

ANALISA TRANSISTOR BJT BERBASIS SIMULASI MENGUNAKAN APLIKASI PROTEUS SEBAGAI MEDIA PENUNJANG PEMBELAJARAN

Sunardi^{1*}, Muhamad Sulaiman¹

¹Fakultas Teknik, Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Jl. Witana Harja No.18b,
Pamulang Barat, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15417, Indonesia.

Email: ^{1*}dosen00856@unpam.ac.id

(* : coressponding author)

Abstrak– Transistor BJT (Bipolar Jungtion Transistor) adalah jenis komponen aktif elektronika yang memiliki 3 kaki, dimana ketiga pada komponen elektronika yang sangat unik transistor meiliki banyak kelebihan. Transistor merupakan komponen kecil yang memiliki kemampuan yang cukup unik di dalam rangkain elektronika. Oleh karena itu, dilakukanlah percobaan ini agar dapat mengetahui karakteristik konfigurasi dasar Bipolar Junction Transistor Common Base, Common Emitor dan Common Collector. metode penelitian yang penulis gunakan adalah yang dimana metode ini digunakan untuk Analisa Transistor BJT Berbasis Simulasi Menggunakan Aplikasi Proteus Sebagai Media Penunjang Pembelajaran. Sehingga metode pembelajaran dasar elektronika bisa memahami karakteristik transistor ini dapat memudahkan mahasiswa dalam praktikum pada laboratorium dasar elektronika dalam modul transistor bipolar junction transistor (BJT).

Kata Kunci: Transistor BJT, Transistor Tipe NPN dan PNP, Aplikasi *Proteus*

Abstract– BJT Transistor (Bipolar Jungtion Transistor) is a type of active electronic component that has 3 legs, the third of which is a very unique electronic component, the transistor has many advantages. Transistors are small components that have quite unique capabilities in electronic circuits. Therefore, this experiment was carried out in order to find out the basic configuration characteristics of Bipolar Junction Transistor Common Base, Common Emitter and Common Collector. The research method that the author uses is the one where this method is used for Simulation-Based BJT Transistor Analysis Using the Proteus Application as a Learning Support Media. So that the basic electronics learning method can understand the characteristics of transistors, which can make it easier for students to carry out practical work in the basic electronics laboratory in the bipolar junction transistor (BJT) transistor module.

Keywords: NPN and PNP type BJT transistors

Keywords: BJT Transistors, NPN and PNP Type Transistors, Proteus Applications

1. PENDAHULUAN

Dalam masa modern seperti ini dan selama beberapa tahun silam setelah pasca pandemi sekarang ini proses dalam mengajar di dalam dunia kampus sangat kurang efektif karena dalam segi belajar hanya melalui daring atau online yang dimana mahasiswa harus bisa mengimplementasi diri sendiri dalam tahap belajar. Pada penelitian kali ini penulis akan membahas pada komponen elektronika yang sangat unik, lalu materi yang akan dibahas hanya pada komponen elektronika itu dengan istilah transistor. Transistor sebuah komponen kecil mempunyai banyak kemampuan yang cukup unik di dalam rangkain elektronika. Maka karena itu, dilakukannya penelitian ini agar dapat mengetahui karakteristik konfigurasi dasar Bipolar Junction Transistor Common Base, Common Emitor dan Common Collector, serta menganalisa sinyal input dan output pada trainer laboratorium universitas pamulang.

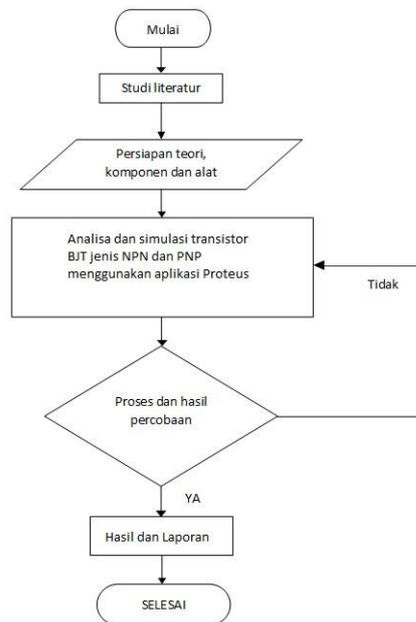
Cara Kerja komponen transistor sangat menarik untuk dibahas dengan perpaduan simulasi dengan software proteus karena macam dan fungsinya yang unik. Secara ilmiah transistor merupakan gabungan dari dua kata yaitu transfer dan resistor yang dapat diartikan secara bebas sebagai pengalir arus atau pengatur aliran arus. Transistor dapat bekerja mengalirkan arus listrik atau juga menguatkan pada tegangan dikarenakan memiliki ketiga elektroda tersebut yaitu kolektor, basic, emitor. Fungsi dari transistor adalah sebagai saklar pemutus dan penyambung aliran listrik ketika dasar atau basis diberikan arus yang sangat besar. Karakterisik dari cara kerja transistor sendiri tergantung dari transistor jenis apa yang digunakan. Modul pembelajaran trainer pada

laboratorium sangat membantu dalam program keahlian penjurusan teknik elektro, penggunaan alat penghubung berupa media pembelajaran mempunyai pengaruh yang sangat besar bagi mahasiswa.

Pada kali ini penulis menerjemahkan pembelajaran metode penelitian yang digunakan adalah Analisa Transistor BJT Berbasis Simulasi Menggunakan Aplikasi Proteus Sebagai Media Penunjang Pembelajaran. Sehingga metode pembelajaran dasar elektronika bisa memahami karakteristik transistor ini dapat memudahkan mahasiswa dalam menganalisa menggunakan aplikasi *proteus* sebagai media pembelajaran dan praktikum secara langsung di laboratorium dasar elektronika dalam modul transistor bipolar junction transistor (BJT).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.2 Metode Analisa Data

Teknik analisis data adalah metode yang dimana dalam memproses data menjadi informasi, saat melakukan sebuah penelitian, perlu diketahui melakukan analisis data agar data tersebut bisa dengan mudah di pahami oleh si pembaca. Metode analisis data juga penting agar bisa mendapatkan solusi atas permasalahan penelitian yang tengah dilaksanakan. Analisis data merupakan suatu proses atau upaya untuk mengolah data menjadi informasi. Proses ini cukup penting agar karakteristik data bisa menjadi lebih mudah untuk di mengerti dan berguna sebagai solusi untuk suatu permasalahan khususnya berkaitan dengan penelitian, teknik analisis data adalah kegiatan analisis di penelitian dengan memeriksa seluruh data dari berbagai instrumen penelitian, seperti catatan, dokumen, hasil tes, rekaman, dan sebagainya. Pada kegiatan ini agar data lebih mudah buat pahami sehingga bisa memperoleh suatu kesimpulan yang bermanfaat.

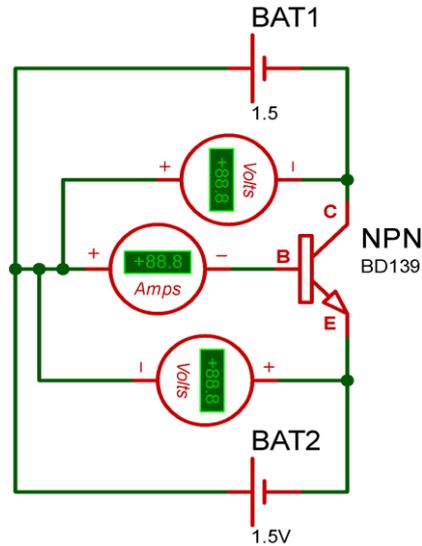
2.3 Metode Pengujian

Pada saat metode pengujian hasil dari penulis yang telah dibuat. Untuk menentukan data analisa yang uji ada kesalahan dalam pengambilan data atau kekeliruan si penulis pada pengujian ada atau tidaknya. Metode pengujian pada analisa ini dapat dimulai dengan merancang transistor BJT menggunakan aplikasi proteus yang dapat mensimulasikan dan dipadukan praktikum sebagai media pembelajaran, setiap rangkaian dilakukan pendataan sesuai dengan rumus yang sudah di tentukan pada teori yang sudah didapat pada karya ilmiah sebelumnya jika semua data sudah sesuai dengan hasil perhitungan maka dapat di lakukan untuk hasil pembuatan pada laporan peneliti.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

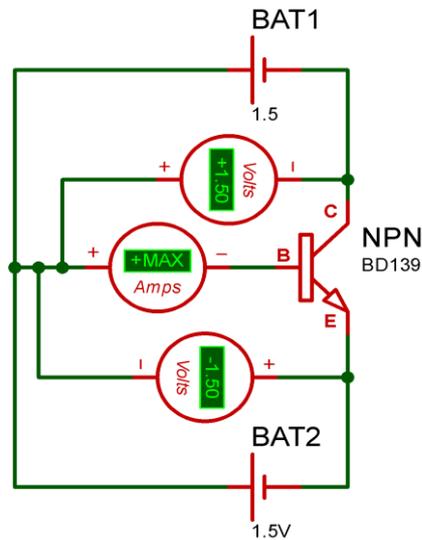
Pada pembahasan bab ini menjelaskan dengan simulasi dan trainer langsung yang dimana mengetahui sebuah karakteristik dari transistor BJT. Untuk ini pembahasan dimulai dari pemberian tegangan pada transistor BJT bertipe NPN dan PNP. Transistor mempunyai kaki electron dikenal dengan emitor, kolektor, dan basis.

3.1 Pemberian Tegangan Transistor BJT jenis NPN



Gambar 2. Posisi Transistor BJT Tipe NPN Dalam Keadaan Off

Pada gambar 2 langkah awal simulasi transistor BJT ber tipe NPN diberikan tegan searah dengan penggunaan baterai. NPN yang dicatu dengan 2 buah tegangan searah. Karena dalam rangkaian ini base merupakan bagian dari kedua loop maka rangkaian semacam ini disebut common base. Untuk sebuah transistor NPN, emitor dibuat negatif terhadap basis. Emitor merupakan kaki paling negatif , dan kolektor adalah terminal paling positif, basis berada ditengahnya. Hubungan emitor-basis dipanjar dalam arah maju. Elektron bebas pada bagian emitor akan dipaksa oleh terminal tegangan negatif menuju ke basis. Karena basis lebih kecil dari emitor, lihat pada gambar 3.



Gambar 3. Posisi Transistor BJT Tipe NPN Dalam Keadaan On

Ketika Transistor diberikan tegangan searah pada rangkaian simulasi diatas dengan 1,5volt maka tegangan dari basis menuju emitor sama karena dalam keadaan transistor diberikan tegangan lebihh dari 0,7volt akan berfungsi. Jika dijalankan dengan cara ini, akan lebih banyak arus emitor (I_e) yang mengalir melalui transistor dari pada arus basis (I_b) ataupun arus collector (I_c). sebagai disisi N dari dioda mempunyai elektron dimana sebagai mayoritas dan pada di sisi P mempunyai lubang sebagai mayoritas, semua terhubung tegangan diatur sebagai bias maju yang sesuai. Daerah persimpangan basis emitor diatur sebagai bias mundur dan daerah persimpangan basis kolektor bekerja sebagai bergerak bias maju. Pada daerah penipisan di dalam daerah basis emitor ini lebih sempit dibandingkan dengan daerah penipisan pada simpang kolektor-basis. Karena pada persimpangannya bias balik di (emitor), lubang mengalir dari suplai ke persimpangan N. Kemudian pada elektron bergerak menuju di sisi p. Di sini, bereaksi netralisasi beberapa elektron. Elektron lain yang bergerak menuju sisi-n. Penurunan untuk tegangan pada emitor dan basis adalah (V_{be}) sebagai sisi untuk masukannya. Pada kaki emitor tipe-N, membawa muatan sebagian besar yaitu elektron. Karenanya, elektron dibawa melewati pemancar tipe-N ke basis tipe-P. Arus akan dibawa melewati sambungan basis-emitor atau (EB). Arus ini dikenal dengan arus emitor (I_e). Di sini arus emitor (I_e) mengalir pada sisi keluaran dan mengalir ke dalam dua arah; satu adalah B dan lainnya adalah C. Jadi kita bisa menulis,

$$(I_e = I_b + I_c)$$

I_e = Arus emitor

I_b = Arus basis

I_c = Arus kolektor

$$(V_{ce} = -V_{bc} + V_{be})$$

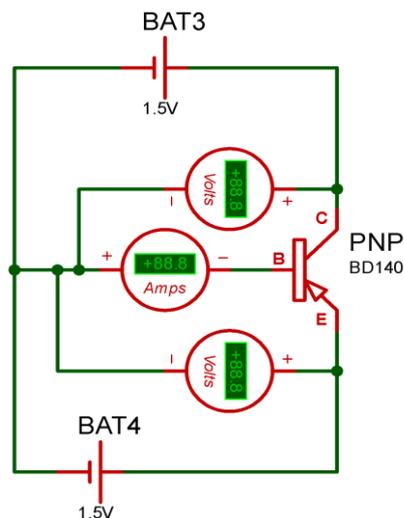
V_{ce} = tegangan kolektor – emitor

V_{bc} = tegangan basis – kolektor

V_{be} = tegangan basis – emitor

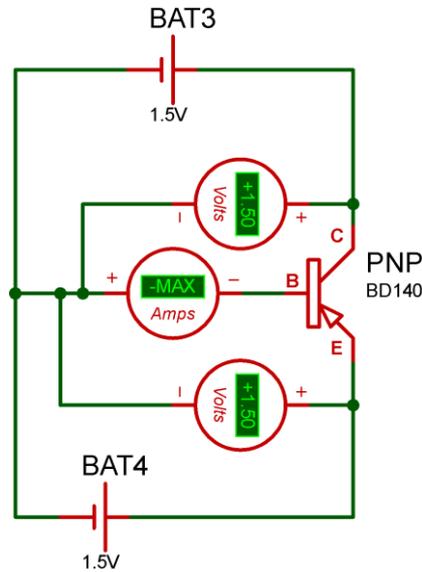
Namun untuk daerah dasarnya relatif tipis dan dikotiri dengan ringan. Maka karena itu dapat besar elektron akan melewati area basis, dan hanya dapat sedikit yang akan bergabung kembali dengan lubang yang tersedia. Arus basis minimum dibandingkan dengan arus emitor. Biasanya, hingga 5% dari seluruh arus emitor. Arus yang mengalir dari elektron lainnya disebut sebagai arus kolektor (I_c). C relatif tinggi jika dibandingkan dengan basis (I_b).

3.2 Pemberian Tegangan Transistor BJT jenis PNP



Gambar 4. Posisi Transistor BJT Tipe PNP Dalam Keadaan Off

Transistor simulasi dalam gambar 4 transistor BJT tipe PNP pada dasarnya bekerja dengan cara yang sama dengan transistor NPN, kecuali semua polaritas dibalik, dan berhubungan, dengan aliran lubang, bukan aliran elektron. Aliran lubang elektron, tetapi pada arah yang berlawanan. Pada dasarnya hal itu merupakan perbedaan antara keduanya. Untuk mengetahui sebuah transistor BJT tipe PNP dapat dilihat pada panah di sisi emitor menuju kearah basis.



Gambar 5. Posisi Transistor BJT Tipe PNP Dalam Keadaan On

Tidak beda jauh sama halnya deengan tipe NPN dalam transistor BJT tipe PNP, dua jenis dioda digunakan. Ketika transistor PNP diberikan tegangan 1,5volt pada titik PN dan NP dioda. Sehingga dioda sambungan PN ini disebut sebagai sambungan kolektor-basis atau CB dan sambungan sebagai basis-emitor atau sambungan BE. Untuk bahan semikonduktor tipe-P, membawa muatan utamanya adalah lubang. Sehingga untuk transistor ini terbentuk bentuk arus disebabkan oleh pergerakan lubang saja. Pada daerah emitor dan kolektor (tipe-P) secara komparatif di-doping lebih dari basis tipe-N. untuk daerah Emitor dan Kolektor lebih luas dibandingkan dengan basis. Jumlah elektron bebas yang cukup tersedia pada semikonduktor tipe-N, biasanya. Sehingga lebar lapisan tengah lebih sempit dan dikotori ringan dalam kasus ini. Prinsip Kerja Transistor PNP dalam persimpangan emitor dan basis terkait dengan bias penerusan. Berbarengan dengan itu juga terminal + ve dari suplai tegangan (V_{cb}) terhubung dengan semua terminal basis (tipe-N), dan terminal -ve terhubung dengan seluruh terminal kolektor (tipe-P). Dalam persimpangan kolektor – basis diasosiasikan dengan reverse bias. Sehingga hasil dari bias ini, area penipisan di persimpangan EB berkurang karena terkait dengan bias menerus. Meskipun persimpangan CB dalam bias terbalik, daerah penipisan dalam persimpangan Basis Kolektor cukup lebar. Persimpangan EB bias maju. Maka karena itu dapat lebih banyak lubang bergerak dari penghasil emisi melintasi daerah penipisan dan bertindak sebagai masukan ke dalam basis. Dengan bersamaaan tidak banyak elektron yang membawa dalam sebuah emitor kearah basis dan bergabung kembali dengan lubang. Namun pada jumlah elektron di pangkalan itu minimal karena itu area yang kurang doping dan sempit. Oleh karena itu, hampir semua lubang wilayah Emitter akan melewati wilayah penipisan dan terbawa ke daerah basis. Arus yang melewati persimpangan EB. Ini merupakan arus emitor (I_e). Jadi arus kolektor (I_c), Arus kolektor akan melewati lapisan kolektor - basis karena adanya lubang.

$$(I_e = I_b + I_c)$$

I_e = Arus emitor

I_b = Arus basis

I_c = Arus kolektor

$$(V_{ec} = V_{eb} - V_{cb})$$

V_{ec} = Tegangan emitor – kolektor

V_{eb} = Tegangan emitor – basis

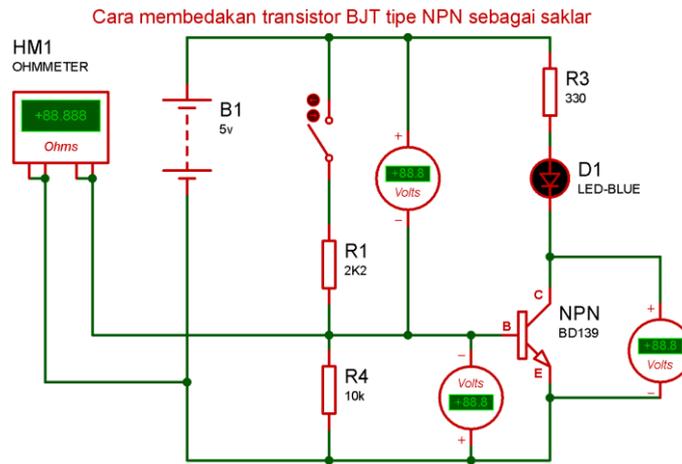
V_{cb} = Tegangan kolektor – basis

3.3 Membedakan Rangkaian Transistor BJT

Pada pembahasan ini dimana cara membedakan rangkaian transistor BJT yang setiap masing – masing jenis tipe tersebut. Jenis tipe yang dibahas adalah transistor BJT tipe NPN dan PNP. Pada sub bab ini membedakan rangkaiannya dengan memperhitungkan tegangan yang melewati transistor

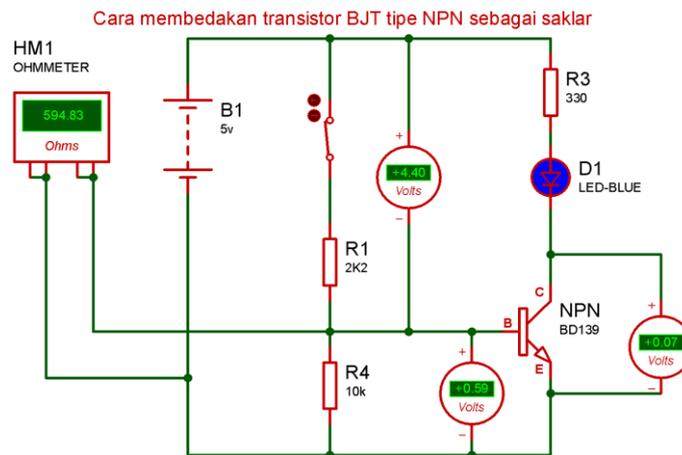
BJT tipe NPN maupun tipe PNP. Dengan membedakan dua jenis transistor ini penulis berharap agar menjadi sebuah patokan yang bilamana ingin menggunakan dua jenis tipe transistor tersebut. Untuk membedakan rangkaian jenis transistor BJT tipe NPN sama dengan melihat kaki atau anak panah yang keluar pada gambar skema wiring pada kaki emitor menerima tegangan dari basic yang dimana 0,7volt transistor BJT tipe NPN dapat bekerja. Untuk transistor BJT tipe PNP tidak beda jauh dengan tipe NPN karena pada tipe NPN skema wiring rangkaian transistor anak panah dikaki emitor mengarah kearah basic sehingga dibutuhkan tegangan dari emitor ke basic agar transistor tipe PNP dapat bekerja dengan sama tegangan yang dibutuhkan 0,7 volt.

3.4 Rangkaian Transistor BJT Tipe NPN Sebagai Saklar



Gambar 6. Cara Kerja Transistor BJT Tipe NPN Dalam Keadaan Off

Dengan gambar 6 diatas rangkaian skema wiring dengan simulasi software aplikasi proteus 8 menjadikan rangkaian bagaimana cara kerja transistor BJT tipe NPN jika posisi saklar tidak terhubung maka arus dari basic tidak mendapatkan tegangan. Jika transistor ingin bekerja harus mendapatkan tegangan 0,7 pada kaki basic dan terdapat hanya tegangan yang melewati kaki kolektor. Maka transistor hanya melewati kolektor ke emitor.



Gambar 7. Cara Kerja Transistor BJT Tipe NPN Dalam Keadaan On

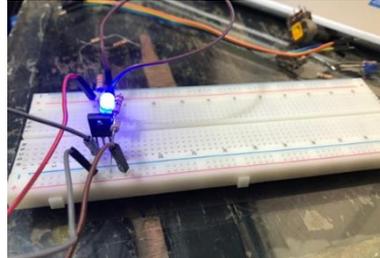
Pada gambar 7 diatas merupakan rangkaian dalam kondisi on dengan diberikan tegangan 5volt dari tegangan sumber, ketika saklar pada saat tegangan on transistor akan bekerja karena mendapatkan tegangan 0,7 volt dibasic. Emitor dan kolektor dalam keadaan reverse bias dan baterai berusaha untuk mengalirkan arus listrik dari kolektor menuju basic lalu menuju emitors sebagai menghidupkan transistor tersebut karena tegangan yang melewati dari V_c lalu V_b ke V_e serta tegangan kolektor maka lampu LED akan menyala.

V_b = Tegangan basic

V_e = Tegangan emitor

V_c = Tegangan kolektor

Untuk langkah selanjutnya digunakannya transistor BJT dengan tipe PNP sebagai cara membedakan cara kerja rangkaian dengan transistor BJT tipe NPN yang dimana dapat dilihat dengan hidupnya lampu LED.



Gambar 8. Rangkaian Transistor BJT Tipe NPN Sebagai Saklar



Gambar 9. Pengukuran Dari Kaki Kolektor Ke Basis



Gambar 10. Pengukuran Kaki Basis Ke Emitor



Gambar 11. Pengukuran Kolektor Ke Emitor Mencari Tegangan Input

$$V_{in} = I_b$$

$$I_b = \frac{V_1 - V_{rc}}{R_B}$$

$$I_b = \frac{5 - 0,7}{2200}$$

$$I_b = \frac{4,3}{2200}$$

$$I_b = 19,5 \text{ mA}$$

V_{in} = tegangan masuk

I_b = arus basis

Mencari Arus Kolektor

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R_c}$$

$$I_c = \frac{5}{330}$$

$$I_c = 15,1 \text{ mA}$$

I_c = arus kolektor

Mencari Tegangan Output

V_{out} = tegangan output

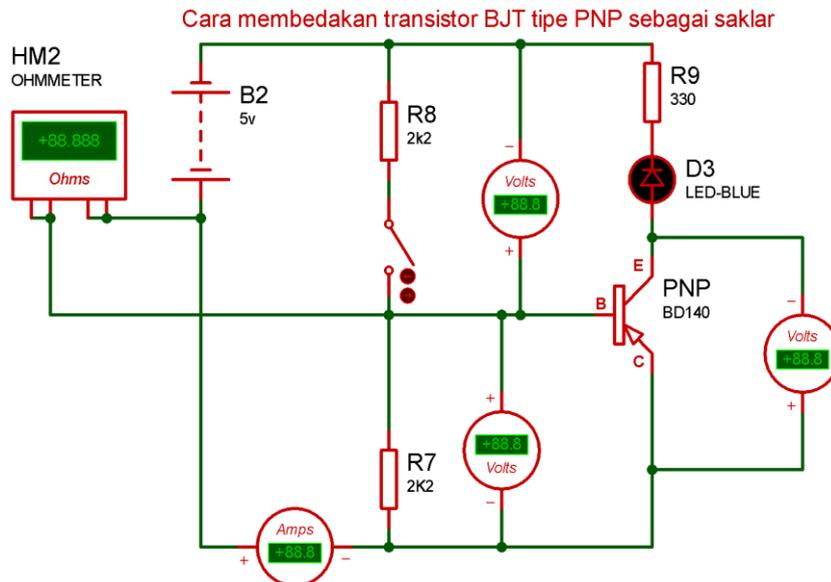
$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{cc}$$

$$V_{out} = \frac{10k}{2,2k + 10k} \cdot 5v$$

$$V_{out} = \frac{50}{12,2}$$

$$= 4,09 \text{ volt}$$

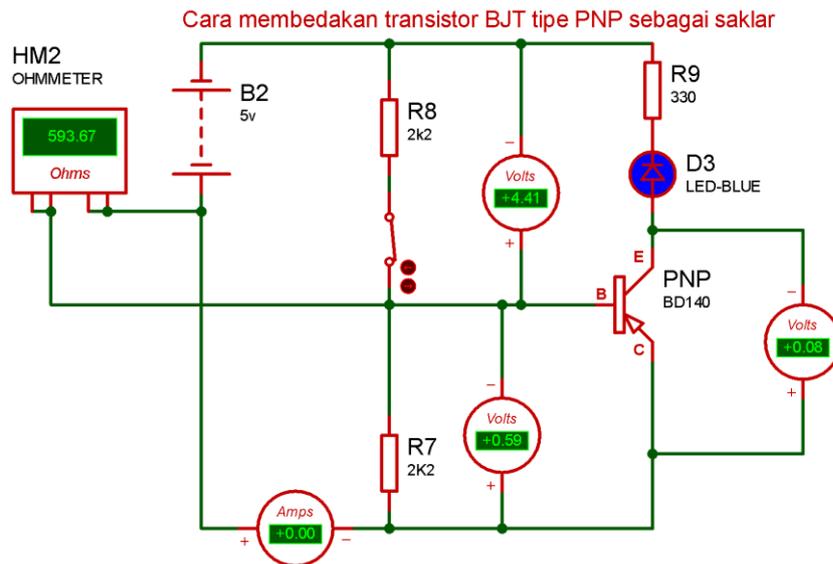
3.5 Rangkaian Transistor BJT Tipe PNP Sebagai Saklar



Gambar 12. Cara Kerja Transistor BJT Tipe PNP Dalam Keadaan Off

Dalam langkah ini pada gambar 12 skema wiring transistor BJT tipe PNP saklar tidak terhubung. Dengan posisi saat ini tegangan nol atau tegangan ground menaik melewati emitor kolektor lampu LED menyala. Pada saat saklar terhubung seperti skema wiring di gambar 4.8 lampu LED akan mati. Tidak sama dengan transistor NPN sebelumnya ketika saklarnya terhubung lampu LED akan hidup.

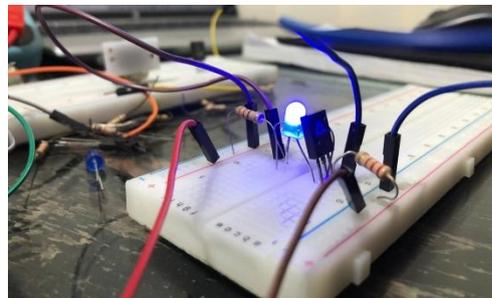
Dalam situasi seperti ini dapat di perhatikan kan jika tegangan yang melewati basis ke emitor terputus. Dikarenakan arus yang lewat dari I_c (arus kolektor) ke I_b (arus basis) lebih besar dari pada I_b (arus basis) ke I_e (arus emitor).



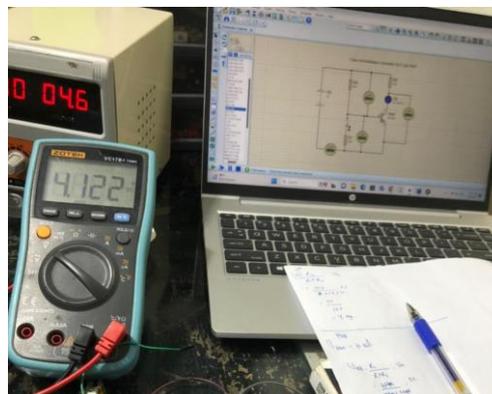
Gambar 13. Cara Kerja Transistor BJT Tipe PNP Dalam Keadaan On

Pada penjelasan sebelumnya gambaran simulasi sebelum diberikan tegangan dan saat ini terlihat rangkaian dengan simulasi transistor BJT tipe PNP diberikan tegangan dengan terhubungnya saklar. Dengan seperti ini tegangan lebih dari 0,7volt dikaki kolektor dan tegangan pada emitor kurang dari 0,7 sehingga lampu LED tidak menyala dengan memperhatikan arah anak panah yang kearah basic.

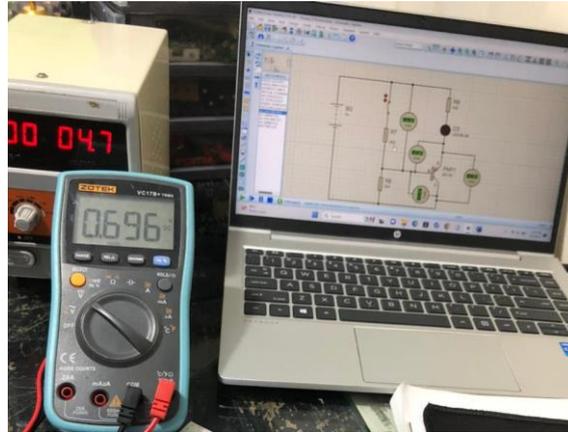
Dengan Transistor PNP merupakan jenis transistor bipolar yang menggunakan arus listrik kecil dan tegangan negatif pada terminal Basis untuk mengendalikan aliran arus dan tegangan yang lebih besar dari Emitor ke Kolektor.



Gambar 14. Rangkain Transistor BJT Tipe PNP Sebagai Saklar



Gambar 15. Hasil Ukur Kaki Emitor Ke Basis



Gambar 16. Pengukuran Kaki Basis Ke Kolektor



Gambar 17. Pengukuran Kaki Emitor Ke Kolektor

Mencari Tegangan Input

$$V_{in} = I_b$$

$$I_b = \frac{V_1 - V_{be}}{R_b}$$

$$I_b = \frac{5 - 0,7}{2200}$$

$$I_b = \frac{4,3}{2200}$$

$$= 19,5\text{mA}$$

V_{in} = tegangan input

I_b = Arus basis

Mencari Arus Kolektor

$$I_c = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$I_c = \frac{5}{2200}$$

$$I_c = 22,7 \text{ mA}$$

Mencari Tegangan Output

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC}$$

$$V_{out} = \frac{2,2k}{2,2k + 2k2} \cdot 5V$$

$$V_{out} = \frac{11}{4,4k}$$

$$V_{out} = 4,6 \text{ volt}$$

4. KESIMPULAN

1. Untuk transistor BJT dapat digunakan sebagai fungsi yang sudah dianalisa pada rangkaian yang telah dilakukan sebagai saklar, stabilizer, penguat tegangan
2. Dalam transistor BJT terdapat 2 jenis transistor yaitu transistor BJT bertipe NPN dan PNP dengan membedakannya dapat dilihat pada kaki – kaki transistor.
3. Pada Analisa yang telah dilakukan membuat gambar wiring pada aplikasi software proteus 8 sangat berguna dikarenakan agar pada saat dilakukan secara fisik tidak langsung terjadi kerusakan

REFERENCES

- Annisa Nurul Aini, Asrofi Khoirul Huda, & Endarko. (2018). *Analisa Tegangan Ac Bipolar Junction Transistor*. 2–5.
- Bachmid, A., Poekoel, V., & Wuwung, J. (2017). Osiloskop Portable Digital Berbasis AVR ATmega644. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 6(1), 15–26.
- Bagus Dwi Cahyono, N. T. (2021). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN SIMULASI LAMPU LALU LINTAS MENGGUNAKAN PROTEUS DAN ARDUINO. *PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN SIMULASI LAMPU LALU LINTAS MENGGUNAKAN PROTEUS DAN ARDUINO*, 47(4), 124–134. <https://doi.org/10.31857/s013116462104007x>
- Faisal, A., Syahadi, M., & Sardjono, R. H. (2019). Karakterisasi Penyimpangan Nilai Tegangan Dc Dari Sebuah Grup Standar Diode Zener. *Instrumentasi*, 41(1), 47. <https://doi.org/10.14203/instrumentasi.v41i1.83>
- Falka, R. F., & Bahar, Y. (2022). Pengukuran Nilai Selisih Error Tegangan Keluaran Catu Daya DC dengan Menggunakan Multimeter Digital dan Multimeter Analog pada Praktikum Laboratorium Dasar Elektronika dan Rangkaian Listrik Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 4(2), 48–56. <https://doi.org/10.14710/jplp.4.2.48-56>
- Firmansyah, M. I., Suprianto, B., Kartika, U. T., & Joko. (2022). Kombinasi CDROM dan Dioda Zener Sebagai Suplai Energi Listrik Untuk LED 1 , 5 Volt. *Journal Teknik Elektro*, 11(1), 146–154.
- Hadi Sahbana, Frana., A. B. S. (2017). PENGEMBANGAN TRAINER TRANSISTOR PADA KOMPETENSI DASAR MEMAHAMI KONSEP DASAR BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR (BJT) SEBAGAI PENGUAT DAN PIRANTI SAKLAR DI KELAS X TITL SMK RADEN PATAH KOTA MOJOKERTO Frana Hadi Sahbana Agus Budi Santosa. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 06(3), 309–315.
- Hendriawan, & Puspita, H. (2017). Perancangan dan Pembuatan Alat Penguji dan Pengukur Penguatan Arus Transistor. *Jurnal INDEPT*, 3(3).
- Husain, M. R., Kadriati, I. A., Isminarti, & Fitriati, A. (2019). Rancang Bangun Pembelajaran Piranti Elektronika Memahami Karakteristik Transistor Bipolar Junction Transistor (BJT). *Mechatrinoc Journal in Professional and Entrepreneur (Maple)*, 1(2), 62–66.
- ISTICHOROH, N. (2019). Simulasi Karakteristik Dioda Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Delphi 7.0. *Inovasi Fisika Indonesia*, 2(01), 1–6.
- Lastera, I. W., & I Putu Arsi Kaputra. (2020). Pembuatan Dan Penggunaan Alat Konverter Universal Osiloskop Sebagai Peralatan Katagori 2 Pada Praktikum Elektronika Daya. *Jurnal Spektrum*, 7(4), 173–180.
- Nurhidayat, S., Agustiani, M., Muzzayanah, S., Latifa, U., Studi, P., Elektro, T., Karawang, U. S., & Proteus, S. (2022). *PERANCANGAN HOME SECURITY SYSTEM BERBASIS ARDUINO*. 7(2).
- Pertiwi, S., Sudjito, D. N., & Rondonuwu, F. S. (2019). Perancangan Pembelajaran Fisika tentang Rangkaian Seri dan Paralel untuk Resistor Menggunakan Understanding by Design (UbD). *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.24246/juses.v2i1p1-7>



- Prakosa, J. A., Rustandi, D., Sirenden, B. H., & Maftukhah, T. (2017). Pengendalian Potensiometer Pompa Otomatis Pada Sistem Pengujian Alat Ukur Curah Hujan Tipe Cawan Berjungkit. *Instrumentasi*, 40(2), 81. <https://doi.org/10.14203/instrumentasi.v40i2.138>
- Pramono, M. E., Ningsih, L. F., Indarto, B., & Fisika, J. (2019). *BJT DC Analysis (E10)*. 1–4.
- Reyval, D. (2022). Elektronika Dasar Transistor Dan Cara Kerjanya. *Jurnal Portal Data*, 2(4), 1–9.
- Setyowidodo, I. (2017). *Analisa Modifikasi Generator AC Menjadi Overunity Machine Menggunakan Motor Listrik DC dalam 300 detik Oleh : PRAYUDA EXA ADITAMA Dibimbing oleh : SI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI SURAT PERNYATAAN ARTIKEL SK. 01(12)*.
- Siagian, W. (2020). Analisis Prinsip Kerja Proses Charge Dan Discharge Pada Capacitor Dengan Rangkaian R_c. *Jurnal Ilmiah Simantek*, 4(2), 44–53.
- Studi, P., Aeroneutika, T., & Bandung, P. N. (2019). *Pengaruh Sec/Div terhadap Periode, Frekuensi dan N Kotak Horizontal pada Mini Digital Osiloskop DSO-068*. 5(1).
- Suryawinata, H., Purwanti, D., & Sunardiyo, S. (2017). Sistem Monitoring Pada Panel Surya Menggunakan Data Logger Berbasis Atmega 328 Dan Real Time Clock DS1307. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 30–36.