik. Berikut adalah penjelasan tentang setiap fase dalam *Four-phase QFD approach*:

1. Fase Pertama
Fase pertama adalah *Voice of Customer* (VoC) akan didapatkan keinginan dan kebutuhan konsumen.
2. Fase Kedua
Fase kedua selanjutnya yaitu penentuan karakteristik dimana dapat diketahui kepentingan dari tiap karakteristik dari produk yang akan dirancang.
3. Fase Ketiga
Fase yang ketiga adalah penentuan tingkat kepentingan dari tiap karakteristik.
4. Fase Keempat
Fase yang keempat adalah penentuan prioritas dari karakteristik. *Four-phase QFD approach* membantu dalam memastikan bahwa kebutuhan pelanggan dipahami dan terintegrasi dengan baik dalam proses desain dan produksi.



Gambar 2. *Four-phase QFD approach*

Struktur House of Quality (HoQ)



Gambar 3. *House of Quality (HoQ)*

House of Quality (HoQ) merupakan alat utama dalam metode *Quality Function Deployment* (QFD) yang digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan pelanggan (*Voice of Customer*) menjadi karakteristik teknis produk yang dapat diimplementasikan dalam proses perancangan. Melalui HoQ kebutuhan pengguna terhadap tungku pemanas anti nyamuk elektrik berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat diidentifikasi, dianalisis serta dikonversi menjadi spesifikasi teknis yang terukur sehingga produk yang dikembangkan sesuai dengan harapan pengguna.

Bagian pertama HoQ diawali dengan identifikasi kebutuhan pelanggan (*Customer Needs/WHATs*), seperti keamanan penggunaan, efektivitas mengusir nyamuk, kemudahan pengoperasian, efisiensi energi, kemampuan kontrol jarak jauh melalui smartphone, monitoring suhu secara *real-time* serta fitur timer otomatis. Selanjutnya kebutuhan tersebut dianalisis pada *Planning Matrix* untuk menentukan tingkat kepentingan masing-masing atribut berdasarkan persepsi pengguna.

Kebutuhan pelanggan kemudian diterjemahkan menjadi karakteristik teknis (*Technical Requirements/HOWs*), seperti penggunaan mikrokontroler ESP32, sensor suhu DHT22 atau DS18B20, *relay proteksi overheat*, *konektivitas Wi-Fi*, aplikasi *mobile* serta pengaturan *timer otomatis*. Hubungan antara kebutuhan pelanggan dan karakteristik teknis dianalisis menggunakan *Interrelationship Matrix* untuk mengetahui parameter teknis yang paling berpengaruh dalam memenuhi harapan pengguna.

Selain itu, *Correlation Matrix* atau *Roof of the House* digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antar karakteristik teknis baik yang saling mendukung maupun yang berpotensi menimbulkan *trade-off*. Hasil akhir dari analisis HoQ berupa penentuan prioritas teknis dan target desain yang menjadi dasar dalam pengembangan sistem kontrol berbasis IoT pada tungku pemanas anti nyamuk elektrik sehingga diperoleh produk yang aman, efisien serta sesuai kebutuhan pengguna [13].

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* untuk merancang sistem kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT) pada tungku pemanas anti nyamuk elektrik dengan tujuan meningkatkan keamanan, efisiensi energi serta kemudahan penggunaan. Populasi penelitian adalah masyarakat yang menggunakan atau pernah menggunakan produk anti nyamuk elektrik. Sampel dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kriteria responden berusia minimal 18 tahun dan memiliki pengalaman menggunakan alat anti nyamuk elektrik. Sebanyak 30 responden di Kabupaten Tangerang dilibatkan dalam penelitian ini.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara serta penyebaran kuesioner. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi penggunaan dan permasalahan yang terdapat pada tungku pemanas anti nyamuk elektrik yang beredar di pasaran. Wawancara dilakukan kepada beberapa pengguna untuk memperoleh informasi mengenai kebutuhan, harapan serta kendala yang dialami selama penggunaan produk. Selanjutnya, kuesioner disebarakan kepada responden untuk mengukur tingkat kepentingan berbagai atribut kebutuhan pelanggan, seperti keamanan, kemudahan penggunaan, efisiensi energi serta fitur kontrol berbasis IoT.

Data hasil wawancara dan kuesioner kemudian diolah menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Metode ini digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan pelanggan (*Voice of Customer*) ke dalam karakteristik teknis produk melalui penyusunan *House of Quality* (HoQ). Berdasarkan hasil analisis tersebut, dirancang sistem kontrol berbasis IoT yang menggunakan *mikrokontroler* ESP32, sensor suhu, *relay*, dan aplikasi *mobile* untuk mendukung fungsi monitoring serta kontrol jarak jauh. Selanjutnya dilakukan validasi terhadap hasil perancangan untuk memastikan kesesuaian antara karakteristik teknis yang dikembangkan dengan kebutuhan pengguna, terutama pada aspek keamanan, kemudahan penggunaan, efisiensi energi serta fungsi kontrol berbasis IoT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan pelanggan melalui survei dan analisis kebutuhan pasar, diperoleh sepuluh kebutuhan utama terhadap tungku pemanas anti nyamuk elektrik berbasis IoT. Kebutuhan pelanggan tersebut dikelompokkan menjadi kategori Primer, Sekunder, dan IoT, serta diberikan tingkat kepentingan (*Importance Rating*)

dengan skala 1 hingga 5. Dapat dilihat bahwa kebutuhan akan keamanan produk dan kontrol jarak jauh melalui smartphone merupakan prioritas tertinggi dengan nilai Importance Rating sebesar 5.

Tabel 2. Identifikasi Kebutuhan Pelanggan (Voice of Customer / WHATs)

No	Kebutuhan Pelanggan (WHATs)	Kategori	Importance Rating (1-5)
1	Efektif mengusir/membunuh nyamuk	Primer	5
2	Aman (tidak mudah panas berlebih / kebakaran)	Primer	5
3	Mudah digunakan & praktis	Primer	4
4	Harga terjangkau	Primer	4
5	Kontrol jarak jauh via smartphone	IoT	5
6	Monitoring suhu real-time	IoT	4
7	Notifikasi (suhu tinggi / nyala-mati)	IoT	4
8	Hemat energi / timer otomatis	Sekunder	4
9	Desain rapi & estetik	Sekunder	3
10	Mudah dibersihkan & perawatan	Sekunder	3

Tabel Tabel 3. Karakteristik Teknis (*Technical Requirements / HOWs*) dibawah menunjukkan hasil penerjemahan kebutuhan pelanggan (WHATs) ke dalam karakteristik teknis produk (HOWs) beserta target nilai yang ingin dicapai. Karakteristik teknis ini dirancang untuk memenuhi harapan konsumen, khususnya dalam aspek keamanan, kemudahan penggunaan, dan integrasi teknologi *Internet of Things*. Target nilai yang ditetapkan menjadi acuan dalam proses perancangan dan pengembangan prototipe tungku pemanas anti nyamuk elektrik berbasis IoT.

Tabel 3. Karakteristik Teknis (Technical Requirements / HOWs)

No	Karakteristik Teknis (HOWs)	Target Nilai	Unit
A	Suhu pemanasan optimal	70–90°C	°C
B	Material casing tahan panas	ABS + Aluminium Heat Sink	-
C	Daya listrik maksimal	≤ 45 Watt	Watt
D	Mikrokontroler + WiFi	ESP32	-
E	Sensor suhu & kelembaban	DHT22 / DS18B20	-
F	Relay & proteksi overheat	Relay 5V + Fuse	-
G	Konektivitas & Aplikasi Mobile	Blynk / Firebase	-
H	Timer otomatis & scheduling	1–8 jam	Jam
I	Dimensi produk	15 × 15 × 20 cm	cm
J	Harga estimasi produksi	≤ Rp 185.000	Rupiah

Matriks Hubungan antara Kebutuhan Pelanggan (WHATs) dengan Karakteristik Teknis (HOWs) beserta Absolute Importance.

Matriks hubungan antara kebutuhan pelanggan (*Voice of Customer/WHATs*) dengan karakteristik teknis (*Technical Requirements/HOWs*) dalam pengembangan tungku pemanas anti nyamuk elektrik berbasis *Internet of Things* (IoT). Matriks ini merupakan inti dari metode House of Quality (HOQ) yang berfungsi untuk menerjemahkan kebutuhan pelanggan menjadi parameter teknis yang terukur dan dapat diwujudkan dalam desain produk.

Nilai hubungan antara WHATs dan HOWs dinyatakan dalam bentuk simbol dengan bobot kuantitatif yang telah ditetapkan, yaitu hubungan kuat (● = 9), hubungan sedang (○ = 3), hubungan lemah (△ = 1), dan tidak ada hubungan (kosong = 0). Kolom Absolute Importance dihitung dari perkalian antara tingkat kepentingan pelanggan (Importance Rating) dengan bobot hubungan pada setiap sel matriks. Nilai ini menggambarkan tingkat prioritas masing-masing kebutuhan pelanggan terhadap keseluruhan desain produk.

Tabel 4. Karakteristik Teknis (Technical Requirements / HOWs)

WHATs \ HOWs	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Absolute Importance
1. Efektif anti nyamuk	●		○			○		○			135
2. Keamanan	●	●	○	○	●	●	○	○			225
3. Mudah digunakan		○		●	○		●	●	○		162
4. Harga terjangkau		△	○	△			△			●	81
5. Kontrol jarak jauh				●			●	○		○	135
6. Monitoring suhu	○			●	●	○	●				162
7. Notifikasi				●	○	○	●	○			135
8. Hemat energi			●	○	○	○	○	●		○	153
9. Desain estetik		●							●	○	81
10. Mudah dibersihkan		●							○		54
Technical Priority	189	162	135	243	162	135	243	162	81	81	-

Berdasarkan hasil perhitungan *House of Quality* (HoQ) kebutuhan pelanggan dengan nilai *Absolute Importance* tertinggi adalah keamanan produk sebesar 225 pada khususnya terkait pencegahan panas berlebih (*overheating*) dan risiko kebakaran. Hasil ini menunjukkan bahwa pengguna lebih mengutamakan aspek keselamatan dibandingkan fitur tambahan lainnya. Selain itu, kebutuhan monitoring suhu secara *real-time* dan kemudahan penggunaan juga memperoleh nilai prioritas yang tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT tidak hanya berfungsi sebagai fitur modernisasi produk tetapi juga sebagai sarana untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan penggunaan melalui pemantauan kondisi alat secara berkelanjutan. Perihal memastikan bahwa setiap karakteristik teknis pada rancangan alat saling mendukung dan tidak menimbulkan konflik desain maka dilakukan analisis *roof of the house* pada metode *Quality Function Deployment* atau *House of Quality* (HOQ).

Tabel 5. Roof of the House (Korelasi Antar Karakteristik Teknis)

ITEM	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A			+		++	++		+		
B						+			-	-
C	+			-		-	-	+		++
D			-		++	+	++	++		-
E	++			++		++	++	+		
F	++	+	-	+	++		+	+		
G			-	++	++	+		++		-
H	+		+	++	+	+	++			
I		-								-
J		-	++	-			-		-	

Analisis *Roof of the House* dilakukan untuk mengetahui hubungan antar karakteristik teknis yang digunakan dalam pengembangan tungku pemanas anti nyamuk elektrik berbasis IoT. Hubungan positif menunjukkan bahwa peningkatan suatu karakteristik teknis akan mendukung peningkatan karakteristik lainnya, sedangkan hubungan negatif menunjukkan adanya potensi trade-off yang perlu dipertimbangkan selama proses perancangan.

Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan positif kuat (++) antara suhu pemanasan optimal (A), sensor suhu dan kelembaban (E), serta *relay* dan proteksi *overheat* (F). Hubungan ini menunjukkan bahwa kestabilan suhu pemanas sangat

bergantung pada kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan suhu secara akurat dan kecepatan sistem proteksi dalam merespons kondisi yang tidak aman. Dengan demikian, ketiga parameter tersebut harus dirancang secara terintegrasi untuk menghasilkan sistem yang aman dan andal.

Hubungan positif kuat juga terlihat antara mikrokontroler ESP32 (D) dengan konektivitas aplikasi mobile (G). Kondisi ini dapat dipahami karena kemampuan monitoring dan kontrol jarak jauh bergantung pada performa komunikasi data yang disediakan oleh modul ESP32. Semakin baik kemampuan konektivitas sistem, maka semakin optimal pula fungsi monitoring dan pengendalian perangkat melalui smartphone.

Selain itu, fitur timer otomatis (H) memiliki hubungan positif dengan sistem kontrol dan konektivitas IoT. Integrasi kedua fitur tersebut memungkinkan perangkat bekerja secara otomatis sesuai jadwal penggunaan yang telah ditentukan sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi risiko perangkat beroperasi terlalu lama.

Di sisi lain, beberapa hubungan negatif (-) menunjukkan adanya potensi kompromi dalam perancangan produk. Penggunaan material casing tahan panas yang lebih baik (B) dan penambahan fitur IoT dapat meningkatkan biaya produksi (J). Meskipun memberikan peningkatan keamanan dan fungsionalitas, keputusan tersebut perlu mempertimbangkan kemampuan daya beli konsumen agar harga produk tetap kompetitif.

Hubungan negatif juga ditemukan antara konsumsi daya listrik (C) dan beberapa karakteristik teknis lainnya. Penambahan fitur monitoring, sensor, dan konektivitas berpotensi meningkatkan kebutuhan energi sistem. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan daya yang efisien agar manfaat teknologi IoT dapat diperoleh tanpa meningkatkan konsumsi energi secara signifikan. Secara keseluruhan, hasil analisis *Roof of the House* menunjukkan bahwa sebagian besar karakteristik teknis saling mendukung dalam mewujudkan produk yang aman, hemat energi, dan mudah dikendalikan. Namun demikian, beberapa hubungan negatif perlu menjadi perhatian agar keseimbangan antara performa, biaya produksi, dan efisiensi energi dapat tercapai secara optimal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis *House of Quality* yang telah dilakukan sehingga dapat disimpulkan bahwa kebutuhan pelanggan yang paling dominan adalah keamanan produk (*Absolute Importance* 225) diikuti oleh kebutuhan akan kontrol jarak jauh dan monitoring suhu. Karakteristik teknis yang paling berpengaruh adalah Mikrokontroler ESP32 dan Aplikasi Mobile dengan nilai *Technical Priority* tertinggi (243). Integrasi teknologi IoT terbukti sangat relevan dan strategis untuk memenuhi harapan konsumen di era saat ini. *Roof of the House* juga menunjukkan bahwa sebagian besar karakteristik teknis saling mendukung, meskipun terdapat beberapa trade-off pada konsumsi daya yang perlu dioptimalkan. Berdasarkan analisis *House of Quality*, disarankan agar pengembangan produk selanjutnya lebih memfokuskan pada integrasi teknologi IoT, terutama mikrokontroler ESP32 dan aplikasi mobile. Kedua komponen ini memiliki prioritas paling tinggi. Selain itu, perlu dilakukan pengoptimalan daya agar konsumsi listrik tidak melebihi 45 Watt. Penelitian selanjutnya disarankan untuk segera membuat prototipe dan melakukan pengujian secara menyeluruh terhadap efektivitas, keamanan, serta kemudahan penggunaan produk. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi untuk pengembangan perangkat anti nyamuk yang lebih baik di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. T. Putri, N. Lusida, A. Mallongi, N. Latifah, and H. Sg, "Analisis Variasi Iklim dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Tangerang Selatan," *J. Kedokt. dan Kesehat.*, pp. 33–41, 2020.
- [2] S. Hadilla, R. Asyura, and N. Nurmasiyah, "Kajian Konsep Termodinamika Pada Tungku Pemanas Anti Nyamuk," *J. Pendidik. Indones.*, vol. 4, no. 02, 2023, doi: 10.59141/japendi.v4i02.1593.
- [3] W. Liu *et al.*, "An IoT-based smart mosquito trap system embedded with real-time mosquito image processing by neural networks for mosquito surveillance," *Front. Bioeng. Biotechnol.*, no. January, pp. 1–13, 2023, doi: 10.3389/fbioe.2023.1100968.
- [4] M. Man, W. A. Wan Abu Bakar, L. C. Hwa, M. I. H. Md. Noor, And M. K. Yusof, "X'mos-Iot: Iot Based Mosquito Spray Dispenser System," *J. Math. Sci. Informatics*, vol. 1, no. 1, 2021, doi: 10.46754/jmsi.2021.12.001.

- [5] A. Kukkar, Y. Kumar, J. K. Sandhu, M. Kaur, and T. S. Walia, "DengueFog : A Fog Computing-Enabled Weighted Random Forest-Based Smart Health Monitoring System for Automatic Dengue Prediction," *MDPI J. Educ. Sci.*, 2024.
- [6] R. E. Cahyono, M. A. Mafahir, and A. K. Putra, "Rancang Bangun Prototipe Smart Control System Sebagai," *J. Rekayasa Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 1, no. 3, pp. 166–174, 2024.
- [7] S. D. Prasetyo, D. Setiawan, and R. Syahputra, "Sistem Kendali Otomatis Monitoring Dan Controlling Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis NodeMCU," *J. Sist. Komput. Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, vol. 1, no. 4, pp. 126–136, 2022, doi: 10.53513/jursik.v1i4.5567.
- [8] M. Qasim Alazzawi, J. C. Sánchez-Aarnoutse, A. S. Martínez-Sala, and M. D. Cano, "Green IoT: Energy Efficiency, Renewable Integration, and Security Implications," *IET Networks*, vol. 14, no. 1, pp. 1–19, 2025, doi: 10.1049/ntw2.70003.
- [9] et al. Kiswantono, A., "Mengoptimalkan Efisiensi Energi dengan IoT.," *J. InterTech*, vol. 2, no. 1, pp. 10–17, 2024.
- [10] E. Barita, M. Tambunan, A. I. Sabilah, A. Fauzan, and A. P. Astrianto, "Perancangan Meja Kerja pada Proses Produksi Valve di PT VM," *Blend Sains J. Tek.*, 2026.
- [11] E. B. M. Tambunan and A. Nuryono, "Implementation of the Quality Function Deployment (QFD) Method to Improve Mixing Machine Battery Cover Products in the Automotive Industry," *JSTI Unpar Bandung*, vol. 14, no. 1, 2025.
- [12] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, *Product design and development*. New York: McGraw-Hill Education, 2016.
- [13] J. & Render B. Heizer, *Principle of Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*, 10th ed. England: Pearson Education Limited, 2017.